

**Conceptos centrales del campo de la Genética.
Los saberes de los futuros profesores en Ciencias Biológicas y su
abordaje en los textos destinados a la Enseñanza Superior**

Tesis para optar por el grado de Doctora en Ciencias de la Educación

Mg. Teresa Inés Legarralde

Autora

Dra. Graciela Merino

Directora de Tesis

Dra. Guillermina Marcos Lorenzón

Co-Directora de Tesis

Septiembre de 2020

RESUMEN

La formación del profesorado en Ciencias se constituye como un escenario propicio para realizar diversos estudios que aporten información relativa a los procesos de enseñanza y aprendizaje en el nivel universitario. En este sentido, uno de los campos que abre expectativas al respecto, es el área de la Genética, integrada por nociones complejas que resultan de difícil comprensión para los estudiantes; si bien es un campo en el que se han detectado y estudiado obstáculos, distintos referentes teóricos señalan la necesidad de continuar profundizando sobre los variados aspectos que atañen a los aprendizajes y a la comprensión de estos temas tan abstractos en los diferentes niveles educativos. Por lo expuesto, en este trabajo de Tesis se exploran y analizan los saberes de los estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas vinculados a contenidos centrales del campo de la Genética. Además, y dado que siguen siendo la fuente de estudio habitual, se indagan las características del abordaje de estos temas en la bibliografía específica y se establecen vinculaciones con los datos aportados por los alumnos participantes de la investigación. Se trató de una investigación acerca de los saberes relacionados a conceptos clave y procesos genéticos básicos de los futuros profesores, su tratamiento en la literatura específica y la detección de elementos comunes entre ambos; la misma culminó con la elaboración de recomendaciones didácticas con la intención de constituirse en un aporte para el mejoramiento de la enseñanza de estos temas. Los datos se tomaron a través de un cuestionario (validado por expertos y administrado a alumnos del profesorado en Ciencias Biológicas) y el análisis documental (de textos de Biología y Genética de uso corriente en el ámbito universitario). Posteriormente, a los efectos de su análisis, se identificó, categorizó y caracterizó la información obtenida. Son varios los hallazgos de este trabajo. Por un lado, se observa, como elemento común entre estudiantes y textos la manifestación de la característica polisémica de algunos contenidos analizados, cuyos significados se encuentran fragmentados en las obras, en coincidencia con conceptualizaciones parciales detectadas también en los futuros profesores. Otro aspecto que resulta de interés se vincula a las incomprensiones detectadas respecto a la conceptualización de alelo, noción que parece asociarse indistintamente para referirse a fenotipo, carácter, características o rasgos; por otra parte, emerge el uso del término gen como sinónimo de alelo. Si bien no se presenta tan marcada como en el caso de alelo, para el concepto de genotipo heterocigota se observa una tendencia similar. Respecto a la localización de los alelos y del genotipo que constituyen, la dificultad parece estar asociada a la ubicación en el cromosoma o el lugar físico que ocupan; el uso de

la simbología habitual (letras mayúsculas y minúsculas), utilizada para representar a los alelos de un gen, estaría jugando aquí un papel importante también, respecto a los conocimientos logrados en el área. En cuanto a las preferencias de los estudiantes en relación a las características a las que recurrirían en una clase para enseñar Leyes de Mendel, se encontró que muchas elecciones son consideradas de fácil observación y próximas o cotidianas para el alumno, optándose por caracteres propios del hombre y especies de hábitos domésticos. Sin embargo, algunas opciones que se presentan como elementos comunes en las producciones de los alumnos y la información de los textos podrían atribuirse a los ejemplos presentes en la bibliografía que influyen en ciertas elecciones. Respecto a las modalidades de problemas genéticos se encontró que los problemas de tipo cerrado les resultan más simples a los estudiantes, de fácil resolución o mecánicos, y que el origen de las dificultades durante el proceso de resolución se concentra en los problemas de modalidad abierta. Una cuestión que se ha presentado como central en esta investigación es que el tratamiento de estos temas por parte de los libros de texto se configura, entre otros, como un fuerte factor que influye en la construcción de conocimientos y en las elecciones del alumnado; en el caso particular de los problemas, si bien en algunas obras se ofrecen, con matices, algunas propuestas o ejemplos a modo de problemas en el desarrollo de los capítulos, la mayoría de ellos se presentan al finalizar los mismos como una lista de ejercitaciones a realizar por el lector. Como conclusiones emergentes a partir del análisis de las producciones de los estudiantes avanzados, se destaca que los futuros docentes movilizaron saberes en distintos formatos y que, a partir del examen realizado se observa una disputa entre los modos de representación textuales y no textuales de las nociones de Genética examinadas. Estos resultados muestran que promover la formulación de las ideas por parte de los estudiantes y su justificación, al mismo tiempo que analizar los textos de estudio aporta conocimiento que puede complementarse con la revisión de las condiciones de enseñanza y de aprendizaje que se brindan a los futuros profesores y una vigilancia sobre las características de las obras de referencia que se recomiendan, considerando la influencia que pueden ejercer en los aprendizajes logrados. Finalmente, y tomando como base los aportes del estudio realizado, se consideran algunos criterios que deberían orientar el tratamiento de los temas mencionados y se proponen recomendaciones que colaboren con los aprendizajes de estos temas a partir del planteo de nuevas secuencias didácticas, y que resulten un aporte para futuras ediciones de los textos de estudio.

Palabras clave: conceptos sobre genética básica, estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas, saberes de alumnos novales y avanzados, abordaje de los contenidos genéticos en libros de texto básicos y complejos.

ABSTRACT

Science teacher education becomes a favourable stage to promote various studies that provide information about the university level teaching -learning processes-. Accordingly, one of the fields that creates expectations in this respect is the area of Genetics, composed of complex concepts which are difficult to be understood by students, while being a field in which obstacles have been identified and studied, various theoretical references indicate the need to continue to deepen the multiple aspects concerning the learnings and understanding of such abstract themes in the different levels of education. For all these reasons, in this thesis work the learnings of the students of Profesorado de Ciencias Biológicas (Biology Science Teacher Training) related to central contents of the field of genetics are explored and analysed. Furthermore, and since they continue being the source of the usual study, the characteristics of the approach of these topics in the specific bibliography are investigated and linkages are established with the data provided by the students who contribute to the research. It was a research about future teachers' knowledge of key concepts and basic genetics processes, their treatment in specific literature and identification of common elements between both of them. It culminated with the formulation of teaching recommendations with the aim of providing a contribution to improve the teaching of the themes mentioned above. The data were derived from an experts validated questionnaire administered to Biological Sciences Teacher Training students and the documentary analysis (of Biology and Genetics texts which are usually used in academic level). Next, for the purpose of their analysis, the information collected was identified, categorized, characterized. Several are the findings of this work. On one side, it is noticeable, as a common element among students and texts the manifestation of the polysemic characteristics of some of the analysed contents, the meanings of which are found fragmented in the works coinciding with partial conceptualizations also detected in the future teachers. Another aspect of interest is the one related to the misunderstandings identified with regard to the conceptualization of allele, notion which seems to be used interchangeably when referring to a phenotype, character, characteristic or feature.

On the other side the use of the term *gen* appears as a synonym of allele. Although it is not so marked as in the case of allele, there is a similar pattern for the concept of heterozygous genotype. With regard to the location of the alleles and the genotype, the difficulty seems to be

associated with the location of the chromosome or the physical location they occupy, the usual symbology (uppercase and lowercase letters), used to represent the allele of a gene, would be also playing an important role with regard to the knowledge acquired in the field. With reference to the students' preferences concerning the characteristics they resorted when teaching Mendel's Laws, it was found that many choices are considered easy to observe, close to or known by the students, opting for the own characters of human beings and species with domestic habits. However, some options appear to be common elements in the students' productions and the information of the texts might be due to the examples in the bibliography which have some kind of influence in certain choices, regarding the modalities of genetic problems it was found that closed-end type problems turn to be simpler for student to solve, of easy or mechanical resolution, and that the origin of the difficulties during the resolution process is focused on open format problems. An issue that has raised as crucial in this research is the fact that the treatment of these subjects given in the text books becomes a major factor that has a strong influence in the construction of knowledge and the students' choices, in the specific case of the problems, even though some texts are offered, with various nuances, some proposals or examples in the form of problems in the development of the chapters, the great majority appear at the end as a list of exercises designed to be done by the reader. Since the emerging conclusions based on the analysis of advanced students' productions, it is noted that the future teachers mobilized knowledge in different formats and that on the basis of the examination an discussion between the textual and non textual modes of their representation of the notions of Genetics can be observed. These results show that promoting the student's formulation of ideas and their justification, as well as the fact that analysing textbooks provides expertise that can be complemented with the review of the teaching and learning conditions offered to the future teachers and the monitoring of the characteristics of the recommended texts, taking into account their influence in the achieved learning. Finally and on the basis of the input of the studies conducted, some criteria are considered which should guide the treatment of the issues mentioned above and some recommendations are suggested that will help with the learning of these issues rising out the proposal of new didactic sequences and which will result in a contribution to future textbooks editions.

Key words: concepts of basic Genetics, students of Profesorado de Ciencias Biológicas (Biological Science Teacher Training students), new and advanced students' knowledge, textbook approach of genetic contents

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a mi directora de Tesis, la Dra. Graciela Merino, quien me ha guiado pacientemente durante el desarrollo de este trabajo, por su asesoramiento y consejos; a mi co-directora, la Dra. Guillermina Marcos, por su inestimable orientación, y a quien he sentido muy cerca a pesar de la distancia que nos separa.

A las autoridades de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) donde desarrollé este estudio, y a los estudiantes, futuros profesores en Ciencias Biológicas, que participaron de la investigación. A la Directora del Doctorado en Ciencias de la Educación, Dra. Myriam Southwell, y miembros de su equipo de trabajo.

A la Profesora María Ester Gobbi, por su colaboración desinteresada y a todos los colegas que con sus aportes (bibliografía, recomendaciones, etc.), colaboraron para que pudiera realizar este trabajo de Tesis, así como a todos los autores consultados.

Al Jurado de esta Tesis. Dra. María Victoria Plaza, Dr. Antonio Felipe y Dr. Gustavo Darrigran, por la valoración realizada al trabajo, las devoluciones y el rico intercambio sostenido durante la entrevista posterior al proceso de defensa.

A Silvia Gallarreta (Bussy), que me acompañó en parte de este trayecto, dirigiendo mi Tesis de Maestría y por quien tengo un sincero afecto y respeto.

Además, quiero agradecer a los colegas de la Secretaría de Posgrado, Fabio, Juan, Gaby, Charo, Christian, Lucía, Eugenia, Cesar y demás compañeros, por su colaboración desinteresada y sus valiosas sugerencias. También al equipo de gestión y profesores del Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (Jimena, Leticia, Luciano, Pablo, Stella, Cristina, Verónica y tantos otros). Además, al cuerpo docente de la cátedra Biología General de la misma facultad, en especial a sus jóvenes colaboradoras (Brenda, Candela, Constanza, Jérica, Luciana, Romina, Rosana, Luján, Lucía) y a mis compañeros de la cátedra Biología Humana de la Facultad de Psicología, por compartir mis esfuerzos e intereses (Edgardo, Analía, Miriam, Verónica, Andrea, Natalia, Florencia, Pablo, María Eugenia, Mariela, Graciana) y a los queridos jubilados de la misma (Marito, Mirta, Ricardo y Mario).

A mi familia y amigos, por su respaldo y soporte en esta tarea; Marcela y Gustavo, gracias por tantas largas conversaciones y el apoyo constante.

Finalmente, quiero agradecer a mi núcleo más cercano; a Alfredo, por su compañía, sostén y tanto camino recorrido y compartido; y a mi hija Josefina, por todos los momentos que me prestó (o que le robé).

INDICE GENERAL

I. Área de interés y delimitación del problema objeto de este estudio	11
II. Preguntas de investigación	13
III. Objetivos	13
Objetivos Generales	13
Objetivos Específicos	13
IV. Marco teórico. Reseña de sus componentes principales	14
1. El punto de partida. Distinguiendo términos. Conocimientos, saberes, competencias, concepciones, representaciones y modelos	14
2. Formación y saberes de los futuros docentes	15
3. Delineando el campo de estudio. El caso de la Genética	15
4. La construcción de saberes en el campo de la Genética	16
5. El análisis de documentos	16
V. Marco metodológico. Reseña de sus componentes principales	16
VI. Síntesis de los principales hallazgos del trabajo	19
VII. Contribuciones de la investigación	20
VIII. Estructura de la tesis	20
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	22
1. Primera Sección	22
El punto de partida. Distinguiendo términos. Conocimientos, saberes, competencias, concepciones, representaciones y modelos	22
Información, conocimiento y saber	23
Concepto de saber	24
Relación con el saber	27
El enfoque por competencias	28
Concepciones, representaciones y modelos	29
Los Modelos expresados como forma de estudiar las representaciones	31
Concepto de modelo	31
Tipos de modelos	34
Concepto de representación	35
Tipos de representaciones. Representaciones externas e internas	37
Reflexiones y cuestionamientos a considerar para rastrear saberes sobre Genética	42
Transposición didáctica	44
2. Segunda Sección	53

Formación y saberes de los futuros docentes	53
2.1. Consideraciones teóricas sobre la formación del profesorado	53
2.2. Los inicios de la Educación en Ciencias y la formación de los futuros profesores de Biología	63
2.3. Situación actual de la formación inicial de los profesores de Biología	69
2.4. El caso del profesorado de Biología en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP)	72
2.5. Nuevos retos para el profesional de la educación	75
3. Tercera Sección	78
Delineando el campo de estudio. El caso de la Genética.	78
3.1. Importancia de la Genética en el campo de la Biología	78
Los orígenes de la Genética como disciplina	79
Las contribuciones de Mendel	83
Evolución de la Genética durante el Siglo XX	84
Período clásico (1900-1940): La Genética fundacional	84
Período intermedio (1940-1970): Los descubrimientos en Biología Molecular	86
Período contemporáneo (1970- actualidad): El acceso al Genoma	86
La continuidad genética de la vida: Un principio portador de conceptos estructurantes o metaconceptos trascendentes para la educación en Biología	87
La continuidad genética de la vida como principio unificador de la Biología	87
La continuidad genética de la vida como depositaria de conceptos estructurantes o metaconceptos	90
Algunas características propias del vocabulario biológico	91
Polisemia y significado de términos	91
Significado del término gameto	92
Explicaciones teleológicas	94
El campo de la Enseñanza de las Ciencias y los desafíos de la Educación actual	95
Importancia de la Genética en el campo de la Enseñanza de la Biología	98
4. Cuarta Sección	104
La construcción de saberes en el campo de la Genética	104
Características de la construcción de saberes en el campo de la Genética	104
Dimensión vinculada a la construcción de saberes científicos	105
Dimensión relativa a la construcción de saberes sobre estructura y dinámica celular	108
Dimensión vinculada a la construcción de saberes del área de la Genética	112
Una actividad frecuente en la enseñanza de la Genética: El trabajo con problemas	124
5. Quinta Sección	128
El análisis de documentos	128

Los libros de texto como objeto de investigación	128
Investigaciones centradas en el análisis de contenidos biológicos en libros de texto	132
Biología en los libros de texto	132
Botánica en los libros de texto	133
Zoología en los libros de texto	133
Ecología, problemáticas ambientales y biodiversidad en los libros de texto	134
Evolución en los libros de texto	135
Genética en los libros de texto	136
Tratamiento de contenidos de Genética en libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio de la educación	136
Investigaciones centradas en el contenido, las imágenes y las actividades en forma conjunta	140
Investigaciones sobre el tratamiento de contenidos de Genética en los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel superior de la educación	141
Investigaciones centradas en las imágenes presentes en los libros de texto	143
Investigaciones centradas en las actividades prácticas presentes en los libros de texto	147
Investigaciones centradas en la asociación de saberes de los alumnos con su abordaje en los textos	149
Consideraciones finales y síntesis sobre los aportes de los referentes teóricos relativas a la enseñanza de contenidos genético	150
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	153
Sección 1. Encuadre metodológico	153
Introducción	153
Lineamientos metodológicos de la investigación	154
Decisiones metodológicas	157
Preguntas que guiaron la investigación y objetivos	157
Etapas de la Investigación	162
Contexto de la Investigación, población estudiada y criterios de selección	163
Características de los instrumentos, su administración y análisis	168
Cuestionario	168
Análisis o indagación documental. Libros de texto	172
Criterios de rigurosidad o validación de los instrumentos utilizados en la investigación	176
Sección 2. Metodología. El cuestionario	179
1.1. Definición de categorías y criterios de análisis	179
Sección 3. Metodología. Libros de Texto	195
Unidades de muestreo, de registro y de contexto	195
Codificación de los textos	195

Dimensiones de análisis	196
Representaciones textuales. Gameto.....	199
Representaciones textuales. Meiosis	200
Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis.....	201
Representaciones externas no textuales. Análisis de las imágenes	201
Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto.....	210
Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis.....	211
Representaciones no textuales. Simbología y cruzamientos genéticos/problemas.....	212
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	216
Introducción	216
Primera sección. El cuestionario	217
Los conceptos centrales del campo de la genética a partir de los saberes detectados en los estudiantes mediante la técnica de encuesta modalidad cuestionario	217
Segunda Sección. Los libros de texto	252
Los conceptos centrales del campo de la genética a partir de las características de su abordaje en la literatura de uso habitual en la enseñanza superior	252
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN.....	316
Introducción	316
Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre la noción de gameto	316
Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre división meiótica	323
Interpretación de los resultados obtenidos en relación a los saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre terminología genética básica y modos de representación: genotipo, genes, alelos y caracteres	327
Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre simbología y problemas genéticos	331
Cuestiones emergentes del estudio.....	336
Corolario.....	347
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	348
Introducción	348
Reflexiones y conclusiones vinculadas a las nociones sobre división meiótica, proceso de formación de gametos y herencia biológica.....	349
Reflexiones y conclusiones vinculadas a la terminología, simbología y problemas genéticos	353
Las conclusiones y su relación con los objetivos específicos de la Tesis	354
Las conclusiones del trabajo de Tesis en tres dimensiones de síntesis	359
1. Conclusiones relativas a saberes conceptuales o declarativos de los estudiantes y el tratamiento de estos en textos de la especialidad.....	360

3. Conclusiones relativas a saberes didácticos o toma de decisiones intencionales sobre los modos de enseñar para favorecer aprendizajes de los contenidos biológicos sobre Genética, y su relación con los textos disciplinares	361
Supuestos o conjeturas que se desprenden del estudio realizado	362
Aportes de la investigación	363
Implicancias didácticas de los resultados de esta investigación	366
Líneas prospectivas para la educación en el campo de la Genética	368
Comentario final	369
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	370
ANEXO I	434
ANEXO II	440

INTRODUCCIÓN

I. Área de interés y delimitación del problema objeto de este estudio

Los avances que se produjeron en el último siglo en el área de la Genética son generadores de profundos debates sociales (éticos, religiosos, económicos, políticos), los cuales también se dan en el seno de la disciplina. La misma, desde su origen, ha suscitado tensiones y controversias que cambiaron la dirección del progreso científico y que condujeron a los conceptos actuales de este campo. Los referidos debates también alcanzan al campo de la educación, dado que los procesos biológicos relacionados con la herencia entrañan diversas problemáticas relativas tanto a su enseñanza como a su aprendizaje, muchas de las cuales han sido documentadas en la bibliografía existente sobre el tema; las mismas han puesto de manifiesto que la Genética es una de las áreas de las ciencias biológicas que presenta mayores dificultades para el aprendizaje, siendo necesario realizar sondeos o indagaciones que permitan detectar los posibles factores que interfieren en la correcta comprensión y profundización de estos temas. Los referentes teóricos consultados a los efectos de la elaboración de esta Tesis muestran que las investigaciones llevadas a cabo sobre el tema que nos ocupa se han realizado mayormente en relación a estudiantes del nivel secundario de la enseñanza y han arrojado resultados que señalan una serie de factores que pueden influir en la comprensión correcta de los contenidos de Genética. Si bien existen trabajos en los que han participado alumnos universitarios son menos abundantes los que consideran como población de estudio a estudiantes de Profesorados en Ciencias Biológicas. Estas investigaciones muestran la necesidad de realizar relevamientos sobre este campo disciplinar y en este nivel de la enseñanza.

Por otra parte, diversos autores han reseñado que el tratamiento que se da en los libros de texto a determinados temas influye de modos diversos en la consecución de los aprendizajes en los diferentes niveles de la educación, mostrando, a través de sus investigaciones, la influencia que puede ejercer la bibliografía utilizada para la enseñanza en el aprendizaje de los contenidos; a la luz de los materiales revisados se observa que los libros de texto podrían originar, condicionar, consolidar o influir en el logro de aprendizajes sobre contenidos generales de Genética. Los mismos señalan que una de las líneas a continuar explorando en este sentido, es el tratamiento que se da a estos temas en las obras destinadas a la enseñanza superior, dado que los libros de texto universitarios son un recurso importante donde se almacenan datos reconocidos por la comunidad científica de cada disciplina, a los cuales acuden estudiantes y docentes con el objeto de utilizarlos como material de consulta o de

estudio, como elemento donde se ofrecen actividades y acopian problemas y ejercicios de aplicación resueltos o para resolver.

Además, distintos referentes teóricos revelan que las investigaciones llevadas a cabo desde el campo de la didáctica en relación con el aprendizaje de contenidos vinculados con la genética han adquirido un notable desarrollo en los últimos años, debido a la importancia que se le otorga a la temática en todos los currículos de enseñanza en los niveles de educación secundaria y superior. Al mismo tiempo, el impacto social de los conocimientos sobre Genética se observa a diario de diferentes formas, habiéndose constituido actualmente en un contenido clave de la alfabetización científica de la ciudadanía. Sumado a esto, es bien sabido que los modelos científicos de la genética son el pilar para la comprensión de un gran número de otros modelos biológicos, como los evolutivos, celulares y moleculares, entre otros. El tratamiento de estos temas y sus dificultades para el aprendizaje adquieren mayor relevancia cuando se trata de estudiantes que optan por la carrera docente, ya que, en un breve lapso de tiempo, se encontrarán frente a un curso o grado de algún nivel escolar enseñando contenidos que no han comprendido adecuadamente. Esto se torna crítico si consideramos que los mismos juegan un rol importante en los procesos de enseñanza que generen estos docentes, dado que impregnan sus prácticas. Por lo tanto, una indagación acerca de los saberes y la comprensión lograda por los futuros profesores sobre nociones tan nucleares puede acercarnos a la comprensión del tipo de explicaciones que se encuentran en los estudiantes de este nivel de enseñanza y se constituyó entonces como uno de los propósitos de este estudio.

En este contexto, y representando el área de la Genética un campo tan amplio, resulta de interés para esta investigación focalizar la atención sobre los saberes relativos a algunos contenidos y procesos centrales, dado que resultan estructurantes, en el sentido de necesarios, para la comprensión de conceptos más complejos. Como se expresó, son contenidos amplios e integradores, vinculantes y elementales para el abordaje de otros más complejos y abstractos, por lo que los futuros docentes de Biología deben lograr la comprensión de los mismos durante su formación, integrados a competencias y estrategias de enseñanza variadas. Por lo tanto, los factores –como los libros de texto- que influyen en la adquisición de saberes en un sentido amplio (saberes teóricos, metodológicos y didáctico pedagógicos) por parte de los futuros profesores, son aspectos que resultan también de interés en esta indagación y emerge como otro propósito de la misma.

Por lo expuesto, el objeto de estudio de este trabajo son los saberes de los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas sobre algunos conceptos centrales del campo de la Genética y las características de su abordaje en los textos destinados a la enseñanza superior.

II. Preguntas de investigación

Sobre la base de lo planteado se presentan las preguntas que actuaron como orientadoras de esta investigación:

¿Cuáles son las características de los saberes de los futuros docentes de biología acerca de conceptos centrales del campo de la genética?

¿Cómo se abordan estos temas en la bibliografía destinada a la enseñanza superior?

¿Qué relación tienen los saberes sobre genética de los estudiantes del profesorado de biología con los textos de estudio utilizados habitualmente?

Estas preguntas fueron formuladas con el espíritu de orientar o guiar la investigación, de abrir posibilidades de análisis y de promover discusiones concretas que aporten elementos teóricos y prácticos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y en donde se logre evidenciar las relaciones que se establecen entre los actores involucrados en dicho proceso.

III. Objetivos

Objetivos Generales

Por lo declarado, y con la intención puesta en que los objetivos generales encuadren el trabajo dentro de proyecciones amplias y a largo plazo, los mismos se definieron como:

- Explorar los saberes que poseen o que han construido a lo largo de su formación los estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas sobre algunos contenidos centrales del campo de la Genética, tipificar el tratamiento que se da a estos temas en los libros de texto utilizados para el estudio y especificar las relaciones entre los saberes del alumnado y las características de su abordaje en la literatura a partir de la detección de elementos comunes entre ellos.
- Elaborar recomendaciones a tener en cuenta en la concepción de secuencias didácticas superadoras y fundamentadas, que tomen en cuenta la identificación y caracterización de los saberes de los estudiantes y el abordaje bibliográfico que se da a estos temas en los libros de texto.

Objetivos Específicos

- Indagar el tipo de saberes sobre algunos contenidos centrales del campo de la genética que han construido a lo largo de su formación los estudiantes noveles y avanzados del Profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE (UNLP).

-
- Caracterizar el tratamiento dado a los temas vinculados a Genética en los libros de texto destinados al nivel de enseñanza superior.
 - Contrastar las producciones del alumnado con las que han sido relevadas en la literatura sobre el tema de uso más frecuente en la Enseñanza Superior y extraer los resultados más significativos respecto a la existencia de elementos comunes entre ambos.
 - Establecer derivaciones vinculadas a la influencia de la bibliografía sobre la construcción de saberes de los estudiantes a partir de la existencia de elementos comunes entre los textos de estudio y los saberes de los futuros profesores.
 - Elaborar propuestas y recomendaciones didácticas respecto al abordaje del tema como estrategias innovadoras en la enseñanza de la Biología, que aporten a la formación de saberes de los futuros docentes y contribuyan para la elaboración de futuros textos de estudio.

IV. Marco teórico. Reseña de sus componentes principales

El Marco Teórico de esta Tesis se expone en el Capítulo 1, en el que figuran los principales aportes recuperados de otras investigaciones y que resultan pertinentes para este trabajo; así, se efectúa una revisión y síntesis del conocimiento preexistente sobre el tema que sustenta el estudio realizado. Al abordarse en el presente trabajo la formación del profesorado en el ámbito universitario en relación a un concepto o constructo tan complejo como es el de los “saberes”, es necesario contextualizarlo en función de los aportes de otros desarrollos científicos que lo atraviesan; por lo tanto, para la elaboración del Marco Teórico, se han seleccionado los precedentes de investigaciones que tengan un grado de significación directo o indirecto con el tema objeto de estudio. Los distintos aportes se han ordenado, agrupado y relacionado de acuerdo a las finalidades de la investigación. Los mismos se presentan en forma de una síntesis que no es única, pero que fue construida de la forma que se ha creído más afín a los objetivos del trabajo. Sobre esta base, la información recogida no agota el proceso de investigación vinculado al rastreo bibliográfico, pero en ella se destacan las contribuciones que resultaron de mayor interés para el presente estudio. Este capítulo está integrado por las siguientes secciones:

1. El punto de partida. Distinguiendo términos. Conocimientos, saberes, competencias, concepciones, representaciones y modelos

En esta Primera Sección se realiza un abordaje teórico vinculado a la conceptualización del saber, las distintas vertientes de discusión en torno al concepto de saber y un recorrido

general sobre diferentes líneas de análisis, con la intención puesta en conceptualizar términos muy relacionados pero que no son sinónimos, como conocimientos, saberes, competencias, concepciones, representaciones y modelos. La bibliografía consultada ha puesto en evidencia ciertas características y dificultades que podrían estar asociadas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de tópicos estructurantes en el campo de la Biología, referidos a los fundamentos de la Genética; esto ha generado interrogantes relacionados a las causas subyacentes a estos aprendizajes, sus modalidades de enseñanza y los rasgos distintivos de la transposición didáctica de contenidos genéticos. Dentro de esta problemática y considerando que los sujetos construyen modelos mentales, un punto clave es determinar los modos de representación que los estudiantes manejan o utilizan; otro aspecto central es conocer las características de estos saberes y su progresión. Luego se ponen en cuestión algunas reflexiones orientadas a rastrear saberes sobre Genética. Asimismo, la indagación acerca de los saberes sobre ciertos conceptos de Genética de los futuros profesores de Ciencias Biológicas y el estudio de los libros de texto de referencia sobre el tema, conducen al análisis del concepto de Transposición Didáctica, noción que surgió en el ámbito de la didáctica de la matemática y donde se desarrolló inicialmente, produciéndose luego su emergencia y difusión hacia otras disciplinas y su didáctica.

2. Formación y saberes de los futuros docentes

En la Segunda Sección se analizan la formación del profesorado y los saberes docentes, su situación actual y la necesidad de definir un nuevo perfil para el profesional de la educación. En este apartado se destina un espacio al origen y evolución de la educación en Ciencias Naturales y a las características de la formación de los futuros profesores de Biología. Al respecto, diversas son las líneas de investigación desarrolladas en los últimos tiempos vinculadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje de estas ciencias, las cuales atienden a las variadas problemáticas que los atraviesan; entre estas, resulta de interés realizar estudios acerca de los saberes de los futuros profesores, su conocimiento profesional y la influencia de distintos factores involucrados, tales como las modalidades de enseñanza, los libros de texto utilizados, la interacción discursiva en el aula, entre otros.

3. Delineando el campo de estudio. El caso de la Genética

Se destaca en la Tercera Sección la importancia de la Genética en el campo de la Biología y se presenta una breve referencia al desarrollo histórico de la misma, sus orígenes como disciplina, su evolución durante el Siglo XX y su rol como principio unificador de la Biología

vinculado a los conceptos estructurantes o metaconceptos del área. Además se posiciona a la Genética en el campo general de la enseñanza de las Ciencias Naturales y de la enseñanza de la Biología en particular, en vinculación con los desafíos de la educación actual.

4. La construcción de saberes en el campo de la Genética

En la Cuarta Sección se realiza una revisión de parte de la literatura existente sobre las investigaciones llevadas a cabo en relación a la enseñanza y el aprendizaje de la Genética, sus características así como problemáticas, dificultades y obstáculos relevados por distintos autores.

5. El análisis de documentos

Finalmente, en la Quinta Sección se caracteriza a los libros de texto como fuentes de datos para indagar el papel que desempeñan en la enseñanza y el aprendizaje; también sobre el abordaje de contenidos genéticos realizado en los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio y superior de la educación. Se presenta además, una síntesis de los aportes y propuestas que realizan distintos autores para la enseñanza de estos contenidos.

V. Marco metodológico. Reseña de sus componentes principales

En el Capítulo 2 se describe la metodología utilizada y las decisiones tomadas en este sentido. Se detallan los propósitos, preguntas y objetivos así como el contexto y las características de la población objeto de estudio; se describen las fuentes de datos, los instrumentos utilizados y las técnicas para el tratamiento de los datos obtenidos. Así, se fundamenta la necesidad de realizar sondeos que permitan, no solo identificar los saberes que poseen los alumnos del profesorado en Ciencias Biológicas de la UNLP sobre los temas antes citados, sino también caracterizarlos. Además, y dado que los libros de texto continúan siendo las fuentes más habituales utilizadas como mediadores curriculares y como recursos para acompañar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, el cotejo de los saberes de los estudiantes con el abordaje de estos contenidos en la bibliografía específica permite comprender en parte, el origen de dichas características o encontrar al menos, algunos elementos comunes. En esta línea, las preguntas orientadoras de esta investigación fueron formuladas con el espíritu de guiar la investigación, de abrir posibilidades de análisis y de promover discusiones concretas que aporten elementos teóricos y prácticos para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales. De ellas se desprendieron los objetivos generales, con la intención puesta en que

los mismos encuadren el trabajo dentro de proyecciones amplias y a largo plazo; de estos derivaron luego los objetivos específicos.

En relación a las decisiones metodológicas y los alcances de la investigación, en función del objeto de estudio y de los objetivos de la investigación, se adoptó un esquema de investigación en el que se optó por un abordaje cualitativo y cuantitativo entendiendo que esta estrategia permitiría potenciar el análisis de los datos que resultaran del proceso. Sobre la base de la opción metodológica realizada se seleccionaron dos técnicas para la recolección de la información en el campo, el cuestionario y la indagación documental. Las fuentes utilizadas como base para la elaboración de estos instrumentos fueron por una parte, cuestionarios y protocolos de análisis de textos reportados en la literatura.

La población de estudio incluyó a estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas correspondientes a la Universidad Nacional de la Plata (UNLP), provincia de Buenos Aires. La revisión de planes de estudio y bibliografía recomendada en los programas de las asignaturas del Profesorado en Ciencias Biológicas, sumada a consultas realizadas a los estudiantes permitió definir los textos que constituirían la muestra para el análisis (libros de Biología y Genética representativos utilizados en el ámbito universitario). El relevamiento de datos se llevó a cabo a partir de la administración de los instrumentos de modo de documentar las expresiones de los alumnos en el cuestionario y los registros presentes en los textos bajo estudio. Luego sobre la base del análisis de los datos se construyeron criterios de análisis específicos para el estudio de los mismos y se contrastaron las producciones del alumnado con las relevadas en la literatura sobre el tema, con la intención de especificar las relaciones entre los saberes del alumnado y las características de su abordaje en la bibliografía, a partir de la detección de elementos comunes entre ambos. Este cotejo posibilitó extraer conclusiones significativas respecto a la presencia de similitudes o patrones comunes entre ambos y determinar atributos de los libros de texto que pudieran estar presentes en los saberes detectados en los estudiantes del profesorado.

A grandes rasgos este capítulo está integrado por secciones que atienden, por un lado, al encuadre metodológico general y por el otro al cuestionario y los libros de texto en particular. Para el caso del cuestionario las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas y analizadas por grupos (noveles y avanzados), buscando patrones generales de respuestas sobre las que se establecieron las categorías que se expresaron como frecuencias porcentuales.

Para el análisis de la bibliografía se realizó un abordaje desde el contenido conceptual y desde la imagen, en libros de texto destinados a la enseñanza superior, sobre una muestra de

obras representativas de Biología General (textos básicos) y de Genética (textos complejos) utilizados en el ámbito universitario, que surgió del examen de la bibliografía recomendada en los programas de las asignaturas que abordan estos temas y de consultas a los estudiantes. Para explorar el contenido se atendieron las recomendaciones de distintos referentes; también se siguieron y adaptaron algunas ideas de modelos formulados por otros autores mediante la aplicación de un protocolo específico y de elaboración propia diseñado para el análisis del tema. Con el objeto de proceder al análisis de contenido se definieron las unidades de muestreo, registro y contexto. Las unidades de muestreo refieren a los textos que se analizaron. Las unidades de registro hacen alusión a la parte o porción de un texto - párrafos, conjuntos de párrafos, páginas del libro, referidos a la temática de interés - que se seleccionaron para el análisis. La unidad de contexto remite a la parte del texto que contiene y sitúa a las unidades de registro (una sección o bloque, un capítulo). Posteriormente se procedió a la revisión de los libros de texto considerando dimensiones como la descripción de la estructura general de las obras bajo análisis, en la cual se observó la secuenciación de los contenidos comprendida en la estructura del texto o unidad de muestreo; también la contextualización de las temáticas objeto de esta investigación en la estructura general de las obras bajo análisis; aquí se reparó en los bloques de contenidos o secciones (unidades de contexto) donde se ubican los temas sobre las que se indaga. Además se examinó la estructura del texto en relación a la naturaleza de los núcleos conceptuales objeto de esta investigación y las relaciones entre ellos; se tomaron como unidades de registro los sectores del texto donde se aborda el concepto, función, origen y esquema de los gametos; la correspondencia entre meiosis, gametogénesis y Leyes de Mendel; la terminología básica de Genética; su simbología específica; los problemas de genética, esquemas y otras representaciones. Para el análisis de las imágenes en los textos bajo estudio, se siguió con modificaciones, lo planteado en la literatura sobre el tema; el instrumento que se diseñó tuvo las propiedades de ser específico, atender a los objetivos del tema que se abordó en esta investigación y caracterizar a las representaciones graficas según la taxonomía elaborada.

VI. Síntesis de los principales hallazgos del trabajo

Uno de los hallazgos de interés deriva de la información obtenida a través del cuestionario, la que muestra que los estudiantes noveles presentan una progresión en la construcción de ciertas nociones que resultan acordes con el tramo de la carrera que transitan, expuestas a través de enunciados que conceptualizan de manera parcial y considerando algunos de los aspectos que incumben al contenido indagado; en los alumnos avanzados estos saberes se encuentran fragmentados, dado que solo un grupo parece haber logrado un saber complejo sobre ciertos conceptos, integrando en ellos las diferentes dimensiones que lo atraviesan. Si se consideran algunas definiciones tomadas de los textos analizados, se encuentran diversas definiciones con características parciales y/o de distinto nivel de complejidad similares a las definiciones emitidas por los estudiantes. Las características en el abordaje del tema, tanto en textos básicos como avanzados, muestra articulación intracapítulos y cierta desconexión entre los capítulos que integran cada obra; no se percibe un abordaje integral en torno a las variadas dimensiones de las nociones indagadas ni se presenta un sector del texto que recupere todos los aspectos de las nociones complejas analizadas. Además, tomando en consideración la bibliografía básica y especializada se destacan ciertos aspectos de los contenidos polisémicos explorados en varios segmentos de las obras, donde emergen las diversas dimensiones que subsumen, pero en el contexto de uso.

El estudio reveló además en ambos grupos de estudiantes, que al observar las conceptualizaciones teóricas de las nociones indagadas y sus correspondientes representaciones gráficas, se encontraron menos dificultades en expresar las ideas a través de proposiciones escritas (representaciones textuales, lingüísticas o simbólicas) respecto a hacerlo en forma de esquemas o dibujos representativos (representaciones no textuales, pictóricas o icónicas), la que sobresale como un área conflictiva. Sin embargo, la trayectoria en la carrera parece estar vinculada a la producción de representaciones gráficas mejor logradas en los estudiantes avanzados. Como otro emergente a partir del análisis de las producciones de los estudiantes avanzados, se destaca que a partir de la movilización de saberes en distintos formatos se observa una disputa entre los modos de representación textuales y no textuales de las nociones de Genética examinadas. En este sentido, se observa una inconsistencia entre las representaciones textuales y las no textuales, no correspondencia que advierte respecto a la necesidad de trabajar en la conversión de representaciones. Conjuntamente, se encontró que los estudiantes universitarios encuestados se inclinan por los problemas de Genética con una modalidad de abordaje cerrada, tendencia que se observa tanto en estudiantes noveles como en avanzados. Los argumentos que esgrimen para

fundamentar esta opción se asocian a la simplicidad de este tipo de problemas, a la presencia de datos suficientes para su resolución y, en menor medida, a que facilitan la comprensión de conceptos. Las dificultades expresadas en el proceso de resolución de problemas están vinculadas con los problemas de tipo abierto, modalidad en relación a la cual se reconocen limitaciones; se les atribuye ausencia de datos suficientes y un planteo poco claro.

Con la síntesis precedente se explicitan brevemente los hallazgos de este estudio en relación a cuatro de los cinco objetivos específicos planteados; el quinto es una derivación de los anteriores enfocado en realizar, a partir del conocimiento generado, un aporte sustentado en los mismos con implicaciones didácticas. En este sentido, se formulan algunas sugerencias que podrían resultar útiles para futuras intervenciones de aula o nuevas ediciones de textos.

VII. Contribuciones de la investigación

En función de los hallazgos de esta investigación se contribuye a ampliar el conocimiento sobre este campo y a enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de temas complejos y abstractos como los que se han estudiado; se aporta con un cuerpo de conocimientos que se espera, llegue al colectivo docente orientando sus prácticas en la búsqueda de comprensiones más adecuadas. En este sentido se explicitan una serie de recomendaciones didácticas que se espera, sean utilizadas en la construcción de propuestas de aula fundadas en las mismas. También se formulan algunas líneas prospectivas del estudio ya que quedan caminos abiertos para seguir otras investigaciones.

VIII. Estructura de la tesis

Este trabajo de Tesis se encuentra dividido en seis partes: la Introducción precedente y cinco capítulos en los cuales se presenta el estudio realizado respetando los pasos seguidos durante el proceso de investigación.

En la Introducción se presenta el área de interés y delimitación del problema objeto de este estudio, las preguntas de investigación y sus objetivos; una reseña del marco teórico y metodológico y una síntesis de los hallazgos y contribuciones de la investigación.

El Marco Teórico de esta Tesis se expone en el Capítulo 1; en el figuran los principales aportes recuperados de otras investigaciones que resultan pertinentes para este trabajo por lo que se realiza una revisión, análisis y síntesis del conocimiento preexistente sobre el tema que fundamentan el Trabajo de Tesis realizado.

En el Capítulo 2 se describe la Metodología utilizada en esta investigación y las decisiones tomadas en este sentido. Se detallan el contexto y las características de la población objeto de

estudio, se describen las fuentes de datos y los instrumentos utilizados, y se presentan las técnicas para el tratamiento de los datos obtenidos.

En el Capítulo 3 se dan a conocer los Resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología empleada.

En el Capítulo 4, sobre la base del Marco Teórico ya descrito, la Metodología utilizada y los Resultados obtenidos, se expone la Discusión de los Resultados.

En el Capítulo 5 se presentan las Conclusiones y algunas recomendaciones para la enseñanza de estos temas.

Finalmente se incluyen las Referencias Bibliográficas y un Anexo en el que se presentan los cuestionarios utilizados y la ficha utilizada para el análisis de los textos descritos en el Capítulo 2 (Metodología).

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1. Primera Sección

El punto de partida. Distinguiendo términos. Conocimientos, saberes, competencias, concepciones, representaciones y modelos

En este apartado interesa, a los fines de esta investigación, focalizar en una serie de términos afines muy utilizados en el campo de la didáctica, que están relacionados entre si y vinculados al concepto de saber, los que, si bien complementarios, no son sinónimos. Cada una de esas conceptualizaciones y dimensiones de análisis componen parte del saber en relación a los procesos de enseñanza y de aprendizaje; por esta razón se intentará durante el desarrollo de esta sección, realizar un recorrido teórico, con la intención de establecer algunas diferencias sustantivas y reciprocidades entre estos conceptos de significativa importancia en el contexto de la educación en ciencias, con el objeto de precisarlos o esclarecerlos. En primer lugar y específicamente, interesa el concepto de saber en relación a los términos competencia y conocimiento; pero como no solo ellos entran en juego, en segundo lugar cobran importancia otras nociones como son las concepciones, representaciones y modelos por el entramado de relaciones que tienen con la esfera del saber de los estudiantes y futuros profesores, y porque en el marco de este trabajo interesa conocer los saberes que se movilizan en ellos en torno a una serie de nociones sobre Genética, para luego contrastarlos con lo observado en la literatura que aborda estos temas. Este último aspecto interesa en razón de que, cuando un estudiante lee un texto que corresponde a un manual universitario, se requiere por parte del lector, la activación de un importante conjunto de conocimiento previo con el objeto de elaborar las inferencias que han sido anticipadas por el autor del discurso; tales inferencias se corresponden con representaciones mentales que el alumno construye al intentar comprender el mensaje que ha leído, reemplazando, agregando, descartando o integrando información del texto (Cubo de Severino, 2010). Por otra parte, las inferencias, dependen de modelos cognitivos idealizados, de sentido común o folk que, para el caso de la lectura de textos de especialidad, además de realizarse inferencias de sentido común, también ocurren inferencias controladas que obedecen a un modelo científico previo, que el sujeto lector debe movilizar para elaborar una representación mental pertinente (Cubo de Severino, 2009). Esta idea enunciada sucintamente sobre el saber como comprensión, mediado por prácticas sociales y habladas, con la mirada puesta en un saber en construcción por parte de los futuros docentes de Biología, se fue edificando a partir de las aportaciones de la concepción constructivista del aprendizaje desarrollada por Coll, Martín, Mauri, Miras,

Onrubia, Solé, Zabala (1997), entendiendo que en el mismo confluyen elementos como las representaciones mentales, las motivaciones, los saberes previos, las competencias, los contenidos conceptuales (saber), procedimentales (saber hacer) y actitudinales (ser); este saber se genera en un contexto social que implica el vínculo entre estudiantes, contenidos y docentes (Jiménez Zambrano, Patiño Franco y Tamayo Álzate, 2013). Es partiendo de este enfoque que puede concebirse que además de saber o dominar un contenido o técnica, de comprenderlo y entender su funcionalidad, es necesario que lo que se aprende sea utilizado para resolver de modo eficaz una situación puntual (Bernheim, 2011; Vidiella y Belmonte, 2007).

Información, conocimiento y saber

En primer lugar se recurrirá a la mirada que ofrece Astolfi (2003), quien señala que *información, conocimiento y saber*, son tres conceptos muy relacionados y en constante tránsito y transformación, pero que no significan lo mismo, por lo que distingue entre ellos; para este autor la *información* es básicamente objetiva, dado que se corresponde con los objetos o estados físicos; es externa al sujeto y se puede almacenar de diferente manera (por ejemplo, en un libro, en un archivo, etc.); otra de sus características es que cumple con el papel de reconocer o distinguir hechos, opiniones, comportamientos, cosas, utilizando alguna forma de presentación como puede ser mediante imágenes, palabras, sonidos. Está ligado al almacenamiento y a aprendizajes mecánicos o memorísticos, donde está ausente la construcción de sentido por parte del sujeto. En cambio, el *conocimiento* está asociado a las experiencias subjetivas y los estados mentales, y se vincula con la experiencia de cada sujeto, con la información que obtiene del ambiente en el que vive y como éste lo interioriza; el conocimiento no se puede transmitir dado que cada individuo recombina la información de modo específico, y esto resulta difícil de ser comunicado en su totalidad, particularmente porque se vincula de modo estrecho con lo afectivo, lo social, los valores y el deseo de una persona. El *saber*, para Astolfi (2003), resulta de la interpretación que lleve a cabo el sujeto, de la problematización y lectura de la realidad, de su formalización y de la construcción intelectual que realice. Una de las propiedades del saber que menciona el autor es que, mediante la elaboración de un lenguaje pertinente, se lo puede comunicar en forma de fragmentos de conocimiento, y también se lo puede transformar en información. En la misma línea, Altet (2005), señala que la información es exterior al sujeto y de orden social, en cambio el conocimiento es integrado por el sujeto, y es de orden personal; el saber se sitúa entre ambos, en la interfaz del conocimiento y la información. “El saber se construye en la

interacción entre conocimiento e información, entre sujeto y entorno, dentro y a través de la mediación” (Barrón Tirado, 2015 p.39). La visión constructivista reconoce el papel que juega el sujeto al construir sus conocimientos, y por tanto, los mismos están vinculados a ese sujeto que conoce; por lo tanto el conocimiento es subjetivo. En relación con ello, los modelos, las leyes y las nociones científicas son representaciones construidas para comprender el mundo y la epistemología es la disciplina científica que se encarga de estudiar el modo en que se construyen los saberes (Fourez, Englebert Lecompte y Mathy, 1997).

Concepto de saber

Si se considera su etimología, el concepto de *saber* (del latín *sapere*) implica conocimiento o ciencia, ya que “sophía” es un término griego traducido al latín como “sabiduría” con varios significados (entre ellos “tener juicio”, “entender algo”, “estar instruido en algo”), considerando “sabio” a aquella persona que puede conjugar el conocimiento teórico y práctico (Diccionario de la Real Academia Española, 2014; Gervilla Castillo, 2006; López Gómez, 2016).

En el sentido que le otorgan Beillerot, Blanchard Laville y Mosconi (1998), el definir o precisar el concepto de *saber* tiene una larga tradición e historia en la que han jugado un rol importante diferentes filósofos de cada siglo, aunque en la actualidad no es solo objeto de interés de la filosofía sino que desde diferentes disciplinas científicas (historia, biología, neurociencias, etc.) se discute y reflexiona acerca del mismo; si bien *saber* es un verbo, su uso como sustantivo ha sido ampliamente utilizado por los latinos, germanos y eslavos, remite al siglo IX y, hasta el siglo XIX se lo utiliza en singular, idea filosófica que alude a todos los conocimientos, enunciados y capacidades de hacer acumulados de la humanidad. Señalan los autores que es posible distinguir dos fuentes de pensamiento sobre el saber; una vinculada con las primeras definiciones de ciencia, relacionada con forma, con imagen, con ver; la otra asociada con la sabiduría y la experiencia; estas grandes concepciones sobre el saber condujeron a considerarlo como un conjunto de conocimientos o como un proceso. Según el enfoque de considerarlo como un conjunto de conocimientos, estos son datos clasificados, acumulados en libros o en las memorias de las personas; se refiere a ellos como posesión (se posee, se tiene, se adquiere tal saber) y al pasado de los saberes. En cambio, desde la concepción de considerar al saber como un proceso se atiende a la relación entre saber y psiquismo y a comprender el aprendizaje de los saberes; concibe la idea de que:

...los aprendizajes de un saber representan la realidad dinámica del saber: los saberes no son sino los aprendizajes cuyo objeto es adquirirlos. Esta concepción psicológica ha dado lugar a múltiples ensayos e innovaciones pedagógicas que pusieron énfasis en las situaciones que favorecen el acto de aprender, lo que equivale a mostrar que aprender es acto y no sólo impregnación pasiva (Beillerot et al. 1998, p. 32).

Las controversias suscitadas respecto a considerar al saber como conjunto de conocimientos o como proceso, permitieron discernir entre las nociones no sinónimas de conocimiento y saber. Para Beillerot et al. (1998), la noción de conocimiento puede analizarse desde dos dimensiones: como experiencia del ser o como un proceso intelectual que involucra el ejercicio de la razón, que es abstracto y representa una selección y organización de los datos, postura con la que coincide Morín (1994). En cambio, los saberes se encuentran catalogados o inventariados y es un dominio en el que el sujeto está situado necesariamente. Su existencia se asocia a la vinculación entre una lengua y las acciones en el campo de una práctica social específica. Suscriben Beillerot et al. (1998) y Foucault (2002), que se puede denominar *saber* a un grupo o conjunto de elementos que se han formado de modo regular a través de una práctica discursiva y que resultan “indispensables para la constitución de una ciencia, aunque no estén destinados necesariamente a constituirla...” (p.306). En esta línea, Foucault (2002), se refiere al saber argumentando:

Un saber es aquello de lo que se puede hablar en una práctica discursiva que así se encuentra especificada: el dominio constituido por los diferentes objetos que adquirirán o no un estatuto científico...; un saber es también el espacio en el que el sujeto puede tomar posición para hablar de los objetos de que trata en su discurso..., un saber es también el campo de coordinación y de subordinación de los enunciados en que los conceptos aparecen, se definen, se aplican y se transforman...; en fin, un saber se define por posibilidades de utilización y de apropiación ofrecidas por el discurso... Existen saberes que son independientes de las ciencias,... pero no existe saber sin una práctica discursiva definida; y toda práctica discursiva puede definirse por el saber que forma (pp. 306-307).

Se puede precisar entonces que el conocimiento remite a la teoría y el saber a las prácticas, distinción que conduce a otra: el saber como hacer (discursivo) del saber hacer (transformación). Siguiendo la lógica de los planteos de estos autores, se puede saber mentalmente cómo mirar una muestra biológica al microscopio (saber hacer discursivo como enumerar, clasificar, describir, etc.) y no saber mirar al microscopio (el hecho real de mirar al microscopio, la ejecución, que significa la transformación de la realidad); el saber decir como hacer algo se orienta a la posible transformación de lo real que esto permite, por lo que se puede concluir que el saber de una práctica está muy ligado a la práctica misma, ya que sin ella perdería su razón de ser.

Una de las características de los saberes es que se generan en determinadas culturas con contextos históricos y sociales particulares; se presentan como diversos y múltiples designándose cada conjunto como cuerpos de saber organizados según ciertas normas; los saberes muestran modos de acción que pueden ser contradictorios, de algunos miembros de la sociedad, pero no de todos por lo que contribuyen o dan forma a conflictos. Al respecto resulta pertinente en el marco de esta tesis, lo referido por Manuel Castro (2004) al teorizar sobre el poder disciplinario y la normalización de los saberes:

...la tesis de Mendel, según la cual lo hereditario es del orden de lo discreto, no se inscribía en el campo de la biología de su tiempo, no se ajustaba a la disciplina que estudiaba la vida. Se requerían otros fundamentos teóricos y nuevos conceptos. Para que aquello de lo que hablaba Mendel entrase en el campo de la biología, era necesario que ésta cambie su forma disciplinaria (p.15).

Además, hay que considerar que los saberes se vinculan con el poder, ya que acceder a determinados saberes significa acceder a ciertos grupos sociales, a encontrar un lugar en la sociedad quien legitima los saberes producidos (Southwell, y Vassiliades, 2014).

Volviendo a Morin (1994), este autor plantea una mirada multidimensional, tendiente a la integración de los saberes que se encuentran dispersos durante el acceso al conocimiento; señala que, para lograrlo, es necesario un trabajo interdisciplinario que parte de aceptar la complejidad y donde cobra importancia la comunicación y la articulación de saberes. Ampliando esta mirada Morín (1999), expone un grupo de problemas centrales generalmente ignorados en la educación actual, en forma de postulados que deberían ser considerados para la educación del futuro; los mismos son formulados como una serie de saberes fundamentales y necesarios, que se configuran como una propuesta de reflexión para ser tratados en cualquier sociedad y cultura del planeta. En la misma línea, Delors (1996) elabora unas pautas principales para crear una educación adaptada al siglo XXI como instrumento de cambio, para que la sociedad pueda progresar hacia ideales de paz, libertad y justicia social; se comparten análisis, reflexiones y propuestas planteadas como cuatro pilares para la educación que permitan responder a los nuevos retos: Aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir, aprender a ser. La recuperación de una visión amplia de la educación también es señalada por Coll (2010), quien argumenta a favor de un debate en torno a las competencias clave, los saberes fundamentales, el impacto de la cultura digital entre otros desafíos y encrucijadas de la educación actual; resalta además, la importancia de las instituciones de educación formal y al profesorado como actores fundamentales en la educación de las nuevas generaciones reconociendo también el valor de otros escenarios y

agentes educativos. Así, se producen articulaciones de elementos y traducciones de otros discursos, y se generan otros lazos y relaciones; estos aplican activando y vinculando diversas tradiciones y discursos al interior de un ámbito particular. Se genera de este modo la configuración de otros sentidos, nuevos, otras tramas, mediante series y equivalencias discursivas (Dussel, Tiramonti y Birgin, 2001; Southwell y Vassiliades, 2014).

Por otra parte, Tardif (2004) centra el análisis de los saberes en los saberes docentes, tópico que será abordado en la Segunda Sección de este Marco Teórico, en relación a la formación del profesorado; este autor alude al *saber* de un modo amplio que incluye a los conocimientos, las habilidades o aptitudes y las actitudes de los docentes, idea orientada hacia *el saber, el saber hacer y el saber ser*. Al respecto, Shulman (1986 a y b), se pregunta ¿qué deben saber los profesores? y ¿cuáles son las fuentes del conocimiento docente?; el autor señala tres clases de saberes, como son el conocimiento de la materia que se va a enseñar, el conocimiento pedagógico de la materia y el conocimiento del programa curricular. Además, expone que es necesario, diferenciar entre tres formas de saberes, señalando el conocimiento de proposiciones o enunciados, el conocimiento de casos concretos de la disciplina, y el conocimiento estratégico como importantes para la preparación de los futuros profesores. Las ideas de Shulman son retomadas por Tamir (2005) quien describe los saberes docentes en relación a conocimiento profesional: “Por conocimiento profesional nosotros comúnmente referimos ese cuerpo de conocimiento y habilidades que son necesarios para funcionar con éxito en una profesión particular” (p.2). En esta órbita, desarrolla un “marco para el conocimiento de los profesores” y expone que “la interacción entre lo personal y lo profesional parece haber resultado en una única clase de conocimiento que puede ser designada como personal-profesional” (p.9), argumentando que la forma particular en que los elementos del conocimiento profesional son aplicados es personal, y sus resultados son individuales o únicos dando origen a un saber o conocimiento privativo de cada persona. Por otra parte, Grossman, Wilson y Shulman (2005) destacan la importancia en la formación del profesor, de ciertas dimensiones del conocimiento de la materia o disciplina que inciden en la tarea de enseñanza; estas son el conocimiento del contenido, el conocimiento sustantivo, el conocimiento sintáctico y las creencias acerca de la materia, las cuales se retomarán en otra sección de este Marco Teórico.

Relación con el saber

Una noción sobre la que se realizará un breve análisis, dada su relevancia en el campo de la enseñanza, es la de la *relación con el saber*. Si bien la relación con el saber es una expresión

acuñada y utilizada en el contexto de las ciencias de la educación, la misma fue introducida por Lacan en la segunda mitad del siglo XX y en el contexto cultural de la filosofía francesa en torno al interrogante sobre el sujeto y su vínculo con el concepto, con el saber, cuestionamientos compartidos con otros autores como Nietzsche y Foucault (Vercellino, 2014). Estos debates y reflexiones persistieron y fueron el germen que dio inicio en Francia en la década del `60, a una serie de estudios vinculados a la relación con el saber en el campo del psicoanálisis, dando lugar a la consolidación de diferentes grupos de investigación de reconocida trayectoria internacional. Uno de ellos fue creado por Beillerot y continuado por Mosconi y Blanchard Laville quienes realizaron indagaciones y desarrollaron y esclarecieron las nociones de saber y de relación con el saber. Otro equipo, formado por sociólogos de la educación en la década del 70, investigaron también este concepto, continuando en las dos décadas siguientes bajo la dirección de Bernard Charlot; intentaron comprender la relación del sujeto (estudiante, profesor, etc.) con el saber e interpretar los procesos que asisten en la conformación de esta relación. Posteriormente, desde la didáctica crece el interés por la relación con los saberes, aspecto que se desarrolló en el transcurso de la década del 90 en el campo de la educación matemática bajo la dirección de Chevallard (Vercellino, 2015). La expresión “relación con el saber” parece sugerir, para Beillerot et al.(1998) de una disposición o intención de alguien hacia el *Saber*, no hacia los conocimientos o los saberes, y permitiría aproximarse a las dificultades que representa el conocimiento para los sujetos, particularmente en el campo de la educación; revelaría algunas respuestas a algunos cuestionamientos del colectivo docente vinculados a cómo hacer surgir el deseo de saber, cómo mantenerlo o desarrollarlo, como posibilitar o favorecer la apropiación de los saberes. Por ello, atender a las problemáticas de la formación, reconocer la relación estrecha entre el pensamiento y la acción docente, conocer las características de los saberes de los futuros profesores, entre otros factores, puede contribuir al conocimiento del profesorado con el objeto de generar un marco de referencia y la construcción de escenarios que guíen la elaboración de programas de acción (Astudillo, Rivarosa y Ortiz, 2009; Baena Cuadrado, 2000).

El enfoque por competencias

También en los años `90 emerge el enfoque por *competencias*, concepto polisémico que ha sido objeto de intensos debates y controversias; sin embargo, representó una alternativa para actualizar el currículum adaptándolo al mundo del trabajo y a las sociedades contemporáneas. Esta corriente entendida como forma de actuar, que se expresa en la acción, “ha evolucionado

hacia un abordaje que vincula los saberes a las prácticas sociales, a la resolución de situaciones complejas, al abordaje de problemas y a la elaboración de proyectos” (Jabif, 2010, p.7). Bajo esta concepción del término se destaca la necesidad de que en los centros educativos se exponga a los alumnos a situaciones de integración significativas, de modo que por su complejidad, se deban poner en juego distintos recursos de manera eficaz con el objeto de resolverla. Jabif (2010), reflexiona acerca de los cuestionamientos de autores que se preguntan por el sentido de tener que optar entre *saber hacer* y *saber qué* (legado de las distinciones entre teoría y práctica, o entre reflexión y acción), en tanto ambos saberes se complementan y se retroalimentan. En este sentido recupera diversas contribuciones en la búsqueda de precisar una definición; los elementos comunes detectados permitieron a la autora afirmar que una competencia se relaciona con una capacidad movilizadora para responder a situaciones cambiantes, es decir, en términos de Perrenoud (2008), “de unir constantemente los saberes y su puesta en práctica en situaciones complejas” (p.4), ya que para este autor *no hay competencias sin saberes*, dado que las competencias movilizan saberes.

Concepciones, representaciones y modelos

En consideración de lo enunciado, si las competencias movilizan saberes, uno de los conceptos a dilucidar en este apartado se relaciona al conocimiento que los sujetos generamos y que surge desde la propia experiencia sensible; se trata de saberes asociados a una acción, a resolver un problema práctico, ligados a lo concreto, a solucionar una situación rutinaria o propia de nuestra cotidianidad. Mucho se ha discutido para dar nombre a este tipo de conocimiento, tal es así que en la década del ‘80 se desarrollaron investigaciones que permitieron caracterizarlas como concepciones alternativas de los estudiantes, las cuales se caracterizan por ser propias de cada individuo; en el campo de la Biología, como en otros campos, estas les permiten a los alumnos desarrollar teorías que expliquen los fenómenos naturales. Diversos estudios han puesto en evidencia que estas teorías propias de los alumnos que se han formado con anterioridad a la instrucción, interfieren con frecuencia en los aprendizajes de conceptos científicos, ya que se encuentran muy arraigadas y son resistentes al cambio (Carretero, Limón, Rodríguez Moneo, López Manjón y Baillo 1997; Furió, 1996; Gil Pérez, 1994; Giordan y de Vecchi, 1988). Con respecto al origen de estas teorías, Pozo (1996), expresa que es necesario tener en cuenta que las ideas con las que los estudiantes arriban al ámbito escolar pueden tener múltiples orígenes, como experiencias y observaciones de la vida cotidiana, interferencia del lenguaje popular y el científico, medios de

comunicación, cultura de cada civilización e incluso del profesorado, los libros de texto y otros materiales escolares.

En parte de la literatura disponible sobre el tema, se han registrado diferentes términos utilizados para denominar a las ideas de los alumnos (Astolfi, 1999; Cubero, 1994): ideas erróneas, errores conceptuales, concepciones precientíficas o preconcepciones, ciencia de los niños, razonamiento de sentido común, modelos personales de la realidad, concepciones erróneas o *misconceptions*, preconcepciones, ideas preinstruccionales o ingenuas, ciencia de los alumnos, concepciones alternativas, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, esquemas conceptuales alternativos (Cubero, 1994). Respecto a estas diferencias existentes para referirse a las ideas de los alumnos, las variaciones en los significados que se les atribuyen y las controversias sobre su estatus epistemológico, Arana (2007) las denomina “ideas previas” o “concepciones alternativas” y señala que algunos autores las definen como ideas fragmentarias, sin conexión entre sí, pero que muchos otros indican que se articulan en redes conceptuales o teorías de carácter implícito, debido a que poseen cierto grado de organización y consistencia; para ellos, estas no están constituidas por el conocimiento explícito que se origina de una reflexión sistemática, como en el caso de la teoría científica.

Sin duda, no todas las concepciones que poseen los estudiantes serán alternativas a las científicas; como señala Clement (2000), otras, por el contrario, podrán constituirse en conceptos-ancla, útiles para la construcción de nuevos aprendizajes o como punto de inicio del cual es necesario “anclar” los nuevos aprendizajes, como menciona Aguilar Correa (2013).

Cuando Ausubel (1968), alude a su importancia para un aprendizaje significativo, los conocimientos previos de los estudiantes se vuelven objeto de múltiples investigaciones; surge con ello, la necesidad de identificar lo ya aprendido que trajo aparejado dicho concepto. Los trabajos publicados en la década del ‘70 fueron de carácter descriptivo e hicieron parecer que todas las concepciones eran alternativas. En este sentido, uno de los principales debates que se han suscitado acerca de las concepciones se refiere a cómo deben ser consideradas: como ideas difusas, “fragmentarias”, simples abstracciones de ideas comunes, o integradas en estructuras como sostienen muchos autores (Carretero et al., 1997). La bibliografía nos muestra que diversos autores han centrado sus investigaciones en estas ideas o concepciones del alumnado, dado que son fuentes de valiosa información para quienes orientan sus estudios hacia la búsqueda de explicaciones a los problemas de aprendizaje con el objeto de reorientar la enseñanza en este sentido.

Debido a que en las últimas cuatro décadas fueron cambiando las denominaciones y los significados para referirse a las ideas de los alumnos, mientras que paralelamente variaban también las teorizaciones sobre su estatus epistemológico, en este estudio se las considerará en los términos de Giordan y De Vecchi (1988), quienes prefieren llamarlas concepciones, refiriéndose a ellas como “un conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden para razonar frente a situaciones problema” (p.91).

Pero si bien existen numerosos trabajos (Driver y Erickson, 1983; García Hourcade y Rodríguez de Avila, 1988; Oliva Martínez, 1996; Pinto, Aliberas y Gómez., 1996; Pozo, 1999 a y b; Pozo y Rodrigo, 2001), que informan sobre las concepciones de los alumnos sobre variados tópicos en los distintos niveles de enseñanza, la mayoría se enfocan en el nivel secundario y, en menor cantidad, se han centrado en el nivel universitario. En concordancia con Crocco, Estrabu, Sosa, Almirón y López (2004), conocer y considerar las concepciones de los alumnos tiene gran relevancia en el futuro proceso de aprendizaje por parte de quienes ingresan a carreras relacionadas a las Ciencias Naturales.

Sin embargo, la resistencia al cambio característica de las concepciones, develó la existencia de atributos o propiedades de las mismas, los cuales permiten la interacción de las personas con la realidad. Surge así uno de los conceptos más fructíferos en el plano didáctico, atendiendo a lo que el alumno ya sabe desde una perspectiva más cognitiva: *las representaciones*. “Hoy se asume que no aprehendemos el mundo directamente, sino que lo hacemos a partir de las representaciones que de ese mundo construimos en nuestras mentes” (Moreira, Greca y Rodriguez Palmero, 2002, p. 38). Pero dado que lo que un sujeto construye en su mente no se ve, su análisis se hace complejo; sin embargo, una línea de investigación que ha permitido la comprensión de este proceso, es la del concepto de *modelo*, dado que permite una aproximación al estudio de las representaciones.

Los Modelos expresados como forma de estudiar las representaciones

Concepto de modelo

Las concepciones de las que se valen los individuos para interactuar con la realidad, han sido profundamente estudiadas, demostrándose su papel central en los aprendizajes. Las mismas surgieron y fueron objeto de investigación en el campo de la Didáctica; pero pese a su indudable importancia, en el proceso de aprendizaje no solamente se ponen en juego las concepciones de quien aprende. La enseñanza de las Ciencias Naturales (en adelante, en

varias partes del texto, referiremos a ella como enseñanza de las ciencias) supone recurrir a diversas herramientas, entre las que se destaca el uso de modelos explicativos (constructo que surge en el campo de la Psicología Cognitiva), desde diversos enfoques o perspectivas. Un modelo puede definirse como una representación simplificada de un sistema (Ingham y Gilbert, 1991) con la atención puesta en un aspecto del mismo. Entre sus beneficios se puede citar que posibilita que se visualicen aspectos específicos del sistema en cuestión y omitir otros. Los aspectos en los que se focaliza la atención pueden ser abstracciones, eventos, objetos, ideas de distinto nivel de complejidad. Brown y Clement (1989) indican que agregan estructura, complejidad y también un nivel de explicación que no es inherente en sí mismo al fenómeno que se describe. Como reportan distintos autores, los modelos desempeñan un importante papel en la construcción del conocimiento científico (Gentner y Wolff, 2000; Gilbert, J, Boulter y Rutherford, M., 2000; Markman y Gentner, 2001; Ogborn y Martins, 1996; entre otros). Para Gilbert, Boulter y Rutherford (2000), los modelos representan el centro o núcleo de la empresa científica; este papel ha sido destacado también indicando que la ciencia es un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos.

Como se anticipó, el significado de *Modelo* depende de los enfoques, perspectivas o lineamientos teóricos que se sigan; así lo señala Gutiérrez (2005), quien advierte que el término modelo se utiliza en la literatura correspondiente a la Didáctica de las Ciencias de modo genérico, cargado de polisemia, lo cual no permite reconocer lo genuino del término. Esto probablemente se deba a los distintos planteos teóricos sobre el tema, debates que exceden a este estudio, pero que resulta atinado mencionar. En este sentido, la polémica o foco de discusión sobre las representaciones mentales en la Psicología Cognitiva se ha centrado en la cuestión de las representaciones analógicas (las Imágenes) y las representaciones proposicionales (las Proposiciones); pero existe una tercera forma de constructo representacional, una síntesis, los Modelos Mentales, que propuso Johnson Laird en 1983 (Moreira, 1996). Para Moreira et al. (2002), entre las diversas formas representacionales que propone la Psicología Cognitiva, este es uno de los constructos que ha recibido mayor atención por parte de la investigación en enseñanza de las ciencias; bajo esta mirada, las proposiciones son representaciones de significados, abstraídas y que pueden expresarse verbalmente; en cambio, las imágenes son representaciones bastante específicas que retienen aspectos perceptivos de objetos o eventos considerados desde un punto de vista particular. Los mismos autores indica que para Johnson Laird los Modelos Mentales son representaciones analógicas, abstraídas de conceptos, objetos o eventos que son análogos a

impresiones sensoriales, y que en general, no retienen aspectos distintivos de una instancia dada de un objeto o evento.

Entonces, si el conocimiento de la mente consiste en representaciones mentales o representaciones internas un ejemplo clarificador (que permite distinguir entre Proposición, Imagen y Modelo Mental), es el señalado por Moreira (1996), que se presenta en la Figura 1. Sin embargo, advierte que para Johnson Laird, la posesión de una imagen no supone la construcción de un Modelo Mental explicativo y predictivo del que deriva; al respecto señala un ejemplo cercano al campo de estudio de este trabajo: el concepto “célula”, del cual muchos estudiantes tienen una imagen estática de tipo “huevo frito”. Para el autor, la misma opera de manera aislada, proposicionalmente, pero sin que se le atribuya ningún sentido o significado, es decir que la posesión de esta imagen de “célula”, no supone la construcción de un Modelo Mental subyacente como análogo de lo que en realidad la célula representa desde el punto de vista conceptual; para Moreira (1996), “Los Modelos Mentales están en las cabezas de las personas” (p. 223).



Figura 1. Diagrama que muestra las diferentes formas de representación de una situación o caso concreto señalado por Moreira (1996) y que permite distinguir entre Proposición, Imagen y Modelo Mental.

Otra acepción presente en la literatura didáctica y que da cuenta de la diversidad de comprensiones del término es la siguiente: “Aprender acerca de algo, llegar a comprenderlo, es, en el modo de hablar normalmente de la ciencia cognitiva, construir un modelo mental” (Gutiérrez, 1996, p.75). Tal vez una definición clarificadora sea la apuntada por Gutiérrez (2005), citando a Gilbert et al. (2000): “Un modelo mental es una representación cognitiva privada y personal. La forma un individuo, bien por sí mismo, o cuando está en grupo” (p.217). Para esta autora, interesa distinguir entre Modelo y Modelo Mental con el objeto de

evitar posibles confusiones. Así, un modelo “Es la representación de una idea, objeto, suceso o sistema”; en cambio los Modelos Mentales “Son representaciones cognitivas internas que se utilizan para razonar acerca de los fenómenos, y para describir, explicar, predecir y, a veces, controlarlos” (Gutiérrez, 2005, p. 218). En esta línea, en una revisión bibliográfica realizada por Krapas, Queiroz, Colinvaux y Franco (1997), se destaca el aumento en el uso del término modelo, atendiendo a que si bien la idea o constructo modelo mental es propio de la ciencia cognitiva, el concepto se vuelve central en las investigaciones a partir de dos contribuciones publicadas en el mismo año por Gentner y Stevens (1983) y Johnson-Laird (1983). Como consecuencia de las mismas se comienza a valorar a los modelos mentales respecto a la construcción del conocimiento científico y el uso que hacen los individuos de los mismos en este sentido. Entonces los modelos no solo deben ser considerados como productos de la ciencia, sino también como herramientas para el aprendizaje y la enseñanza (Gilbert, 2002). Por ello “Conocer cómo las personas representan internamente el mundo en que viven resulta esencial tanto para saber lo que es la cognición como para la elaboración de estrategias instruccionales que faciliten el aprendizaje” (Greca y Moreira, 1998, p.289).

Tipos de modelos

Una revisión de la bibliografía existente sobre el tema demuestra que existen diversidad de tipos de modelos según el criterio de diversos autores; así lo señala Gallarreta (2003a), quien refiere que en la literatura pertinente se pueden reconocer distintos tipos de modelos, identificando los siguientes:

- Modelos mentales: Son los que permiten a los individuos conocer, controlar y hacer predicciones acerca de eventos del mundo.
- Modelos expresados: Son representaciones externas de un concepto que se generaron a partir de un modelo mental; las mismas se expresan mediante diferentes modos de representación como una acción, discurso, descripción escrita, etc.
- Modelos consensuados: Estos corresponden a modelos expresados que fueron desarrollados y acordados entre los miembros de una comunidad en particular, como por ejemplo, la comunidad científica.
- Modelos de enseñanza: Son aquellos que diseñan y utilizan los docentes con el objeto de favorecer la comprensión de un sistema específico. Krapas et al. (1997) se refieren a ellos como modelos pedagógicos; para ellos estos modelos incluyen los procesos de transposición didáctica (Chevallard, 1997/2005), o sea los mecanismos que permiten transformar el conocimiento científico en conocimiento escolar.

Otro tipo de modelos son los modelos de sentido común o folk (esquemas, guiones, teorías o modelos folk, entre otras denominaciones), que son teorías informales que nos permiten construir nuestro pensamiento clasificando y ordenando nuestras experiencias cotidianas; son modelos compartidos en la sociedad resultando comunes a determinados grupos sociales, permitiendo interpretar las acciones de otras personas y decidir sobre las nuestras. Sin embargo suelen contrastar con otros modelos de tipo más especializado como los científicos. Al respecto Moore y Narciso Sánchez (2011), señalan:

Una de las diferencias principales en este sentido es que aunque podamos utilizar un modelo folk para cumplir con nuestros propósitos, no podemos describirlo. Lo anterior parece indicar que se trata de un conocimiento procedimental más que uno declarativo; es decir, el sujeto se centra en cómo hacer las cosas y no en saber cómo funcionan u operan (p.1199).

Esta variedad de tipos de modelos, si bien no agota los existentes en la literatura, deja evidencia que este es un campo complejo para la Investigación en Educación en Ciencias.

Concepto de representación

Es preciso señalar que lo mismo que sucede con el término modelo ocurre con el concepto *Representación*, es decir, su significado depende del marco teórico sobre el que se base; así lo deja expresado Otero (1999) cuando señala que:

Con respecto a las representaciones, proliferan una variedad de constructos que responden a diferentes abordajes teóricos de mayor o menor envergadura. Según Riviére (1987) la Psicología Cognitiva refiere sus explicaciones a constructos de naturaleza mental que tienen un nivel de discurso propio, en el que podrían incluirse, las operaciones y estructuras de las que nos hablan los miembros de la Escuela de Ginebra, las representaciones proposicionales de Physylyn, las imágenes mentales de Kosslyn o Shepard, los esquemas de Rumelhart, los scripts de Chunk y Abelson, los sistemas de producción de Anderson, los modelos mentales de Johnson-Laird, las representaciones de nivel implícito y explícito de Karmiloff-Smith, las representaciones icónicas y simbólicas de Bruner, los subsumidores de Ausubel y los signos e instrumentos de Vigotsky (p. 95)

De acuerdo a los conceptos que se desarrollaron, un modelo es una versión de un original, es decir que deriva o que representa algo del mismo, "...una representación concreta de alguna cosa" (Justi, 2006, p.175); dicha representación resulta en una versión idealizada o forma de aproximarse esquemáticamente a un sistema o campo de estudio.

En consecuencia, no representa exactamente la realidad sino algunos de sus aspectos más relevantes, por lo tanto el modelo resulta incompleto; las representaciones serían entonces, la expresión de los modelos mentales. En términos de Pesa, Ruiz Danegger y del Valle Bravo (2002), las representaciones son constructos por medio de los cuales “se da cuenta de las construcciones mentales a través de las cuales las personas captan el mundo” (p. 58). Buckley (2000), concibe representación como representación externa de conceptos, ideas, sistemas u objetos, en tanto que para Einseck y Keane (1991), una representación es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que "re - presenta" alguna cosa para nosotros, en ausencia de esa cosa que es, típicamente, algún aspecto del mundo externo o de nuestro mundo interior, es decir, nuestra imaginación. En la misma línea, para Moreira y Greca (2004) la representación es algo que representa algo, que está en lugar de, que re-presenta, o sea, presenta otra vez alguna cosa para el sujeto. Cuando los individuos entran en interacción con determinados fenómenos o con objetos, realizan una construcción de los mismos; esta construcción es una representación, la cual reúne las principales características y atributos de dichos objetos o fenómenos. Esta representación puede ser utilizada en ausencia del objeto o fenómeno, es decir para referirse a ellos sin necesidad de su presencia física. En este sentido, Moreira et al. (2002) consideran:

Una representación es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa alguna cosa que es típicamente algún aspecto del mundo exterior o de nuestro mundo interior (o sea, de nuestra imaginación) en su ausencia. La palabra muñeca o el dibujo de una muñeca son representaciones externas que nos permiten evocar el objeto muñeca en su ausencia. Las representaciones mentales son representaciones internas. Son maneras de “representar” internamente (es decir, mentalmente), de volver a presentar en nuestras mentes, el mundo externo (p.39).

Es decir que los modelos son representaciones imaginarias de la realidad en forma simplificada.

Si tal como se enfatizó, los modelos expresados pueden considerarse representaciones externas de un concepto, que se generaron a partir de un modelo mental, entonces una representación se puede considerar como una expresión de un modelo mental, es decir, como modelos expresados (Gilbert et al., 2000). Es decir que para acceder a las representaciones internas de los sujetos, debemos valernos de las respuestas de estos ya que acudir a las mismas parece ser el único medio que nos permitiría estudiarlas.

Para comprender estas representaciones es necesario explicitarlas, y un camino para lograrlo es a través del lenguaje, ya que mediante este, el individuo da cuenta de su modo de ver el

entorno, de sus explicaciones sobre la realidad. Como sugieren Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales (2003), para conseguir la explicitación de las representaciones de los alumnos y poner en evidencia los obstáculos que pudieran existir, es necesaria la acción mediadora del docente que debe generar mediante intervenciones adecuadas, situaciones que favorezcan la expresión de las citadas representaciones.

Lo que antecede, pretendió esclarecer terminologías ampliamente utilizada en el campo de la enseñanza de las ciencias, dado que, en el presente estudio se recurre a las representaciones externas para para caracterizar saberes y como manifestaciones de las representaciones internas de los sujetos, aun aceptando que la relación entre unas y otras no es del todo clara ni lineal; el centro de interés del mismo fue conocer como los futuros profesores de Ciencias Biológicas representan sus saberes sobre Genética, dado que comprender estas representaciones puede resultar útil para incidir positivamente en la formación del profesorado; en este sentido recurrir a distintos lenguajes para expresar las ideas sobre el tema, parece ser un camino que ofrece diversidad de información. Por esta razón, en el apartado que sigue, se intentará dilucidar entre los dos tipos de representaciones mencionadas, externas e internas, en función de los saberes específicos que se rastrean.

Tipos de representaciones. Representaciones externas e internas

Como se mencionó, en el proceso de aprendizaje no solamente se ponen en juego las concepciones de quien aprende sino que las mismas interactúan con las representaciones del sujeto de una manera dinámica; el concepto de representación, uno de los más fructíferos para la Didáctica de las Ciencias, primero recibió atención desde la psicología del aprendizaje asociándolo al campo mental, como representaciones internas, tal vez en el supuesto, como hipotetiza Pozo (2001), de que las representaciones externas resultan no problemáticas. Las representaciones externas, semióticas, es decir, aquellas producciones constituidas por el empleo de signos, eran en esa visión sólo un medio para que un individuo exteriorizara sus representaciones internas, haciéndolas así visibles o accesibles a otros. Además de aclarar su significado, como se hizo en los apartados anteriores, resulta pertinente profundizar en la distinción entre los dos tipos de representaciones mencionadas: las internas y las externas.

- Las representaciones internas, son las que genera la mente humana y a partir de las que se aprende, dado que, siguiendo a Greca (1999), los sujetos perciben, piensan y actúan sobre el mundo en base a las representaciones mentales que tienen sobre este.

- Las representaciones externas son representaciones generadas a través de un sistema de signos, es decir que son representaciones semióticas que pueden ser interpretadas por cualquier persona que pueda interpretar este sistema de signos (Duval, 1999).

Además, las representaciones externas son medios de representación visual y presentan un componente espacial con carácter permanente; son conscientes, están al alcance de la percepción, son observables y pueden ser expuestas públicamente. Esto significa que permiten observar el objeto a través de la percepción de un conjunto de estímulos que pueden ser trazos, sonidos, puntos, etc. Este conjunto de estímulos tiene un significado o valor en forma de esquemas, figuras o expresiones de diferente tipología (gráficas, lingüísticas, simbólicas, etc.). El interés secundario que por lo tanto recibieron, fue en tanto podían dar cuenta de las representaciones internas de los sujetos (Martí, 2003), como una vía de acceso a ellas (Figura 2), pero sin otorgarles un lugar central. Esto se debe a que los Modelos Mentales son constructos que se construyen en la memoria de trabajo y cuando son reforzados adquieren estabilidad, transformándose en representaciones más o menos estables, aunque siguen siendo modificables en función de nuevos aprendizajes.

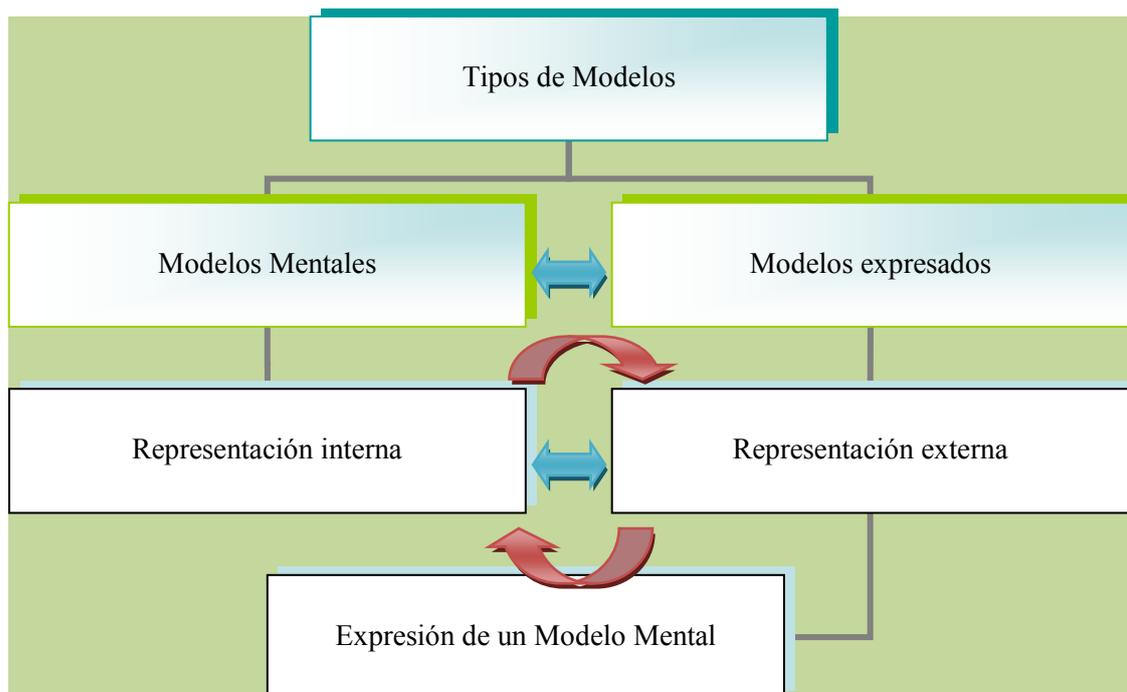


Figura 2. Relación entre representaciones externas e internas y entre representaciones externas y modelos expresados.

Sólo a partir de la difusión de la perspectiva teórica de Vygotsky (1978), que enfatiza la importancia de la mediación semiótica en la configuración de la mente humana, los sistemas

semióticos (como la escritura, las representaciones basadas en la imagen o los sistemas numéricos) han logrado la atención que se merecen en el campo de la Psicología. Tal vez su principal particularidad es que poseen una doble naturaleza; por una parte, son ostensibles, es decir que, a diferencia de las representaciones internas, son directamente perceptibles. Por otra parte, y a la vez, son objetos representacionales, remiten a otra realidad: el dibujo esquemático del corazón de un vertebrado es directamente perceptible, pero su sentido en el marco de la enseñanza es remitir a otra realidad, al órgano representado a través del dibujo. Pero estos modelos de esa realidad crean una nueva realidad, es decir que no son una traducción directa de esa “otra” realidad; esto posibilita reconocer el referente de determinada manera y también inferir informaciones nuevas. Si bien, como ya se señaló, la relación entre representaciones internas y externas dista aun de haber sido dilucidada, es posible afirmar que en el complejo fenómeno del aprendizaje ambas interactúan; respecto a esta interacción resultan pertinentes las palabras de Giordan (1989), “los conceptos son evolutivos, se remodelan constantemente: el «nuevo» conocimiento debe ser «integrado» a las estructuras preexistentes de que dispone cada persona” (p. 59). El autor indica que como resultado de la integración de nuevos elementos a los conocimientos anteriores, se genera una nueva red de ideas, con nuevas conexiones entre ellas ligeramente distinta de la anterior. Esta nueva información se incorpora a los conocimientos anteriores, los cuales suelen representar un obstáculo a su integración y para que esto suceda es necesaria una transformación intelectual (González Galli y Meinardi, 2017).

A los efectos de esta investigación, y siguiendo a Duval (1999), se valora las representaciones externas, ya que pueden ser expuestas públicamente y son observables, debido a que son generadas a través de un sistema de signos (son representaciones semióticas). Por esta causa pueden ser interpretadas por cualquier sujeto que conozca este sistema de signos. En cambio las representaciones internas no pueden ser expuestas públicamente, es decir que son de carácter privado. Este es por tanto el enfoque que nos conduce a argumentar en el sentido de reflejar la naturaleza de la relación entre representaciones internas y externas. En esta dirección, García García (2005), en concordancia con Duval (1999), señala que la producción de representaciones semióticas o externas (semiosis) depende de los signos (correspondientes a un sistema semiótico específico) que se hayan utilizado para generarlas. Para que una representación sea considerada como tal debe dar acceso al objeto representado; para esto debe disponer de dos sistemas semióticos diferentes, y se debe poder convertir las representaciones de un sistema semiótico a otro. Duval (1999) denomina noesis a las actividades cognitivas que lleva a cabo el sujeto, existiendo una relación entre noesis y

semiosis; según el autor para que exista noesis debe darse primero la semiosis, de aquí la relación entre representaciones internas (mentales) y representaciones externas (semióticas). Entonces, la construcción de representaciones externas es necesaria para que ocurra la construcción de representaciones internas; por ello la importancia de las representaciones externas o semióticas para que se produzcan verdaderos aprendizajes.

En relación a la mejora en los aprendizajes, es interesante apuntar el papel que juega para una mayor comprensión conceptual, la conversión entre representaciones o transformación externa de las representaciones; se trata de una transformación de una representación en otra, que se encuentra expresada en un sistema semiótico diferente. Esto significa que, además de producirse la conversión entre representaciones, también se produce un cambio de registro. Una operación de conversión, denominada ilustración, ocurre por ejemplo cuando se transforma un texto en una figura; otra conversión denominada descripción o interpretación se produce cuando una imagen se representa a través de un texto (García García, 2005.). El análisis respecto a la coherencia en el modo en que se vinculan las oraciones en un texto puede brindar información relevante relativa a las relaciones entre conceptos que establece el alumnado. Intentar reconstruir estas representaciones puede aportar datos que permitan acercarse a las mismas e interpretarlas de modo que resulten útiles en intervenciones didácticas posteriores.

Como se dijo, considerando que una de las áreas de interés en este trabajo de Tesis es explorar y analizar los saberes de los estudiantes, los cuales se entrelazan con las representaciones externas, resulta pertinente detenerse a considerar los aspectos más relevantes utilizados para caracterizarlas; para Martí y Pozo (2000), las características generales de los sistemas externos de representación son los siguientes: Los mismo son independientes de quien los creó o generó, es decir que pueden existir en ausencia de su creador, como un dibujo, un poema o un párrafo escrito en la página de un libro; esto las diferencia de los gestos o las frases que puede emitir un individuo a través del lenguaje gestual o hablado, donde si es necesaria la presencia del sujeto que las generó. Otra de sus propiedades es que son permanentes, ya que se encuentran registradas en algún tipo de estructura o soporte material, como puede ser una tela, un papel o una cinta de grabación. Esto permite su almacenamiento, o sea que sean guardadas por períodos extensos de tiempo. Por otra parte, presentan una disposición espacial, es decir que para ser registradas utilizan espacio o requieren de una organización espacial, la cual es diferente si se trata del espacio gráfico de la escritura, un dibujo, un mapa, una notación musical o numérica. Además, son sistemas organizados, ya que poseen una estructura característica y resultan un aporte valioso

al desarrollo de la cultura. Son de naturaleza dual, dado que son al mismo tiempo, objetos y modelos representacionales; por un lado son objetos, ya que tienen características espaciales definidas, se perciben y manipulan; por otro, son modelos porque remiten a realidades diferentes a si mismos. Otra de sus características es que pueden ser afectados por otros sistemas de representación externa, influyendo sobre ellos e interactuando en su interpretación y comprensión. Finalmente, los sistemas externos de representación pueden ser utilizados para el logro de ciertos objetivos, como la explicación o solución a nuevos problemas, para almacenar información, transformarla, etc.

Respecto a las clases o tipos de representaciones externas, Martí y Pozo (2000) las clasifican en representaciones externas permanentes y no permanentes. Las representaciones externas permanentes son aquellas que pueden ser percibidas o captadas directamente; su característica más notoria es que no se pueden conservar, como es el caso del lenguaje gestual o de signos y el lenguaje hablado (sin intermediar grabaciones o filmaciones). En cambio, las representaciones externas no permanentes, son denominadas así porque se pueden conservar, tal es el caso de los textos escritos, las ilustraciones, mapas, etc; para ello es necesario algún tipo de soporte para el registro, como puede ser papel, tela, etc.

En el sentido que le dan Lombardi, Caballero y Moreira (2009), las representaciones externas “son notaciones, signos o conjuntos de símbolos que nos vuelven a presentar un aspecto del mundo externo en su ausencia” (p.155); los autores señalan la existencia de dos tipos de representaciones externas, (1) las lingüísticas, también llamadas textuales, y (2) las pictóricas o no textuales. Refieren que las representaciones lingüísticas son de tipo simbólico y se caracterizan porque la relación entre el signo lingüístico y lo que este representa es arbitraria; en cambio las representaciones pictóricas tienen una estructura que se parece a la del mundo que representa, es decir que son analógicas. Estos autores identifican dos grupos de representaciones pictóricas:

- a) Las que son análogas al modelo conceptual que representa (como por ejemplo, la representación de átomos con esferas).
- b) Aquellas en las que la relación representado-representante es arbitraria (como los gráficos cartesianos, donde las relaciones están mediadas por el lenguaje matemático) y donde el grado de abstracción es mayor.

Siguiendo esta línea, Maturano, Aguilar y Núñez (2009a), señalan que las representaciones externas:

...están expresadas en diversos sistemas de signos y símbolos, es decir, en distintos registros semióticos. En las Ciencias Naturales estos registros frecuentemente son enunciados, diagramas, ilustraciones, gráficas cartesianas, ecuaciones, etc. En ellas, los estímulos visuales, textuales y/o gráficos son significantes que dotan de sentido al objeto representado (p. 64).

En la línea de Duval (1999), las autoras indican que existen tres actividades cognitivas relacionadas con las representaciones externas, las cuales deben desarrollarse para que se produzca la comprensión de un tema; estas son la formación de representaciones, el tratamiento de las representaciones y la conversión de las representaciones.

Formación de representaciones. Cuando se forma una representación semiótica, se realiza una selección de signos y caracteres que representan las principales características del objeto; esta representación, en ausencia del objeto, reemplaza la imagen percibida del mismo (el nombre que se le asigna o una imagen esquemática del mismo, por ejemplo).

Tratamiento de las representaciones. Se refiere a la transformación de una representación en otra utilizando el mismo sistema de signos, es decir sin cambiar de sistema semiótico. Son ejemplos de tratamiento de representaciones cuando se transforma una expresión lingüística en otra, o cuando se da respuesta a una pregunta o a un problema.

Conversión de las representaciones. Como ya se apuntó, se habla de conversión cuando se produce la transformación de una representación en otra utilizando un sistema de signos diferente, es decir cambiando de sistema semiótico. Por ejemplo, cuando se describe un gráfico cartesiano a través de un texto; también cuando un texto o contenido lingüístico se convierte en un esquema o figura.

Reflexiones y cuestionamientos a considerar para rastrear saberes sobre Genética

Como se ha señalado, los conocimientos previos y las representaciones juegan un papel importante en el aprendizaje de los estudiantes, en función de lo cual, la bibliografía consultada que se expone en el resto del Marco Teórico, pone en evidencia ciertas características y dificultades asociadas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de tópicos estructurantes en el campo de la Biología, referidos a los fundamentos de la Genética; así, se han generado interrogantes relacionados a las causas subyacentes a estos aprendizajes, sus modalidades de enseñanza y los rasgos distintivos de la transposición didáctica de contenidos genéticos. Dentro de esta problemática y considerando que los sujetos construyen modelos mentales, la cuestión o punto clave es determinar cuáles son los modos de representación que los estudiantes manejan o utilizan, ya sea mediante la percepción o por medio del procesamiento de la información a la que tienen acceso. Otro cuestionamiento

central es el relativo al modo en que podemos lograr conocer las características de estos saberes y su progresión. Si nos centramos en los temas que son objeto de esta investigación, estos resultan contenidos complejos y de difícil comprensión para los alumnos. Las representaciones que manejan los alumnos no suelen responder o coincidir con los conocimientos científicos aceptados; ello tiene implicancias en la consecución de los saberes que construyen y repercute en la comprensión y en los modos de entender principios unificadores de la Biología como la reproducción, la herencia y la evolución. En concordancia con esto, como el aprendizaje es un hecho interno (mental), que involucra procesos donde la persona construye conocimientos, Diez de Tancredi y Caballero (2004) sostienen que para favorecerlos, es importante considerar el uso de imágenes externas en la enseñanza. En ese sentido, las autoras afirman que para tratar de lograr el aprendizaje se requiere conocer cómo las personas re-presentan (vuelven a presentar) internamente el mundo externo, y cómo representan las informaciones que reciben. Para ellas, sobre la base de un enfoque cognitivo, se considera a las representaciones externas o imágenes externas como elementos importantes de representaciones mentales (internas), mediadoras en el aprendizaje significativo de conceptos. Los estudios analizados para la construcción de este marco teórico, constituyen una muestra de la bibliografía existente al respecto, pero en todos ellos resulta evidente que la tendencia de estas investigaciones se orienta a atender a la naturaleza de las representaciones, con un enfoque puesto en la manera en que se organizan y los procesos de cambio que estas requieren (Aguilera, Boatto, Rapetti y Vélez, 2011; Greca y Moreira, 2000; Pesa et al., 2002; Pozo y Rodrigo, 2001). Por esta razón, a los fines de este trabajo, se consideró adecuado recurrir a las mismas como medio de rastrear los saberes logrados por los futuros profesores de Ciencias Biológicas sobre algunos conceptos centrales del campo de la Genética, para encontrar respuestas a preguntas como ¿Qué es lo que el estudiante sabe sobre estos temas? ¿Cuáles son sus características?, ¿Cómo se estructura esa información en los libros de texto o manuales universitarios a los que acuden estos alumnos? ¿Cuáles son los patrones comunes, si es que existen, entre los saberes de los futuros docentes y los datos aportados por el estudio de la bibliografía específica? Las respuestas a estos cuestionamientos, entre otros aportes, proporcionó indicios sobre la tipología de los saberes del alumnado y las cualidades de los textos, y dio además, indicativos respecto a la influencia de los libros de texto utilizados en la enseñanza universitaria sobre la formación de saberes de los estudiantes universitarios.

Transposición didáctica

La indagación acerca de la progresión de los saberes sobre ciertos conceptos de Genética de los futuros profesores de Ciencias Biológicas y el estudio de los libros de texto de referencia sobre el tema, conducen al análisis del concepto de Transposición Didáctica, noción que surgió en el ámbito de la didáctica de la matemática, donde se desarrolló inicialmente, produciéndose luego su emergencia y difusión hacia otras disciplinas y su didáctica. Como señala Gómez Mendoza (2005) al realizar un recorrido por la historia del concepto, el uso del término se atribuye a Michael Verret, quien en 1975 publica su trabajo de tesis de doctorado en el campo de la sociología, y alude en su página 139 a la didáctica como “la transmisión de aquellos que saben a aquellos que no saben. De aquellos que han aprendido a aquellos que aprenden”. Esto implica la previa transformación del objeto de enseñanza, en el que se privilegia el logro, la continuidad y la síntesis, es decir que se transmiten a los alumnos los logros o éxitos de las investigaciones a través del tiempo, obviando sus interrupciones, fracasos y reinicios. Por otra parte, Verret, opinaba que fraccionar un concepto y enseñarlo acrecentando su complejidad en forma progresiva de acuerdo al trayecto académico del alumno, permitiría que el mismo lo reconstruya luego de modo análogo al planteado científicamente (Johsua y Dupin, 1993; Solarte, 2006).

Continuando con el desarrollo histórico del término, Gomez Mendoza (2005) destaca que en 1985, Chevallard, didacta francés vinculado al campo de la didáctica de la matemática, toma las ideas abiertas por Verret y las amplía, integrando a la discusión el “sistema didáctico”, conformado por el docente, los alumnos y un determinado saber, entre los cuales se establece una relación ternaria o “relación didáctica” (Figura 3).

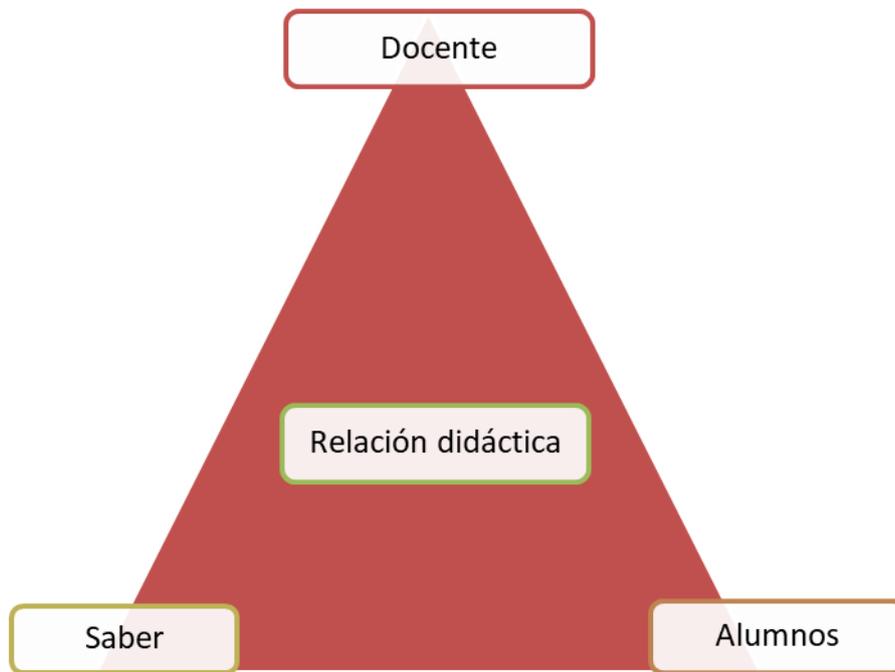


Figura 3. Sistema Didáctico conformado por el docente, los alumnos y un determinado saber, entre los cuales se establece una relación ternaria o relación didáctica

La tarea de enseñanza de contenidos disciplinares como son los conceptos básicos de genética, que son de naturaleza compleja y resultan de difícil comprensión, enfrenta al profesorado con el problema y la tarea de transponerlos en distintos formatos y para diferentes niveles. Implica además una negociación entre los actores que se concreta en forma de un contrato didáctico, en el cual está implícito y determina el proceso de evaluación o el tipo de evaluación (Figura 4). Es decir que el sistema didáctico y las relaciones que se establecen entre sus integrantes lo vuelven una trama, en la cual se producen varios pasajes o transformaciones: el paso del saber sabio o erudito al saber a enseñar; luego el del saber a enseñar al saber enseñado y posteriormente el saber enseñado se transforma en saber escolar y en saber del alumno.

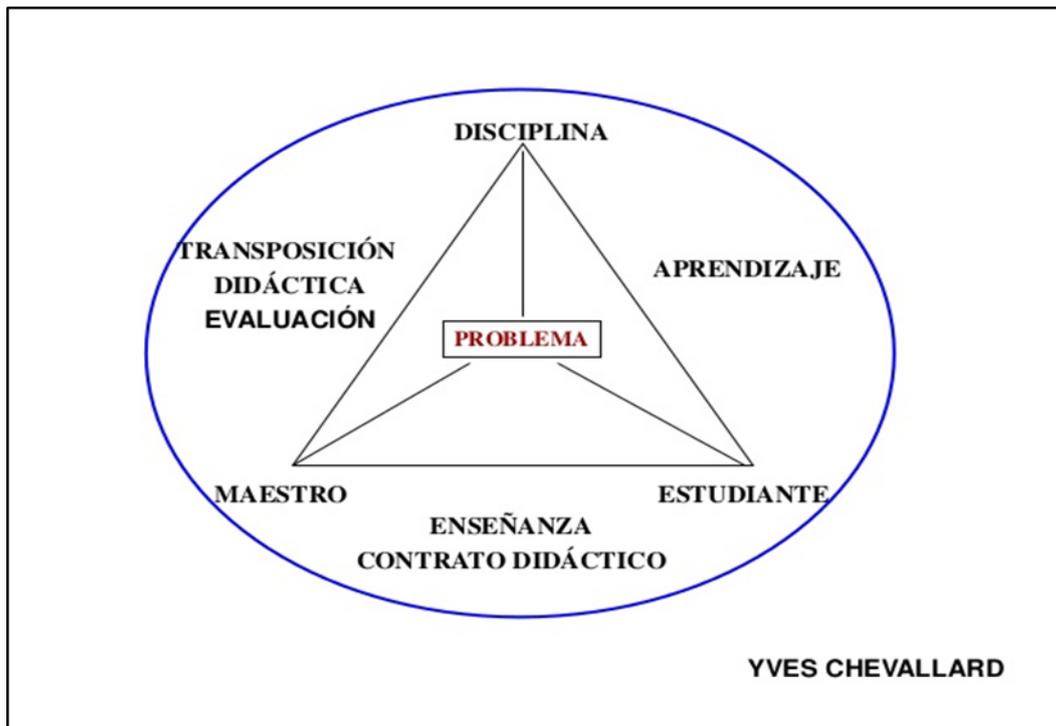


Figura 4. Contrato Didáctico según Chevallard (1997).

Importa aquí el Saber (desde la relevancia del término), la relación con el saber y el paso del saber sabio al saber enseñado; la transposición didáctica entonces, se produce cuando un objeto de saber a enseñar es transformado en un objeto de enseñanza, proceso que significa una reconstrucción y como resultado, una consecuente distancia entre ellos (Figura 5). La distancia existente entre ambos saberes es causada por las diferentes transformaciones que se llevan a cabo a los efectos de volver accesible un objeto de saber a un determinado nivel de enseñanza.



Figura 5. Transposición didáctica que se produce cuando un objeto de saber a enseñar es transformado en un objeto de enseñanza.

En su análisis, Gomez Mendoza (2005) avanza y amplía la noción de sistema didáctico atento a la mirada de Chevallard; este lo vincula al programa de una asignatura (el saber a enseñar) en el seno de un ambiente determinado que se encuentra compuesto por el sistema de enseñanza, quien a su vez, se haya inserto en un sistema configurado por padres, políticos, científicos, medios de comunicación y población en general; es decir, la sociedad. Chevallard (2005) identifica como Noósfera al sistema que piensa el funcionamiento didáctico y que se halla integrado por representantes del sistema de enseñanza y de la sociedad (Figura 6).

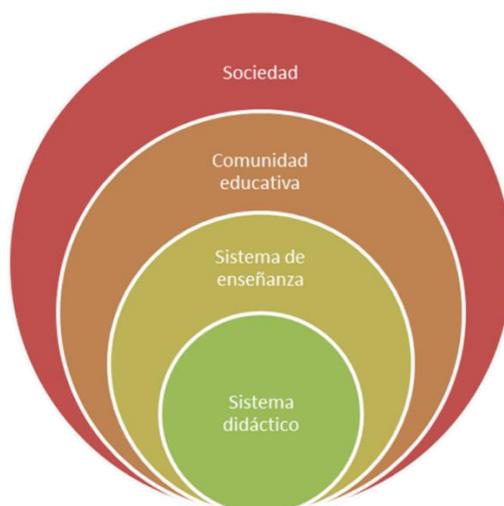


Figura 6. Sistema didáctico inmerso en el sistema de enseñanza y en la sociedad

Gómez Mendoza (2005) y Ramirez Bravo (2005) advierten sobre ciertos límites en relación a la Transposición Didáctica que fueron mencionados por Verret y Chevallard; estos son la desincretización (descontextualización y recontextualización o reordenamiento del saber), la despersonalización (separación del saber enseñado de la persona que lo generó y del saber científico que proviene), la programabilidad de la adquisición del saber (administración de los contenidos, su progresión y tiempos de distribución), la publicidad (promoción de los saberes a enseñar mediante diseños curriculares, libros de texto y materiales escolares en general) y el control social de los aprendizajes (revisión de la efectividad de lo programado para la adquisición del conocimiento). Estos límites son satisfechos, según la mirada de Chevallard por un “arreglo didáctico” llamado “poner en textos del saber” o textualización. Esto, adaptado al campo de la Biología, podría darse del modo siguiente: Los investigadores de un área de la Genética, que trabajan desde hace varios años sobre un tema en particular publican sus avances en revistas científicas de la especialidad, comunicándolos así a toda la comunidad científica y en particular a los genetistas; pasa de este modo desde su autor hacia la comunidad de la cual forma parte, ingresando y circulando en ella, quien además, la legitima como saber erudito. Así ese determinado saber propio de la Genética se descontextualiza y despersonaliza, dándose a conocer en un determinado ámbito; sin embargo, las nuevas generaciones deben tener acceso a dicho conocimiento científico, y esto se logra mediante la educación, finalidad que requiere volverlo apto como objeto de enseñanza, para lo que deben realizarse nuevas interpretaciones de ese conocimiento. Para ello, la *noósfera* selecciona aquellos saberes que considera deberían ser enseñados a los estudiantes de un determinado nivel educativo, es decir que se decide cuáles serán los objetos de saber a enseñar y que parte de ellos es de interés o útil para la sociedad; luego estos son ingresados a los currículos de cada jurisdicción en los cuales además se definen ciertas líneas a seguir en cuanto a los abordajes, alcances y profundidad con que se desarrollarán las temáticas que forman parte de ese saber a enseñar. Y aquí cobran dimensión dos aspectos que resultan relevantes en el marco de este trabajo de Tesis: la textualización de los saberes (es decir, los saberes “puestos en textos”) y el docente (sus saberes sobre un tema, su relación con el mismo y sus criterios para administrarlos, etc). Necesariamente, estos saberes deben ser transformados, de modo que ese conocimiento genético sea pasible de ser enseñado en un determinado nivel educativo, ya sea que se trate de la educación primaria, secundaria o superior. Una vez ingresados a los currículos respectivos, los objetos de saber son adaptados para ser enseñados a los destinatarios de cada nivel de enseñanza; ello ocurre a través de la textualización de estos saberes, lo que da origen a los manuales, libros de texto,

enciclopedias, libros escolares, en los cuales se escriben nuevamente y de otro modo, los desarrollos teóricos y definiciones, entre otras modificaciones, con la intención de volver comprensible ese saber para los alumnos. Y en este punto, señala Gomez Mendoza (2005), Chevallard alerta sobre una cuestión clave en relación al papel que juega el profesor, dado que debe preguntarse sobre su relación con el saber erudito y con el saber a enseñar; esto es importante ya que el docente es quien debe gestionar la inserción del saber a enseñar en el ámbito escolar; para ello, el docente recontextualiza y personaliza el saber con la intención puesta en que los estudiantes lo hagan propio. Entonces, el docente es el sujeto que participa directamente en la transformación del objeto a enseñar en objeto enseñado. Finalmente se produce otra transformación del saber que es propia de los estudiantes, que ocurre cuando el saber enseñado se transforma en saber del alumno.

En definitiva, la Transposición Didáctica alude al sistema de transformaciones que se producen sobre un saber con el objeto de ser enseñado, es decir, al proceso que transforma a un objeto de saber en un objeto de enseñanza.

A diferencia de un modelo científico, que se asienta sobre una determinada teoría, formada por una serie de conceptos relacionados entre sí, otorgándole globalidad, en el sistema de enseñanza se debe recurrir a través de diferentes modelos pedagógicos, a fragmentar un concepto para enseñarlo en forma gradual ampliando su complejidad progresivamente, de acuerdo al nivel educativo; la intención última es que el estudiante pueda reorganizarlo y arribar luego a un modelo lo más semejante posible al modelo científico original. En este ámbito, y como sostiene Solarte (2006), la transposición didáctica se da en dos niveles; por un lado, los conceptos científicos que se presentan en los textos, no son más que la consecuencia de la transposición didáctica realizada. Este es el primer nivel de adaptación. Por otra parte está la adecuación que realiza el docente para llevar ese saber al aula y hacerlo asequible para sus alumnos; este es el segundo nivel. Una situación que puede darse, a raíz de estos dos niveles de adaptación, es la de encontrar una relación entre los modos de abordaje en los textos y los discursos docentes; así lo documenta Vizcaíno (2016), quien realizó una investigación acerca de la relación entre contenidos de física y matemática que se presenta en los libros y los discursos docentes. Este estudio le permitió observar que los tipos de discurso de los profesores de física se hallaban en la misma línea que los modos en que los textos exponen esta articulación, por lo que parecen estar influidos por estos tipos de materiales.

En el caso de la enseñanza superior, especialmente la universitaria, podrían señalarse algunas de sus particulares características. Una de ellas es que si bien existe una tradición del docente universitario como transmisor de contenido o de saber sabio, esta práctica profesional se

asocia además (o debería asociarse) a un conocimiento en didáctica, que se vincula con el método de enseñanza utilizado y con las características del saber enseñado en este ámbito. Podría pensarse, siguiendo a Grisales Franco y González Agudelo (2009) en la fusión entre el saber sabio y el saber enseñado, en su comprensión e interpretación para lograr la traducción de conocimientos como un modo de integrar contenidos del saber y métodos de enseñanza en las prácticas docentes del profesor universitario. Estas nuevas posturas, revelan alternativas diferentes como la que formulan Villalobos Claveria y Hermosilla (2016) cuando afirman que:

...el paradigma de la Transposición didáctica permite mirar y evaluar la docencia universitaria como un campo de experimentación didáctica, cuyos resultados y evidencias pueden ser útiles en el diseño de un posterior modelo de formación docente, como también la formación de nuevos trabajadores de esta sociedad del conocimiento (p.1296).

Es preciso destacar además, que si bien los saberes sabios se generan en la comunidad científica, en el ámbito universitario circulan y se entrecruzan diferentes saberes: saberes sabios, saberes por enseñar, saberes enseñados, saberes por aprender y saberes aprendidos.

Por otra parte, en general algunos conceptos y enunciados del lenguaje científico son representados mediante símbolos y signos específicos, algunos de los cuales suelen conocerse en el lenguaje común o cotidiano pero con otro significado al que se le atribuye en el lenguaje científico. Esta diferencia de acepción requiere que, para lograr comprender el lenguaje científico basado en símbolos, el estudiante deba realizar la traducción de los mismos desde su lenguaje cotidiano; así lo simbólico se cargará del significado propio de la disciplina en cuestión (González Agudelo y Díaz Hernández, 2008). Siguiendo a estas autoras, y adaptando sus ideas a la formación del profesorado universitario en Ciencias Biológicas, este se muestra como un campo apto para realizar investigaciones que permitan vislumbrar al menos algunos aspectos coligados a la transposición didáctica, que aquí se vuelve más compleja; no se trata sólo de conocer los ejes vertebradores de la Biología, sino también de pensar los modos de llevar esos saberes a una clase, de que ese saber por enseñar resulte en un saber enseñado y en un saber por aprender.

Se trata también de comprender que:

...un acto de enseñanza no implica automáticamente uno de aprendizaje; por tanto, el profesor solo posibilita el aprendizaje, el saber está ahí, lo que Chevallard, denomina saber por aprender, lo evaluable, pero el saber aprendido solo el alumno, en su proceso de formación autónomo, podrá dar cuenta de ello, en su proceso de autoevaluación (González Agudelo y Díaz Hernández, 2008, p.86-87)

Por otra parte es de interés atender a Grisales Franco y González Agudelo (2009) cuando señalan que los profesores universitarios no deben enseñar solamente un contenido de una disciplina sino que deben centrarse en enseñar “formas de pensamiento a través de ese contenido” ; de este modo, el docente cumpliría con un doble rol, como docente (percibiendo tanto el sentido como la lógica de la ciencia que debe enseñar o que enseña, de modo de convertirlo luego en un saber enseñado) y como investigador (generando conocimiento en un determinado campo del saber). En este sentido las autoras se preguntan “¿será que la capacidad del docente de preguntarse y preguntar se constituye en una mediación para traducir el saber sabio al saber enseñado con fines formativos en la educación superior?” (p.85). Estas reflexiones y cuestionamientos están alineadas con la visión de De Longhi (2014), quien plantea que el conocimiento didáctico del profesor actúa como “una bisagra” (De Longhi, 2013) donde se movilizan al mismo tiempo distintos saberes teóricos o de la experiencia y acciones que se vinculan a las demandas de una determinada práctica que debe llevar a cabo. Para esta autora, las diversas acciones y actividades que un profesor o maestro lleva adelante en el aula de clase, aunque no estén explicitadas, se encuentran insertas en una propuesta didáctica, que a su vez, está imbuida por el conocimiento didáctico y profesional del docente; según su mirada, los conocimientos del docente se construyen en forma continua durante el trayecto formativo y desde la propia experiencia. Como señala Shulman (1986a), para que un contenido sea posible de ser enseñado, no basta sólo con conocer la disciplina, sino que requiere de otro conjunto de saberes asociados a su secuenciación, a la propuesta de actividades pertinentes, al uso de ilustraciones, analogías u otros recursos adecuados; también a considerar aspectos “que no se observan” como las concepciones de los estudiantes, sus representaciones sobre un concepto, entre otros, que pueden influir en los aprendizajes, incluso en la enseñanza superior (Michelini et al., 2013).

Es importante entonces pensar en lo que un docente o futuro docente puede hacer con un concepto, con la información comprendida en un texto o con un contenido disciplinar complejo con el objeto de transponerlo didácticamente, cuáles son los criterios y finalidades que prioriza para que sea convertida en un contenido educativo que pueda ser entendido por

sus alumnos (Chevallard, 1997; De Longhi, 2013, 2014; Gómez Mendoza, 2005; Shulman, 1986b). En este sentido, una de las fuentes de conocimiento de los futuros graduados y graduados son los libros de texto, y en el caso de los docentes en formación, resultan de importancia los aportes de los referentes bibliográficos, no solo para la consecución de sus aprendizajes sino también como sitios de consulta, para la búsqueda de actividades, ejemplos, ilustraciones, problemas, imágenes, etc.; a partir de ellos, los estudiantes de profesorado y los profesores en ejercicio construirán nuevas explicaciones sobre un tema, que probablemente estarán impregnados por las modalidades de abordaje de estos materiales de enseñanza y de aprendizaje.

En el desarrollo de la Segunda Sección del Marco Teórico se muestra que sobre la formación del profesorado inciden múltiples factores que, de un modo u otro, colaboran y determinan parte de su futura labor; según Perafán Echeverri (2013), quien ha acuñado la noción de “conocimiento profesional docente como sistema de ideas integradas”, debería reconceptualizarla como “la categoría saberes académicos del profesor, con el objeto de mostrar su independencia epistemológica de los saberes disciplinares” (p.83) y en función de ello propone, siguiendo lo trazado por Chevallard (2005), reconceptualizar la noción de transposición didáctica, y concebirla como el estatuto epistemológico y antropológico fundante de los saberes académico del docente. Para este autor durante el proceso de construcción de una determinada noción, concurren distintos tipos de saberes (académicos, de la experiencia, rutinas, guiones, teorías personales implícitas), idea con la que coinciden otros referentes (Marcelo, 2007; Shulman, 1989; Valvueda 2007).

2. Segunda Sección

Formación y saberes de los futuros docentes

2.1. Consideraciones teóricas sobre la formación del profesorado

Como se ha reseñado en la Primera Sección de este Marco Teórico, diversas son las líneas de investigación desarrolladas en los últimos tiempos vinculadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, las cuales atienden a las variadas problemáticas que los atraviesan; entre estas, resulta de interés realizar investigaciones acerca de los saberes de los futuros profesores, su conocimiento profesional y la influencia de distintos factores involucrados, tales como las modalidades de enseñanza, los libros de texto utilizados, la interacción discursiva en el aula, entre otros. En este sentido merece mención el trabajo de Shulman (1987/2005), quien formuló un programa que pretendía investigar el desarrollo del conocimiento profesional (en la formación del profesorado, en la práctica profesional y en las transformaciones del contenido que realizan los profesores); para Bolívar (2005), su intención fue elaborar un marco teórico que permitiera explicar y describir los componentes del “conocimiento base” de la enseñanza, entendiendo que sus resultados debían ser considerados por políticos, educadores y académicos con el objeto de reorientar la comprensión de la enseñanza y la formación de los profesores. Según este autor la perspectiva de Shulman se orienta hacia la recuperación de los profesores como profesionales y de la enseñanza como profesión, con un cuerpo de conocimientos disímiles y esenciales que son necesarios para la enseñanza como el conocimiento de la asignatura a enseñar, la habilidad de convertir dicho conocimiento en disponible y con significado para que los estudiantes logren aprehenderlo; este enfoque tiende a considerar que contenidos y didáctica no sean tomados como campos independientes y añadidos en la formación del profesorado. Shulman (1987/2005) establece una serie de categorías que según su visión, componen el conocimiento base de un profesor; estas son el conocimiento del contenido, el conocimiento didáctico general, el conocimiento de los alumnos y de sus características, el conocimiento de los contextos educativos, el conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educativos, y de sus fundamentos filosóficos e históricos, el conocimiento didáctico del contenido y el conocimiento del currículo. Entre estas categorías es de interés en este trabajo, aproximar el análisis, al menos en forma parcial, a ciertos aspectos de estas categorías dada su proximidad y vinculación con las temáticas que se exploran en la misma: los saberes sobre Genética de los futuros profesores de Biología y el abordaje de contenidos genéticos en libros de texto para enseñanza superior. Por una parte, el conocimiento del currículo incluye los lineamientos y

programas de la asignatura, los libros de texto y otros materiales que los docentes utilizan para la enseñanza; por la otra, el conocimiento del contenido que se posee sobre la disciplina, la estructura de ese saber disciplinar. Y luego lo que se conoce en la literatura como conocimiento didáctico del contenido hace referencia al contenido disciplinar y a la fusión entre este y pedagogía; es la forma personal de comprensión profesional sobre ciertos conocimientos particulares que le permiten al docente de una disciplina en forma equivalente:

Comprender los aspectos que facilitan o dificultan el aprendizaje del contenido de un tópico específico. Conocer las concepciones de los alumnos de diferentes edades y procedencia, acerca de un contenido en particular. Utilizar estrategias, tales como analogías, ejemplos, explicaciones y demostraciones, es decir formas para hacer posible que otros comprendan los contenidos de la enseñanza (Valvuenza Ussa, 2007, p. 21-22).

El conocimiento didáctico del contenido reconoce los cuerpos de conocimientos específicos para la enseñanza y simboliza una amalgama entre contenido y didáctica que permite comprender la organización de los principios estructurantes de la disciplina y adecuarlos para su enseñanza (Garriz, Daza y Lorenzo, 2014; Gudmundsdóttir y Shulman, 2005; Shulman, 1987/2005). De Longhi (2014) señala al conocimiento didáctico del docente como una “bisagra” dado que “en cada acción que el enseñante realiza enfrenta, como moviendo en paralelo, sus saberes y argumentos teóricos y experienciales con requerimientos de las prácticas y acciones que debe ejecutar” (p. 2). En esta línea Grossman et al. (2005) esgrimen una serie de argumentos respecto a la importancia del conocimiento de la disciplina en la formación del profesorado para la tarea de la enseñanza; es decir que se recupera como uno de los componentes del conocimiento base para la enseñanza, el conocimiento del contenido de la asignatura a enseñar como propio de la profesión docente o de los profesores de una disciplina; por esta razón se observa como conveniente, direccionar la investigación didáctica en este sentido, dado que los futuros docentes necesitan comprender adecuadamente la materia de modo que logren modificarla luego, para ser enseñada (Bolívar, 2005). Cuatro son las dimensiones del conocimiento de la materia que Grossman et al. (2005) entienden que influyen tanto sobre la enseñanza como sobre los aprendizajes de los futuros profesores; estas son el conocimiento del contenido, el conocimiento sustantivo, el conocimiento sintáctico y las creencias acerca de la materia; para estos autores, el conocimiento del contenido ha sido utilizado como sinónimo de conocimiento de la materia específica; sin embargo, al preguntarse respecto a lo que cuenta como contenido, resulta indispensable reparar en la estructura sustantiva y sintáctica de la disciplina desde donde

surge el contenido. Esas tres dimensiones no concurren independientemente sino que, por el contrario, coexisten en un todo integrado; las estructuras sustantivas corresponden a los marcos que orientan las investigaciones en una disciplina, en cambio, las estructuras sintácticas comprenden las herramientas de exploración en una disciplina que conducen a la incorporación de nuevo conocimiento al campo específico de estudio y a su aceptación en la comunidad. Las creencias de los profesores respecto a la materia también aportan información sobre lo que entienden de la disciplina y las decisiones que toman en relación a su enseñanza.

Conocimiento del contenido para la enseñanza

Grossman et al. (2005) afirman que el conocimiento del contenido refiere al dominio de la información propia de la materia o disciplina, sus conceptos centrales y principios organizativos fundamentales, pero también a las relaciones que este pueda establecer entre distintos contenidos propios del campo y con los de otras áreas. Ello tiene distintos alcances en la formación de futuros profesores; uno es que estos deben comprender el papel central que representa el conocimiento del contenido para la enseñanza y las derivaciones de la ausencia del mismo. Otro aspecto a considerar por parte de los futuros docentes es la necesidad de aprender los conceptos centrales y estructurantes de la asignatura, los que irán construyendo mientras transitan los diferentes años y cursos de su carrera; así, el aprender más sobre la materia en cuestión se debe conceptualizar como ligado a aprender a comunicarlo, a enseñarlo. Por último, deben desplegar hábitos asociados a la adquisición de conocimientos nuevos respecto a la didáctica o a la materia; esto demanda destrezas vinculadas a reflexionar sobre la experiencia y aprender de la misma.

Conocimiento sustantivo para la enseñanza

Se refiere a los marcos teóricos, a la estructura, organización de los conceptos y principios básicos de la disciplina, incluyendo sus paradigmas o marcos exploratorios y sus referentes epistemológicos, los cuales son utilizados para orientar una investigación propia del área y también para dar sentido a los datos obtenidos en la misma; también comprende los modelos explicativos que se esgrimen para dar sentido a los datos, las diferentes perspectivas no necesariamente contradictorias, pero que pueden ser sustantivamente diferentes ya que las interpretaciones pueden diferir dado el tipo de estructura interpretativa que guía un análisis (Bernal Castro y Valbuena Ussa, 2011; Grossman, Wilson y Shulman, 2005); esto tiene sus implicancias en los modos de enseñar de un profesor; para el caso de un profesor de Biología, puede ser que lo incline a presentar a sus alumnos información sobre avances actuales de la Genética que cree que son más destacadas o que estima que son más interesantes por sus

implicancias sociales; otro podría optar por ofrecer a sus alumnos un panorama histórico del desarrollo de la disciplina, centrado en la genética clásica y los principales sucesos que condujeron a su establecimiento.

Conocimiento sintáctico para la enseñanza

Es la forma de validación del conocimiento de la disciplina; da cuenta de las modalidades por las que el nuevo conocimiento es incorporado en una disciplina de base y los modos en que se fundamentan e integran las conclusiones de una investigación. Como señalan Grossman et al. (2005) “Para los profesores con conocimiento sintáctico, la clase de biología no trata sólo de la memorización de clases; incluye discusiones y actividades dirigidas a desarrollar una sabiduría en los estudiantes del papel central del método científico.” (p.16); su desconocimiento, según estos autores puede llevar a “desnaturalizar la materia que enseñan” (p.17). A la inversa, su conocimiento puede “ayudar a los futuros profesores a entender su responsabilidad en estar al tanto de, y evaluar críticamente, los nuevos desarrollos en sus campos y exponer a sus estudiantes a las bases sobre las que el nuevo conocimiento es aceptado.” (p.18).

Respecto a las estructuras sintácticas y sustantivas de la disciplina de las cuales emerge el contenido, como estructuras sustantivas se considera a los paradigmas o marcos de referencia que orientan la indagación en una disciplina. Para Marcelo (2007):

El Conocimiento Sustantivo se constituye con la información, las ideas y los tópicos a conocer, es decir, el cuerpo de conocimientos generales de una materia, los conceptos específicos, definiciones, convenciones, y procedimientos. Este conocimiento es importante en la medida en que determina lo que los profesores van a enseñar y desde qué perspectiva lo harán (p. 79).

Según el autor se pone en debate la forma de organización y de representación del conocimiento y se expone como requisito el logro de un conocimiento experto del contenido a enseñar por parte de los profesores en formación, de modo que sepan desplegar una enseñanza que favorezca la comprensión de sus futuros alumnos. En cambio las estructuras sintácticas se corresponden con instrumentos de investigación y las normas que rigen la admisión de nuevos conocimientos. Entonces, aprender a enseñar entraña alcanzar conocimientos respecto a cómo enseñar la materia y resulta en un elemento medular del conocimiento del profesor, dado que se posiciona como “la combinación adecuada entre el conocimiento de la materia a enseñar y el conocimiento pedagógico y didáctico referido a cómo enseñarla” (Marcelo, 2007, p. 74).

Lo enunciado permite centrar la cuestión en la importancia de la comprensión de una disciplina (eg. Biología) y la complejidad de enseñarla, particularmente ciertas temáticas que por su naturaleza resultan complejas y abstractas (eg. Genética), por lo que es necesario conocerlas en profundidad, configurando un saber en permanente construcción; en el campo de la educación, el conocimiento adecuado de la estructura de la disciplina a enseñar repercute en la enseñanza, dado que el docente deberá efectuar una transformación del contenido para hacerlo asequible y comprensible para los alumnos (Marcelo, 1993; 2002). Señala Marcelo (2009) que el proceso de convertirse en profesor es un largo proceso constituido por diferentes etapas; una de ellas corresponde al primer tramo de la carrera como estudiante novato o noble y luego como estudiante avanzado. Posteriormente el período de transición de estudiante a profesor y su inserción profesional, como profesor principiante al inicio y luego como profesor experto, lo que resulta en un continuo aprendizaje a lo largo de la vida; según esta visión, es posible pensar en los profesores como:

...personas preparadas para un aprendizaje eficiente a lo largo de toda la vida. Esto es así porque las condiciones de la sociedad son cambiantes y cada vez más se requiere personas que sepan combinar la competencia con la capacidad de innovación (Marcelo, 2007, p.71).

Para lograr esto es necesario que los profesores adquieran un agregado de ideas y destrezas críticas a lo que debe sumarse la aptitud de recapacitar, valorar y aprender sobre su enseñanza de modo que puedan perfeccionarse continuamente; ello sería posible si el conocimiento fundamental se lograra proyectar, representar y significar de manera que permita la profunda comprensión de los contenidos de la disciplina (Vaillant y Marcelo, 2001). Esto concuerda con la línea de Tardif (2004), cuando alude al “saber” de un modo amplio que incluye a los conocimientos, las habilidades o aptitudes y las actitudes de los docentes, idea orientada hacia el “el saber, el saber hacer y el saber ser”. En el caso que nos ocupa, si bien existen investigaciones sobre el profesorado universitario, las mismas no son tan significativas las centradas en otros niveles educativos. Esta relativa vacancia lo muestra como un campo a continuar explorando y que expone diversas aristas, algunas más generales, como el desarrollo profesional y otras más específicas como la construcción de saberes de los futuros profesores con formación universitaria. La universidad representa entonces un espacio propicio para la investigación que se pretende realizar en el marco de esta Tesis, a quien algunos autores (Suárez Durán, 2007; Zabalza, 2002) definen en un contexto de contradicción, que oscila entre una valoración significativa y críticas en torno a ella; para

estos, la institución universitaria está constituida por fuertes elementos productores de saber donde el profesorado tiene un papel relevante en lo social, cultural y político; para Suárez Durán (2007), es común en la formación del profesorado una dicotomía entre el manejo del conocimiento disciplinar y el saber sobre la enseñanza, entendiendo que es una de sus principales funciones en el ámbito universitario. Respecto al concepto de Profesor Universitario, Suárez Durán (2007) realiza una síntesis de lo aportado por diferentes autores donde confluyen y divergen distintos elementos en torno a su significado (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla comparativa de conceptos sobre el profesorado universitario (tomado de Suárez Durán, 2007).

Autor	Elementos característicos que los definen	Tareas expresas
Dick (1985)	Sujeto dedicado al estudio intelectual para luego enseñarlo	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación
De la Torre (1993)	Profesional dedicado a la docencia, es decir, dedicado a la enseñanza. Es también un especialista de la ciencia como investigador con capacidad para desarrollar cultura desde la perspectiva heurística y fructifica del conocimiento y al mismo tiempo miembro de una comunidad académica donde es aceptado y valorado culturalmente por su adscripción característica sobre las maneras como se percibe la realidad de esa comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Profesional • Docencia-enseñanza • Investigador • Miembro de comunidad científica
Ferreres (1995)	Profesional reflexivo y crítico, competente en el ámbito de la disciplina en donde se desenvuelve con capacidades para ejercer la docencia, realizar investigación y actividades propias de gestión en el marco de acción institucional donde es miembro.	<ul style="list-style-type: none"> • Profesional reflexivo, crítico • Con competencias para la docencia, la investigación y gestión
Knight (2005)	Profesional que en tanto influido por el ambiente laboral y extra-laboral expresa la posibilidad de enseñar cultura de un campo de saber donde es experto y al cual se dedica intelectualmente. Se mueve en los influjos de la investigación y la enseñanza.	<ul style="list-style-type: none"> • Profesional desarrollador de cultura científica • Intelectual • Investigador y enseñante
Zabalza (2002)	Profesional ético docente que desarrolla investigación y docencia en un campo de saber con marcados valores de pertenencia, reflexión y colaboración institucional para el ejercicio de sus tareas, y que posee sentido de sensibilidad y creatividad en el cumplimiento de su acción profesional para la mejora y su propio desarrollo profesional propio y de la institución.	<ul style="list-style-type: none"> • Profesional docente • Investigador • Reflexivo, crítico, colaborador • Sujeto sensible, creativo • Potenciador de cultura

Se destaca entre estas diversas miradas la que postula que el profesor universitario es un profesional de la enseñanza de un campo disciplinar específico o campo del saber donde es experto, y a su vez es investigador, partiendo de la reflexión sobre su práctica, para luego

mejorarla. Para Suárez Durán (2007) “Se entiende entonces, que el docente universitario integra unos atributos sustentados por conocimientos generales y específicos producto de su formación académica y especialmente de su experiencia profesional, es decir, de su práctica social.” (p.50).

En la misma línea, Zabalza (2002) destaca que la influencia formativa de los profesores universitarios se produce de la manera más adecuada mediante el trabajo sobre los contenidos:

El tipo de contenidos que se seleccionan, la forma de abordarlos, la metodología empleada, las exigencias generadas para la superación del curso, etc. constituyen elementos que poseen, cuando son bien empleados, una gran capacidad de impacto formativo sobre los estudiantes. Efectivamente esta influencia no es siempre igual ni todos los contenidos se prestan lo mismo a este propósito (p.11).

Siguiendo a este autor, asociados al modo de abordaje de los contenidos hay valiosos propósitos formativos como la visión interdisciplinar de los problemas, la búsqueda de perspectivas diversas, una postura indagadora y cuestionadora, la valoración de la documentación e investigación, entre otros; desde un punto de vista metodológico se pueden señalar el trabajo en equipo así como su planificación y evaluación, la conjunción de teoría y práctica junto a un examen profundo de los temas, etc. Por otra parte, esta dimensión formadora de la profesión docente trasciende los contenidos disciplinares dado que implica también competencias vinculadas a su conversión y administración como contenidos de aprendizaje. Además, y atendiendo a lo expresado por Barrón Tirado (2009), gran parte de lo que los docentes saben acerca de la enseñanza procede de la experiencia que han tenido como alumnos, y que luego, partiendo de dicha vivencia, construyen y reconstruyen sus prácticas docentes, lo que significa reconocer que los saberes que cimentan la enseñanza son existenciales, sociales y pragmáticos. Son existenciales porque implican a los seres humanos con sus vivencias, relaciones y emociones; además son sociales, porque resultan de diversos momentos de su educación y vida cotidiana; y son pragmáticos dado que apuntan a las vivencias en el entorno de instituciones escolares. Los saberes por tanto, son individuales y situados ya que no se los puede disociar del sujeto y de su experiencia. En este escenario cobra sentido el desafío actual en la formación del profesorado en relación al problema de convertir la información sobre la disciplina que en un futuro se pretende enseñar, en conocimiento, o sea en cuerpo ordenado de enunciados que permitan una mejor comprensión de la realidad; esto deviene en necesario para posteriormente, afrontar la dificultad de

transformar ese conocimiento en pensamiento y sabiduría (Barrón Tirado, 2015; Gimeno Sacristán, 2008).

Desde la perspectiva de Flores Arévalo (2003), la preocupación acerca de las características y problemáticas que atañen a la formación inicial del profesorado en América Latina surge al iniciar el siglo XX; sin embargo, es en las últimas décadas cuando se comienzan a tomar medidas gubernamentales en los distintos países de la región. Se implementaron reformas educativas y curriculares, planes de mejora, capacitaciones docentes y otros esfuerzos en los diferentes estados, lo que demandó la consecuente reformulación de la formación inicial de los docentes; así, se diseñaron y pusieron en práctica nuevos planes de estudio con la intención de acompañar estas reformas con profesores formados en la línea de las ofertas y demandas planteadas. Sin embargo, las evaluaciones realizadas en los diferentes países ponen de manifiesto que los logros de aprendizaje no son los esperados, por lo cual la formación y labor de los docentes pasan a ocupar un lugar relevante para el análisis. La discusión sobre este eje se centra en revisar lo actuado hasta el momento, identificar debilidades y proponer nuevas estrategias para mejorar los sistemas de formación docente.

En lo que respecta a la Argentina, desde 1993 hasta el año 2006 la formación docente del país estuvo bajo el marco de la Ley Federal de Educación (Ley N° 24.195/93) en la que se declara el derecho a la enseñanza y se especifica que la formación de grado no universitario estará a cargo de los institutos de formación docente o equivalentes y en institutos de formación técnica que otorgaran títulos profesionales; además, respecto a los títulos profesionales, se indica que se articularán en forma horizontal y vertical con la universidad. Respecto a la etapa profesional y académica de grado universitario, la ley especifica que se cumplirá en instituciones universitarias cuyo fin es enseñar, efectuar investigación, construir y dar a conocer bienes, proporcionar servicios con perspectiva social y colaborar a la solución de los problemas del país y el continente. La misma expresa como propósitos *de* la formación docente la preparación y capacitación de los estudiantes en miras a un desempeño competente en los distintos niveles y modalidades del sistema. También se menciona el perfeccionamiento permanente en los aspectos científico, metodológico, artístico y cultural de los graduados y docentes en ejercicio, la formación de investigadores y administradores del campo educativo, la configuración de los docentes como componentes eficaces de intervención en el sistema democrático, entre otros (Saravia y Flores, 2005).

En 2006, el gobierno argentino sanciona una nueva ley que garantiza el ejercicio del derecho constitucional de enseñar y aprender, la Ley de Educación Nacional (Ley 26.206/06) a cargo del estado, con la responsabilidad de proveer una educación integral, permanente y de calidad

para los habitantes de la nación, y garantizando además la igualdad, gratuidad y equidad de la misma; figuran entre sus objetivos, el desarrollo de todas las dimensiones de la persona y la capacitación tanto para el desempeño social y laboral, como para el acceso a estudios superiores. La educación superior queda en manos de las universidades e institutos universitarios, estatales o privados autorizados y de los institutos de educación superior de jurisdicción nacional, provincial o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de gestión estatal o privada. Esta ley establece que la formación docente tiene la finalidad de preparar profesionales capaces de enseñar, generar y transmitir los conocimientos y valores necesarios para la formación integral de las personas, el desarrollo nacional y la construcción de una sociedad más justa; además se señala que promoverá la construcción de una identidad docente basada en la autonomía profesional, el vínculo con la cultura y la sociedad contemporánea, el trabajo en equipo, el compromiso con la igualdad y la confianza en las posibilidades de aprendizaje de los alumnos. Se determina además, que la formación docente es parte constitutiva del nivel de educación superior y entre sus funciones tiene a su cargo la formación docente inicial, la formación docente continua, el apoyo pedagógico a las escuelas y la investigación educativa. Se reconocen entre sus objetivos el interés por jerarquizar y revalorizar la formación docente para mejorar la calidad de la educación, desarrollar las capacidades y los conocimientos necesarios para el trabajo docente en los diferentes niveles y modalidades del sistema educativo, incentivar la investigación y la innovación educativa vinculadas con las tareas de enseñanza, la experimentación y sistematización de propuestas que aporten a la reflexión sobre la práctica y a la renovación de las experiencias escolares. Otras de sus finalidades se vinculan con brindar diversidad de propuestas y dispositivos de formación posterior a la formación inicial que fortifiquen el desarrollo profesional de los docentes en todos los niveles y modalidades de enseñanza, articular la continuidad de estudios en las instituciones universitarias. Entre sus intereses se dispone la formación continua como una de las dimensiones básicas para el ascenso en la carrera profesional. Pero han transcurrido 26 años desde que se sancionara la Ley Federal de Educación y trece desde la Ley Nacional de Educación, períodos que han estado atravesados por oscilaciones en la política y la economía, y por cambios sociales, culturales, científicos y tecnológicos, por lo que, como destacan De Longhi y Rivarosa (2015),

Hoy en Argentina nuevamente el sistema de educación superior sufre un proceso de revisión de los currículos para los profesorado en pos de su fortalecimiento. Tanto las políticas educativas nacionales como provinciales apuntan a ello y elaboran sus propuestas buscando consensos (p.5).

Señalan las autoras que en relación a la formación de profesores, en nuestro país coexisten dos tipos de coordinaciones que cuentan con historias y trayectorias específicas, y también con ciertas tensiones ideológicas y curriculares; se refieren a los profesados no universitarios y universitarios. Los lineamientos generales para la formación docente de los profesados universitarios se encuentran en revisión atendiendo a los estándares definidos por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN, 2013) y analizados en el Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN, 2011) bajo las puntuaciones emitidas en las Políticas Nacionales. En el caso de los profesados no universitarios, estos se organizan en cada Jurisdicción, las cuales estructuran sus proyectos de adecuación curricular tomando como soporte las líneas formuladas por la Política Nacional de Formación Docente (Ley de Educación Nacional 26.206/06) y lo perfilado por el Instituto Nacional de Formación Docente (INFD). Los dos organismos citados (CIN Y CUCEN) cumplen un rol importante en la toma de decisiones para la enseñanza superior; el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) fue creado por Decreto Presidencial en 1985 (Krotosch,1993); consiste en una persona de derecho público no estatal que se mantiene, fundamentalmente, con los aportes de sus miembros. Inicialmente estuvo compuesto por las universidades nacionales, y luego de la sanción de la Ley de Educación Superior (1995), se incorporaron los institutos universitarios y las universidades provinciales reconocidas por la Nación. Es un órgano de consulta para el sistema universitario, cumple funciones de coordinación y promueve planes de políticas, estrategias y actividades de desarrollo universitario. En cuanto al Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales, es un organismo que reúne a las Universidades Nacionales que dictan carreras de este campo, desarrollando labores relativas a mejorar y fortalecer la calidad de la enseñanza en las carreras de grado de Ciencias Exactas y Naturales dedicándose entre otras, a los profesados de las distintas disciplinas, siendo uno de ellos el profesado de Biología; entre sus aportes el CUCEN promueve iniciativas tendientes a renovar y robustecer el Profesorado en Biología. Entre otras acciones, se analizan los contenidos básicos comunes que debe observar el plan de estudios, se exhiben los campos de formación, los ejes articuladores y las asignaturas que lo componen; también se estudian algunas de las implicaciones de la formación de profesores (Rassetto, 2012; Rassetto y Valeiras, 2012). La universidad argentina entonces, y según la mirada de distintos referentes, se encuentra atravesando un período de transición (Krosch, 1993; Más Rocha y Vior, 2016; Misuraca, y Menghini, 2010; Misuraca, Oreja Cerruti y Más Rocha, 2013; Neufeld, M. R., 2009).

2.2. Los inicios de la Educación en Ciencias y la formación de los futuros profesores de Biología

Los comienzos de la Educación en Ciencias Naturales (en adelante Educación en Ciencias), cuentan con una tradición que se inicia en la década del '70 a partir de la necesidad de dar un giro ideológico a la formación científica en las instituciones educativas, delimitándose nuevos objetivos y estrategias en relación a los que se venían abordando (Adúriz Bravo, 2000; Adúriz Bravo e Izquierdo, 2002; Gil-Pérez, Carrascosa y Martínez-Terrades, 2000; Merino, 1987; Valeiras y Meinardi, 2007; Rivarosa y de Longhi, 2012; Valeiras y Rassetto, 2014). En esta línea, resulta de interés seguir el trayecto histórico desde su génesis y posterior desarrollo dado que el mismo conduce a la configuración actual de la Didáctica de las Ciencias Naturales. Al analizar la evolución de la misma en cinco etapas propuestas por Adúriz Bravo (2000) y Adúriz Bravo e Izquierdo (2002), se debe mencionar en primer lugar una etapa *Adisciplinar* (fines del siglo XIX hasta mediados de la década del '50 del siglo XX) en la que podría pensarse en la ausencia de un modelo didáctico, donde priman los valores y hechos, los cuales se imparten como verdades universales y el foco está puesto en los contenidos disciplinares. Luego sobrevino una etapa *Tecnológica* (décadas del '50 y '60), donde se destaca un cambio tendiente a la selección de conocimientos operativos y a generar modificaciones en el currículum, con una delimitación precisa de objetivos y metas y la intencionalidad de intervenir en el aula. A esta le sucedió la etapa *Protodisciplinar* (mediados del '70) que presenta un acervo más centrado en los intereses de los estudiantes y en el aprendizaje de contenidos específicos de las ciencias, pero vinculados a las concepciones alternativas del alumnado. La etapa siguiente, *Disciplinar Emergente* (1980- 1990), se caracteriza por una fuerte apertura interdisciplinaria donde se consideran los conocimientos en relación con su contexto social, y se seleccionan aquellos que son socialmente relevantes. Finalmente, la etapa de *Disciplina Consolidada* (a partir de 1990), se basa en la existencia de un campo teórico acumulado, pasible de ser enseñado, es decir que la Didáctica de las Ciencias se constituye como un área de conocimiento específica, vinculada a la formulación de modelos que comienzan a poseer una estructura reconocida como científica y que conforman los rasgos de la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma, la que probablemente ha madurado y evolucionado acompañando, o como consecuencia, de este proceso de consolidación. El escenario actual la muestra como un cuerpo de conocimientos de naturaleza interdisciplinaria (Duit, 2006), donde el saber (Giordan y De Vecchi, 1988; Astolfi, 2003; Charlot 2008) debe configurarse a partir de conocimientos diversos provenientes de variadas fuentes, como acción transformadora del sujeto, y en consecuencia,

del mundo (Beillerot et al. 1998; Mercado, 2002; Foucault, 2007). Para De Longhi y Rivarosa (2015):

La docencia, tal como lo expresan diferentes documentos, es una profesión y un trabajo que tiene como tarea central la enseñanza de determinados contenidos curriculares. Constituye un proceso complejo que involucra decisiones acerca de qué enseñar, cómo hacerlo y para qué, considerando la especificidad de los objetos de conocimiento a ser enseñados (en nuestro caso la Biología), los contextos en los que tiene lugar la enseñanza y las características de los sujetos de aprendizaje (p.5).

Atendiendo al contexto local, este escenario es el que se les presenta a los alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP), futuros profesores de Biología. En este sentido, las propuestas de formación destinadas al profesorado en Ciencias Biológicas, deben formularse sobre la base de una reflexión profunda acerca del perfil del docente que se pretende formar, involucrado con los procesos de enseñanza y aprendizaje de una determinada disciplina o área científica. Las mismas deben centrarse en la reflexión y replanteo no solo de la formación disciplinar y metodológica, sino de la sólida formación didáctico-pedagógica que esto requiere. El diseño de estas nuevas miradas debe estar atravesada por posturas pedagógicas y aportes renovados del campo de las Ciencias Biológicas y de la investigación en Didáctica de las Ciencias, con la intención de colaborar en la formación de profesionales actualizados en dichos campos. Tal reflexión supone un análisis epistemológico y pedagógico-didáctico que sirva de sustento no solo a las concepciones de las ciencias biológicas, sino también a la profesionalización docente; es decir que los diversos atributos de quienes tengan a su cargo la enseñanza de este complejo y extenso campo disciplinario deberían plasmarse en forma de lo que Tardif (2004) denomina saberes docentes. Para este autor los saberes son sociales, compartidos por los docentes, están en continua circulación, son situados y contextualizados. En el caso concreto de las Ciencias Naturales, las Ciencias Biológicas como Ciencias Fáticas, se caracterizan por el estudio empírico de la realidad natural y la diversidad de la vida en sus múltiples facetas. La formación docente para “saber enseñar” (Jackson, 2002) Ciencias Biológicas supone contar con un bagaje de saberes que integran los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales, propios de las Ciencias Biológicas; pero también supone un saber sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por esta causa, durante su etapa de formación académica, los futuros profesores de Ciencias Biológicas deben adquirir un conocimiento profundo de los contenidos a enseñar, pero también valorar la importancia social y formativa de los mismos. El proceso de formación por tanto, debe orientarse al desarrollo profesional

basado en la adquisición de competencias asociadas al diseño, puesta en práctica y evaluación de propuestas didácticas propias del campo de la Biología, que tengan en cuenta las características particulares de los sujetos, los grupos y los contextos institucionales. Esta orientación en el proceso de formación debe delinearse desde los primeros años de las carreras con el objeto de proporcionar un conocimiento integral de la disciplina, como así también, de las estrategias adecuadas para su enseñanza, las cuales se configurarán en saberes teóricos, metodológicos y didáctico pedagógicos (Figura 7). En lo que respecta a los saberes teóricos (o teórico-científicos), los mismos hacen referencia al conocimiento de los principales ejes estructurantes, teorías y modelos de la Biología, así como de sus antecedentes históricos, controversias y debates o cuestionamientos abiertos actualmente en este campo. Sobre los saberes metodológicos, ellos abarcan el manejo de métodos y técnicas experimentales y de análisis para el trabajo de campo y laboratorio característicos de las Ciencias Biológicas; también incluye el análisis del marco epistémico en que se conciben las hipótesis científicas y los modelos de enseñanza. En cuanto a los saberes didáctico-pedagógicos, son desempeños profesionales que tienen como sostén un cuerpo integrado de contenidos cognitivos, conocimientos teóricos, habilidades, actitudes y valores; los mismos son generales, específicos y transversales, e implican entre otras, programar, planificar, producir materiales y entornos de aprendizaje, guiar los procesos de enseñanza y aprendizaje y evaluar (Porlán Ariza, R. 2003). En este punto, un aspecto que resulta de interés es el saber didáctico, considerando la relación entre teoría y práctica; así Jiménez Zambrano, Patiño Franco y Tamayo Álzate (2013) señalan que “Su dimensión teórica se expresa en los conocimientos que elabora sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje; la práctica, consiste en la aplicación de aquellos conocimientos, en la intervención efectiva en los procesos reales de enseñanza-aprendizaje” (p. 44). Estos autores mencionan que en general, el saber didáctico es una combinación del saber y del saber hacer, que constituyen, conjuntamente, el acto didáctico; también interesa el saber pedagógico, como construcción propia del sujeto que se configura en un discurso que se produce a partir de los saberes de la psicología cognitiva y de la evolutiva, de la sociología, de la antropología cultural, la epistemología.

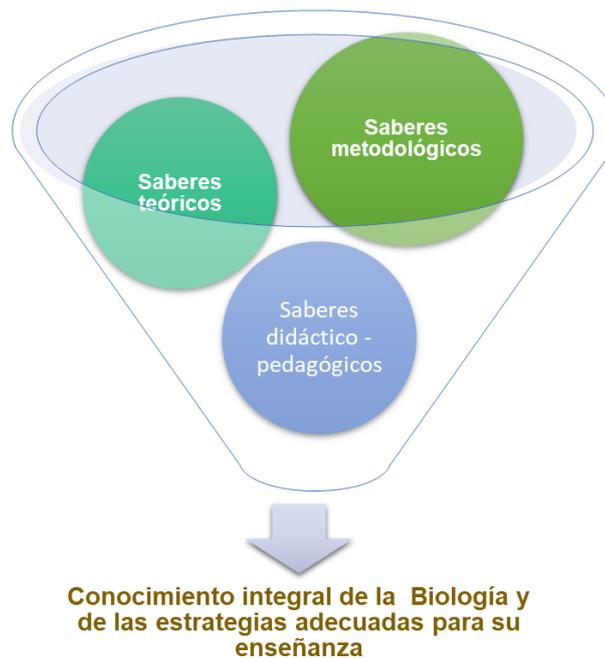


Figura 7. Configuración de saberes del futuro profesor de Ciencias Biológicas

Lo expuesto define al espacio de formación del profesorado en Ciencias Biológicas como un escenario que requiere una construcción de saberes donde se debe articular la estructura conceptual de la disciplina con la estructura cognitiva de los estudiantes en el marco de situaciones de aprendizaje (Edelstein, 1996). Si se considera a la enseñanza como acción destinada al logro de finalidades pedagógicas, donde el docente cumple el papel de mediador entre los estudiantes y los saberes, es factible pensar en una metodología diversa asociada a estrategias que propicien la vinculación o articulación entre la teoría y la práctica; la misma se encuentra asociada a una perspectiva amplia, vinculada a la relación individuo-sociedad en la que los significados y símbolos de la experiencia se construyen en forma compartida (Meléndez Ferrer y Pérez Jimenez, 2006). Por lo tanto, la construcción del conocimiento conlleva dinámicas implícitas que transforman la experiencia o la realidad vivida (Figura 8). Como cuestiona Marcelo (2007), “¿qué utilidad tiene para la formación inicial del profesorado un conocimiento expresado de forma contrastarse o aplicarse?” (p.76).

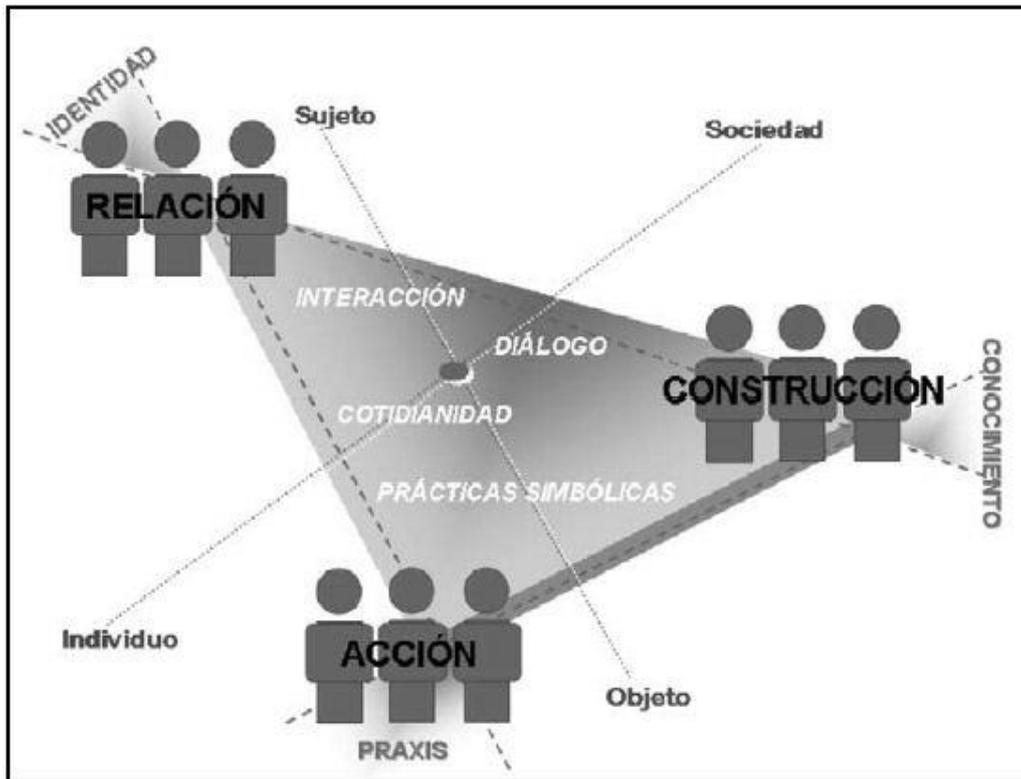


Figura 8. Dinámicas implícitas en la construcción del conocimiento. Tomado de Meléndez Ferrer y Pérez Jiménez (2006).

Por lo citado, se debe propiciar la enseñanza de la Biología entendiendo a los contenidos o conocimientos como algo a construir y no como algo dado, donde es suficiente con repetir e ilustrar un determinado tema (Quintanilla et al., 2010); esta es la razón por la que diversos autores se inclinan a favor de la perspectiva que plantea la enseñanza por indagación –la ciencia como proceso y como producto- (Furman y Podestá, 2010; Garritz, Labastida Piña, Espinosa y Padilla, 2009; Garritz y Reyes Cárdenas, 2011; Reyes Cárdenas y Padilla, 2012). Siguiendo estas ideas se observa como necesidad que durante el período de formación de los futuros profesores se favorezca la reconstrucción del conocimiento mediante la resolución de problemas, proponiendo diversos programas de actividades y usando variedad de métodos. A partir de este tipo de preparación es posible evaluar la progresión de estos procesos y colaborar a modo de andamiaje para el logro de algunos aprendizajes que representan dificultades para los estudiantes. El proceso de organización de tareas para el abordaje de determinados contenidos, cada vez con mayor nivel de complejidad, debe actuar como guía para los alumnos, de modo de inducir en ellos procesos de reflexión o metacognición y de ofrecerles la oportunidad de tomar conciencia de las habilidades y conocimientos que adquieren, pero también de sus debilidades y de las estrategias y recursos que necesitan para

continuar aprendiendo, actuando como reguladores de sus propios procesos cognitivos. En este sentido, la formación de profesores vinculados al campo de la Biología, involucra un conjunto de saberes que van más allá del mero conocimiento disciplinar y se muestra como un campo que abre expectativas en torno a posibles investigaciones que pueden llevarse a cabo, ligadas a la enseñanza y aprendizaje en el nivel universitario. Esta idea se fundamenta en que comprende diversos principios unificadores, como el que atañe al área de la Genética, integrada por nociones complejas (Rivarosa y De Longhi, 2012), que resultan de difícil comprensión para los estudiantes; si bien es un campo en el que se han detectado y estudiado problemáticas diversas, distintos referentes teóricos señalan la necesidad de continuar profundizando sobre diferentes aspectos que conciernen a los aprendizajes y a la comprensión de estos temas tan abstractos en los diferentes niveles educativos. En particular, los contenidos relacionados al origen, evolución y diversidad de la vida, la organización y fisiología celular, los mecanismos reproductivos y su relación con los mecanismos de la herencia y sus fundamentos, entre otros, son abordados durante el período de formación del profesorado; durante su transcurso se aproxima a los alumnos a conceptos que son necesarios para comprender el modo en que se almacena la información genética, el flujo de la misma y su pasaje de una generación a otra. Estos procesos biológicos relacionados con la herencia entrañan diversas dificultades relativas tanto a su enseñanza como a su aprendizaje, muchas de las cuales han sido documentadas en la bibliografía existente sobre el tema (Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Banet y Ayuso, 1995; Diez de Tancredi y Caballero Sahelices, 2004; Gailhou, Ercoli, Tello Alvial y Wajncner, 2008; Gallarreta, 2001; Gallarreta, 2002; Gallarreta, 2003b; González, Lorenzo y Rossi, 2008; Grande, Charrier Melillán y Vilanova, 2008, 2009; Legarralde, Gallarreta y Vilches, 2012; Lewis y Wood Robinson, 2000); las mismas han puesto de manifiesto que la Genética es una de las áreas de las ciencias biológicas que presenta mayores dificultades para el aprendizaje en estudiantes de todos los niveles de la educación, pero también para su enseñanza, siendo necesario realizar sondeos o indagaciones que permitan detectar posibles factores que interfieren en la correcta comprensión y profundización de estos temas, revelar dilemas asociados a su enseñanza, movilizar concepciones y saberes de los futuros docentes de ciencias, con el fin de generar conocimientos a considerar en el diseño de secuencias de enseñanza e intervenciones didácticas. Por otra parte, diversos autores (Cabrera Castillo, 2012; Gómez, 2009; González García y Tamayo Hurtado, 2000; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001, 2002; Legarralde, Gallarreta y Vilches, 2014; Martínez García, 2003; entre otros) han reseñado que el tratamiento que se da en los libros de texto a determinados temas de genética y herencia

influye de modos diversos en la consecución de los aprendizajes en los diferentes grados de la educación. Por ello resulta valiosa la activación del pensamiento de los estudiantes del profesorado de Biología para movilizar sus saberes sobre estos temas, lo que requiere considerar su relación con el lenguaje oral o escrito, usos que posibilitan que los sujetos construyan sistemas de significados donde se reconoce la significación del discurso en relación con las acciones de las personas, ya que se encuentra atravesado por condiciones históricas y sociales de producción (Astudillo et al., 2009). Esta activación del pensamiento en los futuros profesores implica un trabajo intelectual de selección y articulación de contenidos, movilizándolo conceptos centrales y relaciones de significado vinculados mediante una trama, los cuales, de acuerdo al trayecto formativo y los aprendizajes logrados por los estudiantes pueden trascender al contenido, acompañándose de un “saber hacer” (Cruz Tomé, 2000) propio de la tarea docente. De Longhi (2013), habla del conocimiento didáctico del docente como una “bisagra” dado que “en cada acción que el enseñante realiza enfrenta, como moviendo en paralelo, sus saberes y argumentos teóricos y experienciales con requerimientos de las prácticas y acciones que debe ejecutar” (De Longhi, 2014, p. 2).

2.3. Situación actual de la formación inicial de los profesores de Biología

Uno de los aspectos que interesa destacar es que durante el siglo XX se produjo un extraordinario avance de la ciencia y la tecnología los cuales fueron acompañados por un creciente interés en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias; inicialmente el foco estuvo puesto en el alumno y el proceso de aprendizaje y, posteriormente, en el docente y su papel fundamental para que este ocurra. Para el caso de la educación en Ciencias Naturales afirma Roa-Acosta (2008) coincidiendo con otros investigadores, que “no existe suficiente coherencia entre lo que piensan, dicen y hacen los docentes de ciencias, es decir, teoría y práctica no son recíprocas” (p.70). Esto probablemente se encuentra asociado a la tradición de considerar al conocimiento científico como únicamente teórico (De Donato Rodríguez, 2013), sin considerar que el saber científico también es, en gran medida, saber práctico, saber-hacer o saber-cómo; siguiendo a Castro Moreno (2013), en la enseñanza de la Biología es indispensables poner el acento en los contenidos procedimentales, si se quiere constituir una didáctica de la Biología que sea más congruente con la naturaleza de los conocimientos actuales acerca de la vida. En este sentido, una de las líneas de investigación de la didáctica de las Ciencias Naturales se centra en la formación de los futuros docentes, dado que los centros de formación del profesorado representan un espacio donde las

próximas generaciones de profesores de Biología construyen gran parte de los saberes que son propios de la carrera y de la profesión, por lo que se constituye como el contexto ideal para el desarrollo de investigaciones específicas sobre el tema y consecuentemente, para la producción de información acerca de la construcción profesional del profesor. Este aspecto es destacado por Valbuena Ussa, Gutiérrez, Amórtegui, Correa y Ruiz (2010), quienes insisten en la necesidad de construir conocimiento vinculado a la identificación de los saberes propios de la profesión del profesor y sobre el modo en que los mismos se interrelacionan; advierten que los estudios actuales se enfocan en la relación entre el conocimiento biológico que posee el docente y su incidencia en la enseñanza, mirada que debe ser ampliada hacia la incidencia de los procesos de formación del profesorado en la construcción de dicho conocimiento y sus progresiones (Valbuena Ussa, 2007). En esta línea Moreno et al. (2009) mencionan en un estudio realizado con futuros profesores de Biología en distintos momentos del proceso formativo, que las prácticas de laboratorio contribuyen a la integración de contenidos de enseñanza, como conceptos y procedimientos, subrayando que estas actividades colaboran en la asociación entre procesos micro y macro, en el desarrollo de habilidades procedimentales, la socialización y en afianzar la confianza personal; además señalan la importancia de enseñar los contenidos biológicos considerando la perspectiva sistémica y distinguiendo los conceptos estructurantes de una temática. Otro aspecto a atender según la visión de estos autores, es que el conocimiento biológico escolar surge de las vinculaciones establecidas entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano, que el aprendizaje resulta de un cambio en la estructura mental de los individuos y que por tanto, para enseñar Biología, no basta con saber la disciplina sino que es necesario complejizar e integrar los conocimientos biológicos, pedagógicos, didáctico y también epistemológicos a la hora de planificar la enseñanza. Es decir que, como señalan Valbuena Ussa, Gutiérrez Pérez, Correa Sánchez y Amórtegui Cedeño (2009), resulta necesario que los futuros profesores reconozcan y reflexionen sobre el saber construido en relación con la profesión docente.

Por otra parte, resulta indispensable una adecuada comprensión de las relaciones que se establecen entre ciencia, tecnología y sociedad y las consecuencias que de él se derivan de modo que los estudiantes puedan adoptar una actitud crítica frente al desarrollo científico-tecnológico (Acevedo Díaz, 2000; Acevedo Díaz, Vázquez y Manassero, 2003; Beckert y Amaral Gurgel 2005). Para lograr este fin es necesaria la figura de docentes capaces de promover la alfabetización científica y tecnológica en sus alumnos, necesidad que aparece claramente reflejada en diferentes informes de política educativa de organismos internacionales (UNESCO, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la

Ciencia y la Cultura) y nacionales (Comisión Nacional para el Mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática, 2007). Esto requiere un replanteo de las estrategias de innovación curricular y formación del profesorado, como sugieren Vilches, Solbes y Gil (2004), quienes argumentan respecto a la necesidad de participación de los profesores en la construcción de nuevos conocimientos didácticos, para que los cambios curriculares se lleven adelante eficazmente. Esto supone un conocimiento real respecto de los saberes de los futuros profesores de ciencias, una comprensión acerca del estado de situación sobre los mismos, sus fortalezas y debilidades, para luego actuar en consecuencia. Al respecto, existen investigaciones internacionales (Acevedo et al., 2005; Nieda, Cañas y Martín Díaz, 2003; Vilches y Furió, 1999) que plantean que para que las reformas educativas tengan éxito, además del impulso y el apoyo que las administraciones públicas deben prestar a estos procesos, resulta absolutamente necesario mirar hacia la práctica docente; habría que aportar más información sobre las razones que pudieran explicar el distanciamiento entre las finalidades propuestas por el currículo, la orientación de la enseñanza en las aulas y los aprendizajes de los alumnos. Se entiende entonces que es necesario dirigir los esfuerzos hacia aprendizajes que persistan toda la vida y que contribuyan a los intereses de los estudiantes y la sociedad. Para que esto sea posible, es necesario tomar como punto de partida el análisis de los factores que actualmente no favorecen el logro de tales metas. Este es el contexto actual que se presenta como un desafío para la enseñanza de las ciencias en general y de la Biología en particular, atravesada por diferentes progresos en las últimas décadas, como la secuenciación del genoma humano, los organismos genéticamente modificados, alimentos transgénicos, la clonación de mamíferos, el desarrollo de nuevas vacunas y medicamentos las terapias genéticas, entre otros sucesos de importancia. Se pueden vislumbrar también desafíos actuales y futuros para la ciencia y la tecnología ligados al desarrollo de nuevas fuentes de energía, a la purificación y desalinización del agua y a la descontaminación del medio ambiente; es necesario entonces que la población comprenda al menos una parte de estos sucesos y de sus impactos sobre la vida de los sujetos y sobre las sociedades donde viven. De allí la necesaria mirada sobre la formación del profesorado en cuanto a actores importantes relacionados a los aprendizajes logrados por los jóvenes sobre aspectos biológicos de importancia para las sociedades actuales y futuras.

Como señala Renglifo Gallego (2012), las discusiones en torno a la formación de profesores han girado sobre las necesidades formativas y el perfil del profesorado, los vínculos entre teoría y práctica, las peculiaridades de los procesos de enseñanza, los contenidos y las particularidades del saber profesional; a partir de este último cuestionamiento se originaron

dos modelos de formación, el Modelo Academicista (centrado en los saberes de la disciplina con aplicación en la práctica), y el Modelo Innovador y Constructivista (basado en la integración de teoría y práctica, saberes que se logran mediante procesos de innovación e investigación educativa). Si bien en ciertos sectores y programas de formación de profesorado de Biología de nuestro país, se dirigen esfuerzos inclinados hacia un modelo innovador, se advierte una coexistencia con el otro modelo, en acuerdo con lo descrito por Renglifo Gallego (2012) para la república de Colombia, cuando expresa:

...se forma a los profesores por una parte en un saber disciplinar y por otro lado en un saber del dominio técnico, formación que en algunas ocasiones, se encuentra a cargo de dependencias diferentes. Entre los saberes disciplinarios en que se forman los maestros de Ciencias Naturales en los programas de formación de profesores en el país, se encuentran los de la biología, la química y la física impartidos en los cursos de los departamentos de ciencias, y los saberes pedagógicos, didácticos y sociales impartidos en los cursos de educación específicos para la preparación como profesores; todos estos saberes se presentan en forma de cursos de contenidos. Esos saberes que el maestro debe aplicar en la práctica se encuentran disociados (p.26).

La consecuencia es una formación fragmentada que difícilmente contribuya a un construcción de saberes integrados por parte del futuro profesor de Biología, tan necesaria y demandada por las nuevas políticas educativas; se refuerza así una concepción de educación basada en el tratamiento de diversos y múltiples temas de un programa, sin abordarlos en un sentido amplio e integral (Barrios, 2003; Fabara, 2003).

2.4. El caso del profesorado de Biología en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP)

Lo enunciado no escapa al caso particular de la población bajo estudio; el profesorado en Ciencias Biológicas corresponde a una de las carreras de grado de la oferta académica de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) que depende del Departamento de Ciencias Exactas y Naturales; su Plan de Estudios es de 5 años de duración y se encuentra integrado por un conjunto de asignaturas con régimen anual o cuatrimestral según corresponda; muchas de estas materias o asignaturas de carácter disciplinar (eg. Introducción a la Botánica, Bioquímica, Ecología General, Histología y Embriología, Fisiología Vegetal, Genética, entre otras), se cursan en otras Facultades dependientes de la UNLP (Facultad de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Facultad

de Ciencias Médicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Facultad de Ciencias Exactas); esto se debe a que la FaHCE tiene a su cargo el dictado de las asignaturas del tronco pedagógico (Fundamentos de la Educación, Psicología y Cultura en el proceso educativo, Didáctica Específica y Prácticas docentes en Biología, etc.) y sólo de algunas materias disciplinares de la carrera (Anatomía Funcional, Biología General, Biología de los Invertebrados, Fisiología Humana). Esta estructura del plan de estudios está en sintonía con la idea de considerar a la formación universitaria desde una perspectiva global que puede definirse a partir de ciertos objetivos comunes o generales los cuales, según Freire y Rodríguez (2006), corresponden a un espacio que debe proporcionar la adquisición de conocimientos, el desarrollo de capacidades y competencias que permitan afrontar con éxito los retos de la sociedad y del mundo laboral, así como sus cambios, la cooperación entre Universidades o Unidades Académicas de una misma Universidad para desarrollar metodologías diversas para el abordaje de las diferentes problemáticas que se presentan en el quehacer académico. Cada año el número de alumnos ingresantes no supera los 40, con un número variable de alumnos que abandonan la carrera entre el primer y tercer año de estudios. Esto repercute como consecuencia natural, en un número reducido de cada cohorte de alumnos, que llega a cursar 4° y 5° año de la carrera, lo que es motivo de reflexión y análisis en el seno de la institución, observando la situación desde diferentes ángulos, y tratando de encontrar estrategias y soportes institucionales para atenuar esta fuga de alumnos en los primeros años de la vida universitaria. Este es un hecho que no solo se da en nuestro país y en la propia Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, sino que ocurre en diferentes países; la bibliografía existente al respecto señala que las cifras sobre retención en el sistema indican que un significativo número de estudiantes abandona su carrera en los dos primeros años, disminuyendo la proporción de estudiantes que desertan a partir de tercero (Canales y de los Ríos, 2009; Himmel, 2002). Esta realidad se presenta como un desafío para las instituciones de Educación Superior, ya que genera responsabilidades que pueden analizarse desde diferentes niveles o puntos de vista. Para contextualizar el problema resulta de interés considerar los orígenes diversos de los estudiantes en relación a la transición y adaptación a la vida universitaria, lo cual representa un desafío y genera estrés en los alumnos novatos. Algunas de las características de los alumnos universitarios a tener en cuenta respecto a sus orígenes son: Falta de hábitos de estudio, deficiencias en el manejo de contenidos, distancia entre las estrategias utilizadas en la escuela secundaria con aquellas a las que se recurre en la universidad, dificultades económicas, alejamiento del hogar, desconocimiento de la ciudad, entre otros. En cuanto a los aspectos relativos a la transición y adaptación a la Universidad, se

pueden considerar a su vez, aspectos que hacen al Ambiente Institucional como desempeño académico, interacción con pares y docentes y organización académica. La permanencia del estudiante en la carrera es la resultante de la interacción entre los alumnos ingresantes y la organización académica particular. Como resultado de esta interacción se forja una manera de ser estudiante, así como orientaciones y comportamientos que inciden en su desempeño (Guzmán Gómez y Saucedo Ramos, 2015). Cuando los estudiantes con características vulnerables no logran sortear con éxito los retos que representa la vida en la universidad se produce la deserción, es decir, el abandono de la carrera, más allá de que su vocación sea la de convertirse en profesor de Biología, de Física o de Química. Otra particularidad es que la población estudiantil no solo se encuentra conformada por jóvenes recién egresados del nivel secundario de la educación que optan por esta como primera carrera, sino que también se da la presencia de alumnos que ingresan a ella con una trayectoria previa, como segunda o tercera carrera; esto conforma un población heterogénea con recorridos diversos y discontinuos, característica que ha sido relevada también por otros autores (Guzmán Gómez, 2011).

Como se expuso, una característica propia del Profesorado en Ciencias Biológicas dependiente de la FaHCE es que tanto los estudiantes noveles como los avanzados, durante el período de cursado de la carrera deben transitar por diferentes unidades académicas dependientes de la UNLP, volviéndolo un ámbito complejo, debiendo adaptarse los estudiantes a la idiosincrasia de cada Facultad a la que concurre a cursar y rendir sus asignaturas; este contexto dificulta, incluso superado el primer tramo de la carrera, la permanencia en los últimos años de la misma. Esto no solo pone a prueba la capacidad de adecuarse a circunstancias diversas de los futuros profesores, sino, que en algunos casos, obstaculiza su permanencia y cuestiona su vocación. Ante esta realidad emerge la necesidad de generar oportunidades que permitan mejorar los niveles de permanencia en la Universidad a estudiantes vulnerables. Una respuesta a esta demanda es la implementación de programas de apoyo, pensados en función de realizar un seguimiento, soporte y asesoramiento a los alumnos a través de tutores a cargo de diferentes grupos de alumnos, tanto durante el curso de ingreso como en el transcurso del primer año y segundo año de la carrera, con el objeto de establecer vías de comunicación más directas entre la institución y los estudiantes. De este modo, y una vez detectadas las necesidades de los alumnos, será posible ofrecer mejores respuestas a las necesidades educativas, por lo tanto se promueven diversas formas de equidad educacional. A través de la implementación de este soporte se realiza un seguimiento del avance académico y orientación de los alumnos de los primeros años de la carrera,

buscando un impacto positivo en los años superiores y sobre un número creciente de alumnos al acompañar su progresión y egreso de la carrera. Además se pretende aumentar la calidad de la enseñanza y de los aprendizajes a partir de la generación de modalidades de acción que atiendan a las necesidades detectadas en la población estudiantil. Por otra parte se intenta contribuir a la superación de debilidades y a una colaboración y mayor integración de los actores involucrados, dado que este andamiaje no solo se da a través de la existencia de tutorías, sino por la necesaria presencia de docentes involucrados, que en definitiva, son quienes tienen un contacto más directo con el alumnado.

2.5. Nuevos retos para el profesional de la educación

La realidad descrita en el apartado anterior muestra un escenario variable donde la calidad de los recursos humanos en general y de los futuros docentes en particular, está dada por la capacidad de dar respuestas rápidas y eficientes a las situaciones cambiantes de un entorno en transición, donde no se producen sólo cambios técnicos, sino también cambios organizativos y culturales que afectan a la economía, a la conciencia social y al mundo subjetivo del individuo. Este fenómeno plantea complejos problemas a la sociedad y a los individuos; uno de ellos es el de las competencias laborales que se exigen de los profesionales de la educación. En las condiciones del cambio tecnológico actual la inversión en la formación, adiestramiento y capacitación de los profesores se traduce en una mayor eficiencia y calidad en todos los procesos y resultados (Soriano Roque, 2000).

Como sostienen Peme Aranega, de Longhi y Ferreyra (2008), es necesario recuperar los productos de las investigaciones e innovaciones en los fundamentos teóricos de la formación de docentes dado que éstos deben servir para revisar las propias prácticas y marcos de referencia personales. Una reflexión de este tipo debería constituirse en una actividad metacognitiva habitual del profesorado ya que de este modo se reconocen las dificultades, las diferentes alternativas de resolución que pudieran tener esas dificultades en los propios procesos de aprender y enseñar. Esta modalidad de práctica permite además identificar al proceso de aprendizaje en todas sus dimensiones; al respecto Lemke (2006) insiste en que “el aprendizaje no es fundamentalmente la adquisición de principios generales y abstractos, sino el desarrollo de hábitos y estrategias concretas, algunas más tácitas, otras más explícitas y reflexivas, para usar una variedad de herramientas, desde palancas y microscopios hasta fórmulas y gráficas, en tareas relativamente específicas en contextos particulares”(p. 9).

Ante esta mirada, el desafío es formar profesionales con esta perspectiva, que generen en sus alumnos una visión del conocimiento de las ciencias en general, no como una descripción de datos, sino como aspectos en los que pueden involucrarse y llegar a resolver situaciones problemáticas definidas por ellos mismos (Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006). Por otra parte, los conocimientos en el área evolucionan rápidamente y por lo tanto es necesaria una formación permanente en estos campos, así como en nuevas modalidades de enseñanza. Así, la prioridad en la adquisición de diferentes herramientas y estrategias que contribuyan a la mejora en la enseñanza de estas ciencias, se asocia con las dificultades para el aprendizaje que presentan los estudiantes en el área de las Ciencias Naturales; muchos alumnos sienten rechazo y desinterés hacia la Física, la Química y la Biología, y argumentan que los contenidos que se abordan son complejos y de difícil comprensión, que no les ven relación con su vida diaria, que no se ajustan a sus intereses o que no les encuentran utilidad para el futuro (García García y Perales Palacios, 2007; Lemke, 2006.; Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006, entre otros).

Es decir que, a la vez que los conocimientos se desarrollan a gran velocidad y hacen falta ciudadanos capaces de comprender cada vez esta nueva realidad, numerosos estudios ponen en evidencia que los alumnos muestran poco interés por estos campos de conocimiento. En concordancia con esto se observa que la sociedad ha cambiado, los alumnos han cambiado, pero las formas de enseñar en Ciencias Naturales han cambiado poco o no lo han hecho en la medida necesaria para ajustarse a estos cambios. Y esta podría ser una hipótesis que explicara las dificultades relacionadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en las prácticas de aula. Como afirman Palou de Maté y Pastor (2006), los juicios, decisiones y propuestas que hace el profesor se derivan de su peculiar modo de interpretar su experiencia; sus teorías y creencias determinan el modo como el profesor da sentido a su mundo en general y a su práctica docente en particular. Se designa como pensamiento práctico, a las teorías pedagógicas personales reconstruidas sobre la base de conocimientos pedagógicos históricamente elaborados y transmitidos a través de la formación y en la práctica pedagógica. Este pensamiento práctico se pone en evidencia al comparar los presupuestos pedagógicos y psicológicos, con sus estrategias de planificación, actuación y evaluación. Por ejemplo muchos docentes afirman no estar de acuerdo con la enseñanza tradicional y seguir la metodología constructivista, pero al observar su desempeño en el aula se pone en evidencia una clara postura tendiente a la enseñanza tradicional. En palabras de Lemke (2006):

Debemos cambiar las metas para que se ajusten mejor a los intereses de los estudiantes y a las problemáticas sociales. Debemos cambiar los métodos para apoyar el aprendizaje de los estudiantes en múltiples entornos y a través de múltiples medios. Debemos cambiar el currículo para apoyar el estudio más profundo de menos temas, más concretos. Sobre todo, debemos cambiar nuestras propias actitudes y creencias, para permitirnos hacer de nuestros estudiantes tan pares como se pueda en el diseño de su propia educación (p.11).

Estos planteos no hacen más que poner en evidencia algo que se discute en los ámbitos académicos desde hace varias décadas (Carbache Mora, 2015; Castedo, Alonso y Sandías, 2009; García Ruiz y Zubizarreta, 2012; Gimeno Sacristán, 2010; Lorenzo, 2017; Pérez Gómez, 2010; Perrenoud, 2010; Santos Guerra 2010; Santos Rego y Lorenzo Moledo, 2015; Venegas, 2012), esto es, la necesidad de dar un giro importante en la formación del profesorado buscando un nuevo perfil , más acorde con las demandas actuales de la sociedad y de los jóvenes.

Una alternativa que surge desde el sentido común y muy reclamada por el colectivo docente es la de escuchar realmente sus voces ante la posibilidad de una reforma educativa que debe ser acompañada por un cambio en el currículum y los planes de estudio de las diferentes carreras docentes; de este modo, una vez formada una primer generación de maestros y profesores bajo la nueva mirada, podría realizarse el cambio en la política educativa que atañe a los currículum y planes de estudio de la enseñanza primaria y secundaria; esto es, mirar no solo hacia afuera sino también hacia adentro.

3. Tercera Sección

Delineando el campo de estudio. El caso de la Genética.

3.1. Importancia de la Genética en el campo de la Biología

Los avances de la Genética en la actualidad, fruto de los últimos cincuenta años de investigación en el campo de la Biología, conciernen particularmente a la Genética Molecular y la Biotecnología. El desarrollo de conocimientos en el área es tal que no solo es abordado en el ámbito académico y escolar, sino también en los medios de comunicación social. En el campo que nos ocupa, la comprensión de ciertos procesos básicos es importante no solo para entender el modo en que se forman los gametos y su importancia como fuente de variabilidad, sino también para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia y la conservación del número cromosómico de cada especie. Pero no es sólo eso; para el futuro profesor de biología se trata de desarrollar capacidades relacionadas al análisis y resolución de problemas genéticos, de tomar decisiones didácticas apropiadas, entre otras. Sobre esta base, es necesario considerar que apreciar la importancia biológica de algunos contenidos centrales de la disciplina facilita el análisis de procesos complejos como la replicación del ADN y el flujo de la información genética de una generación a otra. Siguiendo la lógica disciplinar, la distribución aleatoria de los genes en la formación de los gametos y su encuentro en el momento de la fecundación, son contenidos que deben ser comprendidos antes de abordar el estudio de las leyes de la herencia. Valorando la relación existente entre el proceso meiótico y las Leyes de Mendel, probablemente la realización de ejercicios o problemas de lápiz y papel dejarán de ser ejecutados y enseñados de forma casi automática, para ser considerados como procedimientos válidos y provistos de significado, que permiten visualizar el modo en que se distribuyen los genes en la descendencia. En esta línea, la Historia de las Ciencias aporta ejemplos acerca de las barreras superadas en el desarrollo de la Genética como disciplina y el logro de avances en ese campo de estudio que le permitieron establecerse como disciplina científica. En la bibliografía relativa a la Filosofía e Historia de la Biología se abordan algunos de los problemas más interesantes con que se han enfrentado los científicos sobre estos tópicos; los mismos serán revisados sin pretender realizar un análisis profundo ya que se remitirá aquí a aspectos introductorios que contextualicen el tema objeto de esta investigación.

Los orígenes de la Genética como disciplina

Como se anticipó, la Historia de la Ciencia permite conocer aquellos conceptos que se encontraban presentes cuando se produjeron cambios importantes en el seno de una disciplina. Este aporte surge de su análisis, a partir del cual se pueden establecer los núcleos centrales que colaboraron con la reestructuración del conocimiento impulsando su avance, conocer los focos estructurantes de un determinado campo del saber, apreciar el valor de determinados conocimientos desde el punto de vista de su potencialidad organizadora, ofrecer ejemplos acerca de la funcionalidad de conceptos o teorías que actualmente han sido superadas. Además, el conocimiento de la Historia de las Ciencias alerta respecto a la complejidad de ciertos conceptos; también sobre su dificultad de comprensión y la probable existencia de obstáculos epistemológicos (Villamil Mendoza, 2008). Por otra parte, si bien no existe un acuerdo total al respecto, se ha propuesto la existencia de un paralelismo entre el desarrollo histórico de determinados conceptos y los razonamientos del alumnado, que puede contribuir a la comprensión de sus ideas y de la resistencia que suele presentarse para la apropiación de conocimientos. Sobre esta base, y considerando algunos cuestionamientos que se formularon los científicos en el pasado, es que se pretende realizar una síntesis del origen y desarrollo de las ideas correspondientes al campo de la Genética. Si se revisa brevemente la historia de la Genética y su surgimiento como disciplina, se destaca su gran desarrollo durante el siglo XX. Sin embargo, para llevar adelante una reseña histórica, es necesario remitirse a tiempos más distantes; en este sentido, las evidencias y documentos históricos muestran que hace aproximadamente 10.000 años se originó la agricultura y domesticación de animales, lo que condujo a la selección artificial de especies de interés para la alimentación de las poblaciones. Otro aspecto se relaciona con los antiguos griegos y egipcios, como Hipócrates y Aristóteles (siglos V y IV antes de Cristo respectivamente), quienes buscaban respuestas a interrogantes relativos a los mecanismos de la herencia; en este sentido, Aristóteles postuló una teoría llamada *esencialismo* que planteaba que la totalidad de las especies comparten una esencia propia y distintiva que las vuelve originales (Paz-y-Miño y López-Cortés, 2014; Pierce, 2006; Rodríguez Arnaiz, Castañeda Sortibrán y Ordáz Tellez, 2004); analizó además dos hipótesis opuestas en la búsqueda de una explicación respecto al modo en que se produce el desarrollo embrionario de un ser vivo: el desarrollo podría explicarse por un origen precedente en el embrión, caso en el que sólo debía crecer (idea propuesta por Demócrito en el siglo V a. C), o se forma en cada generación desde el origen del proceso, ya que no existía previamente (Ferrero Casero, 2016;

Miramontes, 2002; Vecchi y Hernández, 2015). Estos cuestionamientos continuaron en el siglo XVII y XVIII; una de estas ideas asociada al creacionismo y arraigada en el siglo XVII fue que en el embrión se encontraban presentes todas las partes del individuo adulto, por lo que este solo debía aumentar de tamaño. Esta idea se conoce como *Teoría de la Preformación* (Giordan *et al.*, 1988; Roa, 2016; Vecchi y Hernández, 2015) y considera la existencia previa, ya sea en el interior del óvulo o del espermatozoide, de un ser preformado vinculado a un acto creador anterior. La *epigénesis*, más ligado al animismo y al vitalismo, fue otra de las tesis que se plantearon; en ella se sostiene que el material embrionario se presenta amorfo en un principio, y luego sobreviene una etapa de ordenamiento para dar origen a las formas del ser vivo. Muchos científicos preformistas de la época, denominados *ovistas*, pensaban que el óvulo contenía un ser humano completamente formado, aunque de pequeño tamaño; otros, llamados *espermistas*, *homunculistas* o *animaculistas*, creían que dentro de cada espermatozoide había una criatura diminuta (un homúnculo u hombrecito), que era un ser humano en miniatura. (Ferrero Casero, 2016; Villee *et al.*, 1992); esta idea fue acuñada en 1694 a partir de los trabajos de Nicolás Hartsoeker, quien refirió haber observado en el esperma humano a un hombre completo en miniatura, al que se llamó “homúnculo” (Figura 9), y que era la prueba del preformismo (Paz-y-Miño y López-Cortés, 2014; Pierce, 2006; Suárez y Ordóñez, 2010). Paralelamente, interesa mencionar que hasta el siglo XVII no se tenía conocimiento sobre los gametos; Barros (1985) refiere que el primero en observar espermatozoides al microscopio fue un estudiante de medicina llamado Johan Hamm en 1667, quien lo comunicó al microscopista Antony van Leeuwenhoek (1632-1723); en 1679, y luego de haber realizado numerosas observaciones de espermatozoides de distintas especies (insectos, peces, aves, conejos, perros y humanos), Leeuwenhoek lo comunicó a la Sociedad real de Londres. En lo que respecta al óvulo, fueron pioneras los estudios de Swammerdam (1637-1680) y Regnier De Graff (1641 -1673), pero fue Karl Ernst von Baer (1792-1876) quien comunicó en 1827, su rol fundamental en la fecundación. Si bien diferentes investigadores, entre los cuales destaca Spallanzani, continuaron con estudios y observaciones en este sentido, no había acuerdo respecto al papel representado por los espermatozoides en la fecundación. Recién entre 1875 y 1879 Hertwig y Fol demostraron la penetración de los espermatozoides en el huevo y la unión de los pronúcleos, suceso que permitió aceptar que el espermatozoide participa e inicia el desarrollo del huevo.

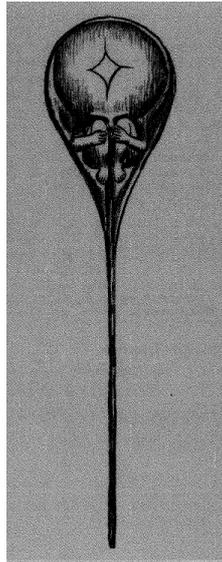


Figura 9. *Homúnculo*, hombre completo en miniatura; idea acuñada en 1694 a partir de los trabajos de Nicolás Hartsoeker, quien refirió haber observado en el esperma humano. Tomado de Pierce 2006, p 11.

Durante el siglo XVII, además de las contribuciones de los investigadores mencionados, merecen citarse las de Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), cuyas ideas ayudaron a consolidar el concepto de reproducción asociado al de especie. Fue Gaspar Federico Wolff (1733-1794) quien demostró las carencias del preformismo y propuso la teoría de la epigenética para explicar el desarrollo lo cual tuvo una enorme incidencia sobre la embriología y sus posteriores avances. Sin embargo, desde el punto de vista hereditario seguía arraigada la postura preformista, pero para mediados del siglo XIX estas ideas comenzaron a perder fuerza o a modificarse, dando lugar a una hipótesis muy aceptada en ese tiempo, la de la *Herencia Mezcladora o Mezclada*, en la que se argumentaba que cuando se combinan un espermatozoide y un óvulo, ocurre una mezcla de material hereditario (Makinstian, 2012; Peteiro y Jurado, 2012; Pierce, 2006; Sánchez Mora, 2009). En esa época, Gregor Mendel, preocupado por la *hibridación* (1822-1884), señalaba que la herencia se transmite mediante elementos particulados o factores hereditarios; por otra parte, él entendía que tanto los gametos masculinos como los femeninos aportaban por igual a la conformación de los descendientes. Los aportes de Walter Flemming (1843-1905) resultaron valiosos al respecto, ya que permitieron investigaciones posteriores que condujeron a la identificación de los cromosomas como material nuclear, cuyo número es constante en un mismo organismo y característico de los individuos de una misma especie.

Refiere Unamuno Adarraga (1997) que la expresión *herencia biológica* se ha utilizado durante mucho tiempo, y es una terminología que proviene de fechas anteriores a los trabajos de Mendel, período para el cual era adecuada dado el desconocimiento del material genético

y su ubicación en las células que se tenía; dicha denominación se asociaba a la necesidad de comprender la transmisión de caracteres de una generación a otra. Sin embargo, en la actualidad resulta más apropiado utilizar el término *Genética*, el que resulta más amplio y abarca también el estudio del material hereditario; interesa además, la naturaleza del material hereditario, dado que permite explicar su facultad de contener una información y transmitirla. Por esto se lo concibe en términos de programa en el que existe un mensaje que puede pasar de una generación a otra; a su vez, el mensaje puede traducirse en forma constante en el propio sujeto y llevar a cabo sus instrucciones, ya que la decodificación del mensaje de los genes y la traducción a proteínas permite la ejecución de dichas instrucciones:

El concepto de programa es, pues, mucho más profundo que el de “herencia biológica”. En primer lugar se refiere a la posibilidad de encerrar en los genes una información específica e individual. En segundo lugar implica la traducción de ese mensaje a las proteínas y su ejecución. Sólo en tercer lugar este mensaje puede también pasar a la generación siguiente, en la reproducción. La Genética explica las razones por las que conservamos nuestras características biológicas, después de haberse renovado toda la materia de nuestro cuerpo. Genética, pues, no es sinónimo de «herencia biológica», que sólo representa un aspecto parcial de la misma (Unamuno Adarraga, 1997, p.324).

Entre los sucesos de importancia en este campo es de destacar que en la primera mitad del siglo XIX comienza a edificarse la Teoría Celular, desarrollo al que contribuyeron el zoólogo F. Schwan (1810-1882), el botánico M. Schleiden (1804-1881) y el patólogo R. Virchow (1821-1907). En la segunda mitad de este siglo se produce una visión unificada de la Biología, tal vez generada por el establecimiento de la Teoría Celular que, en 1858 Virchow amplía al adjuntar el principio de la continuidad de la vida por división celular: “*Toda célula precede de otra célula*”. Esta idea de la célula como unidad reproductora condujo a la búsqueda de los factores de la herencia y fundó los cimientos para el origen de la Genética; sin embargo esta es una ciencia propia del siglo XX, que surge al reconsiderarse los aportes de Mendel en 1900, los cuales son puestos en valor a partir de los trabajos de tres investigadores que, trabajando sobre el mismo problema, arriban a los mismos resultados que Mendel; dada su trascendencia, William Bateson (1861-1926), en 1906, escribió un texto donde le dio el nombre a esta ciencia (“*Genética*”), término que se adoptará en este trabajo de Tesis. Respecto a tal denominación, si bien no se profundizará sobre ello, ha fluctuado, según la perspectiva de análisis que se adopte, entre Genética Mendeliana o mendelismo, -teoría de la herencia desarrollada en la primera mitad de este siglo por William Bateson y sus colaboradores- y Genética Clásica o formal -término vinculado a Thomas Hunt Morgan y sus

discípulos-; ambas teorías, se ocupan de la *transmisión hereditaria*, en las que se siguen de una generación a otra, distintos caracteres o rasgos denominados *fenotipos*; luego, en la distribución de dichos rasgos en la descendencia, se distinguen razones numéricas en forma de frecuencias relativas. A partir de ello, para informar de esas distribuciones, se establecen tipos y números de *factores* o genes, los *genotipos*. La diferencia entre ambas posturas radica básicamente en la interpretación que hacen de los genotipos (Lorenzano, 1998).

Las contribuciones de Mendel

A mediados del siglo XIX las causas de la variación no estaban dilucidadas aún, marco en el que existían posturas encontradas y debates acalorados en la comunidad científica de la época. Una de ellas, como se mencionó, fue la denominada “Herencia Mezclada”, según la cual al unirse las células sexuales masculina y femenina, se produce una mezcla de material hereditario. En este escenario, los trabajos de Mendel contribuyeron a la erradicación de la creencia en la Herencia Mezclada (Makinistian, 2012; Peteiro y Jurado, 2012; Sánchez Mora, 2009). Para Mendel la herencia no se debía a fuerzas o excitaciones (como creían muchos de sus contemporáneos), sino a materiales concretos provistos por las células maternas y paternas. Su mayor aporte o contribución fue que sobre la base de sus escritos y de los “elementos” a los que se refería, se refutó el postulado de “partículas múltiples” con el postulado de “partícula unitaria”; si bien Mendel no establece que los elementos sean partículas, sí parecen ser elementos materiales que también podrían entenderse como sustancias fluidas o emulsiones en lugar de como partículas, sin embargo, no se identifican claramente con los genes, factores, alelos o factores alelos o alélicos de la genética “clásica”, “formal” o “mendeliana” (Lorenzano, 2007). De todos modos, y a pesar de estas observaciones, otra contribución importante de Mendel fue que permitió develar que estas partículas existen en conjuntos que actualmente se denominan genes y sus alelos, y que su importancia radica en que a través de ellos se pudo explicar la segregación y la recombinación (Mayr 2004 a en Barahona, Suarez y Martínez, 2004). Sin embargo, los aportes de Mendel no fueron reconocidos por la comunidad científica de su época. El redescubrimiento de las Leyes de Mendel a principios del siglo XX permitió que las generalizaciones por él realizadas sentaran las bases para el desarrollo de la Genética después del año 1900; este fue casi explosivo e impulsó diversos análisis con distintos enfoques: científicos, filosóficos, éticos, políticos y educativos. En este siglo entonces, se produce la emergencia de la Genética como disciplina científica, dado que las numerosas y variadas

investigaciones que se produjeron, permitieron la generación de los conocimientos estructurantes de este dominio (Bowler 2004 en Barahona et al., 2004).

Evolución de la Genética durante el Siglo XX

Si se atiende en particular a la historia de la Genética durante el siglo XX, esta se puede dividir en tres períodos (Figura 10); en primer lugar el período o época clásica fundacional (1900-1940), correspondiente al primer tercio del siglo; luego, el período o época intermedia (1940-1970), relacionado con los descubrimientos básicos en el nivel molecular. Finalmente, el período o época contemporánea, desde 1970 hasta la actualidad, donde los investigadores orientaron sus esfuerzos a manipular y descifrar el genoma humano y el de otras especies (Cruz Coke, 1999, 2003; Gómez, 2007).

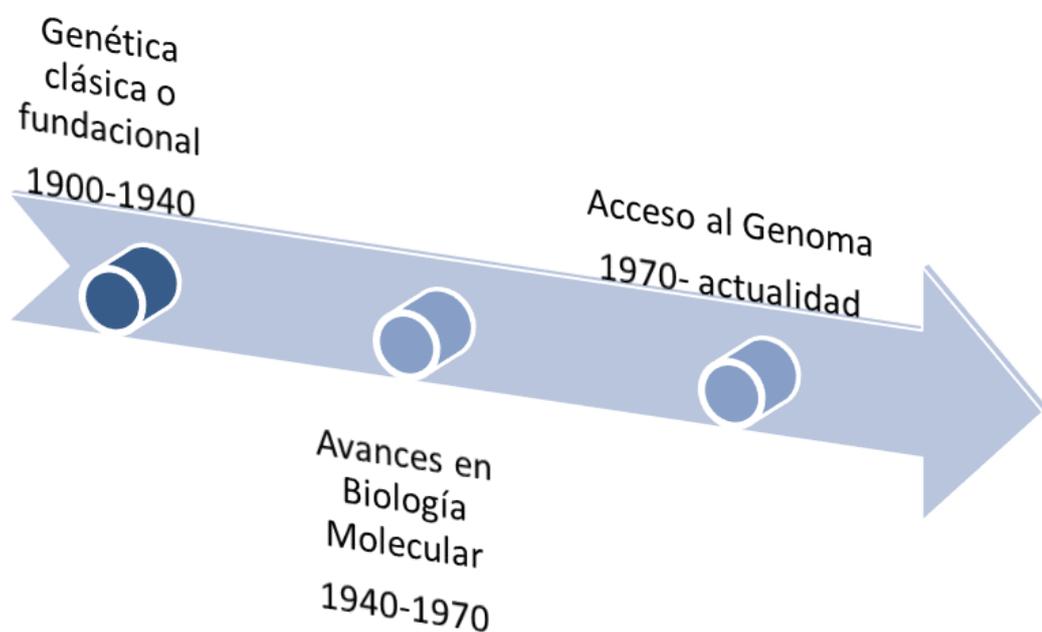


Figura 10. Períodos de la historia de la Genética durante el siglo XX.

Período clásico (1900-1940): La Genética fundacional

Uno de los acontecimientos más relevantes de este período es el redescubrimiento de las Leyes de Mendel, de modo simultáneo e independiente, y sin tener conocimiento de los trabajos de Mendel, a partir de las investigaciones de Carl Correns en Alemania (1864-1933), Hugo de Vries en Holanda (1848-1935) y Eric Von Tschermak en Austria (1871-1962) que conducen a la integración de los estudios citológicos y genéticos. En este período también se

establece la relación entre los principios mendelianos y la conducta de los cromosomas en la meiosis, sobre la base de las observaciones realizadas por Theodor Boveri (1862-1915) y Walter Sutton (1877-1916). En Inglaterra, William Bateson (1861- 1926), lee el artículo escrito por Mendel, reconoce su importancia y lo difunde en la comunidad científica; en 1906 escribió un texto donde acuña el nombre de Genética para designar a esta ciencia. Posteriormente Wilhelm Johannsen (1857-1927) introduce el término Gen para designar a los “factores hereditarios” de Mendel. Merecen citarse además los trabajos de Thomas Hunt Morgan (1866-1945) y su equipo de colaboradores, quienes se suman con sus estudios a la investigación básica sobre genética, amplían y relacionan estos conocimientos con los generados hasta el momento sobre citología, y colaboran así a la constitución de la Genética Clásica como la teoría de la herencia por todos reconocida; son también pioneros por sus estudios sobre la herencia ligada al cromosoma X y las bases cromosómicas del ligamiento. Otro hito importante fue el que se produjo a partir de las investigaciones de Sutton, en EEUU, y Boveri, en Alemania, quienes en 1903, advirtieron que existía correspondencia entre la herencia de los factores hereditarios y la conducta de los cromosomas durante los procesos de meiosis y fecundación; a partir de estas observaciones concluyeron que los factores hereditarios radicaban en los cromosomas. Argumentaron que había una relación entre el comportamiento de los cromosomas en los procesos de meiosis y las leyes de Mendel (Hipótesis Boveri-Sutton). Esta tesis proporcionó los fundamentos para que Morgan enunciara en 1915, la Teoría Cromosómica de la Herencia (Senior Martínez, 2012).

Estos investigadores, entre otros, contribuyeron con sus trabajos al establecimiento de la Genética como ciencia, generando más investigaciones y nuevos descubrimientos. Durante la época clásica fundacional de la Genética, también comienza a resolverse el conflicto relativo a la naturaleza de la variación sobre la que se produce la Evolución; como se expuso anteriormente, este debate se resuelve con la integración de resultados provenientes del campo de la Genética y la Teoría de la Selección Natural. Es el surgimiento de la Teoría Sintética de la Evolución (Neodarwinismo). Por otra parte, desde fines de la década del `20 hasta los inicios de 1950 surgen los elementos que permitirán el surgimiento de la Biología Molecular; son pioneros los trabajos con bacterias del microbiólogo Frederick Griffith en 1928 quien notó la existencia de algo (“principio de transformación”) que era heredable y que volvía patogénicas a las bacterias. Las líneas de estos trabajos fueron retomadas por el médico microbiólogo canadiense Oswald Avery y sus colegas Colin MacLeod y Maclyn McCarthy, quienes concluyeron que la virtud patogénica heredable residía en el ADN, resultados que fueron publicados en 1944. “y la lógica conclusión era que los genes eran

ácido desoxirribonucleico, pero nadie se atrevió en ese momento a romper con el paradigma vigente que cifraba en las proteínas la capacidad genética” (Senior Martínez, 2012, p.75).

Período intermedio (1940-1970): Los descubrimientos en Biología Molecular

Durante este período se llevan adelante gran variedad de estudios a nivel molecular orientados a encontrar explicaciones relacionadas a la naturaleza del material hereditario (Olby, 1991); se establece el dogma central de la Biología Molecular que explica el sentido del flujo de la información genética: ADN →ARN →Proteínas. Además, se generan avances en el conocimiento de la estructura y función de los cromosomas y se produce el surgimiento de las técnicas de manipulación de ADN. Sin embargo, el hito más representativo de este período es el establecimiento del modelo en doble hélice del ADN por James Watson y Francis Crick en 1953; el mismo, fue el producto del trabajo de muchos investigadores que habían generado los conocimientos previos que condujeron a este resultado. Como consecuencia, se suceden diversas investigaciones que conducen a otros nuevos conocimientos: Mathew Meselson y Frank Stahl en 1957, establecieron que el ADN se replicaba semiconservativamente; se descubre el ARN mensajero; se termina de develar el código genético y surgen las técnicas de manipulación del ADN.

Período contemporáneo (1970- actualidad): El acceso al Genoma

Este período se caracteriza por el advenimiento de las técnicas de manipulación genética: aislamiento de enzimas (como las endonucleasas de restricción y la transcriptasa inversa); obtención in vitro de ADN recombinante; desarrollo de técnicas de secuenciación del ADN y reacción en cadena de la polimerasa; organismos transgénicos (moscas y ratones principalmente); obtención del primer mamífero clonado (la oveja Dolly, en 1996); nacimiento del primer vacuno clonado en la Argentina (la ternera *Pampa*, en 2002); consecución del Proyecto Genoma Humano (obtención de la secuenciación completa del genoma humano). Como consecuencia del éxito de este último se abrieron las puertas a una gran diversidad de investigaciones en este campo que representan los nuevos desafíos para el siglo XXI (Davies, 2001).

Lo expresado es la síntesis del camino de las ideas sobre Genética a través de un recorrido histórico en el cual se han esbozado algunos debates de interés que condujeron a los conceptos centrales de este campo, en el que se siguen generando controversias y polémicas (éticas, políticas, sociales, etc.). Justifica también este trayecto, el valor que revisten ciertos temas para la sociedad en general, pero particularmente para aquellos que dedicarán sus

esfuerzos a la enseñanza de los fenómenos relacionados con la herencia y la variación, sus implicancias y discusiones actuales, pues es en este escenario donde se integran los diversos contenidos de la disciplina, aproximándose en mayor o menor medida a la comprensión de la realidad. Una derivación vinculada a la línea de tiempo narrada habilita a pensar que si a los científicos que trabajaron en este campo les llevó tanto tiempo construir los conceptos centrales de la disciplina ¿Por qué deberíamos asumir que los alumnos de cualquier nivel de la enseñanza lo conseguirán de un modo integral en un tiempo tan acotado como el que habitualmente se le destina al tratamiento de estas y otras temáticas? Es muy probable que el logro en construcción de los saberes centrales respecto al campo de la Genética en los futuros profesores de Biología, resulte conflictivo y con particularidades que es interesante conocer; y que será necesaria una reconstrucción de los mismos durante los períodos de formación inicial para tener una idea aproximada de las características que lo atraviesan.

La continuidad genética de la vida: Un principio portador de conceptos estructurantes o metaconceptos trascendentes para la educación en Biología

La continuidad genética de la vida como principio unificador de la Biología

Según Meyer (1987), la continuidad genética de la vida es una conceptualización que se sostiene partiendo del pasaje de ADN de una generación a la siguiente, por lo que la continuidad de la vida mediante la herencia y la evolución es uno de los conceptos biológicos importantes que deben ser considerados en cualquier curso de biología; este concepto integrador es uno de los principios unificadores de la Biología (Fernández, 2006; Meyer, 1987; Stebbins, 1978), y, si bien es el resultado del trabajo de muchos investigadores, remite en forma particular, a los trabajos de Gregor Mendel y Charles Darwin. Por esta razón se efectuará una referencia abreviada sobre estos aportes y sus puntos de contacto. En este sentido, cabe mencionar que en 1859 el naturalista británico Charles Darwin (1809-1882) publica su libro “El origen de las especies”, en el que exponía sus ideas respecto a la Evolución Biológica, según las cuales las diversas formas vivientes se originaron a partir de otras distintas que existieron en el pasado, mediante un proceso de descendencia con modificación. La teoría estaba sostenida por gran cantidad de información y evidencias que había acumulado mediante la observación, recolección de muestras y ejemplares, experimentación e intercambio con otros naturalistas; además, su capacidad para sintetizar estos hechos en un todo coherente, convergieron en una explicación a favor del hecho evolutivo: la Selección Natural. Por otra parte, Darwin introduce el pensamiento poblacional:

para él, las diferencias que existen entre los organismos de una población, a las que se suman el espacio y el tiempo, dan lugar a la Evolución Biológica. Si bien Darwin tuvo éxito en convencer a la comunidad científica sobre la existencia y el significado de la Evolución, su teoría tenía una debilidad: “él no sabía nada sobre las causas de la variabilidad hereditaria, y sus opiniones sobre este tema no eran ni lógicas ni consistentes” (Stebbins, 1978, p. 11). Darwin opinaba de forma similar a la mayoría de los criadores de animales y los que podían considerarse genetistas humanos de su época, que el material hereditario tenía las propiedades de un fluido (*pangenes*), y que las características intermedias de los híbridos entre razas o cepas, resultaban de la mezcla de los fluidos de los padres en el cuerpo de los híbridos. Sin embargo, la respuesta que demostraba que la herencia no está determinada por un fluido sino por partículas individuales, ya se conocía por los experimentos de Mendel (factores hereditarios según Mendel o genes); pero Darwin no estaba informado al respecto. El monje agustino Gregor Mendel (1822-1884), un desconocido para los naturalistas de la época, publica en 1865 sus trabajos sobre experimentos de hibridación en plantas, en una publicación científica con una tirada de sólo 120 ejemplares en el Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales en Moravia, Checoslovaquia. En el mismo se presentaron los trabajos realizados en el guisante *Pisum sativum*, considerados fundacionales en el ámbito de la Genética (Camero, 2003). Un diseño experimental sencillo, al que se suma el análisis cuantitativo de la información obtenida, fueron las piezas principales que le permitieron a Mendel una clara exposición de los resultados de su estudio, siendo el tratamiento matemático que hizo de los datos –basado en álgebra combinatoria-, lo más novedoso de su investigación (Castro Moreno, 2013). El trabajo experimental llevado a cabo por Mendel, basado en procedimientos estadísticos simples, refutó la herencia de los caracteres mezclados y demostró que la herencia se transmite mediante elementos particulados o factores hereditarios. Pero pese a su importancia, los trabajos de Mendel no fueron apreciados por la comunidad científica que tuvo acceso a su comunicación oral y publicación. Cabe destacar en este punto lo mencionado por Klein (1972), quien señala que Mendel tuvo en su poder el libro “*El Origen de las especies*” de Charles Darwin. El mismo se encuentra en el Museo de Mendel en el Monasterio de Brunn, con las marcas de sus pulgares y sus anotaciones en el margen. Es admisible entonces una simple pregunta: “¿Por qué no escribió Mendel a Darwin?” (Klein, 1972, p.89). Dos potenciales argumentos, quizás no excluyentes, pueden responder esa pregunta. Si bien Mendel sabía que había descubierto algún principio básico de la herencia, su carácter introvertido le impidió tomar contacto con Darwin, el cual, en ese momento, era reconocido en la influyente sociedad inglesa. Otra posibilidad es que,

conociendo el impacto negativo con que en principio tomó la iglesia a la Teoría de la Evolución de Darwin, la misma no vería apropiado el contacto entre Mendel y Darwin. Este último argumento, coincide con el hecho de que tres años después de publicados sus trabajos, Mendel fue designado Abad del monasterio, cargo que lo alejó casi completamente de sus experimentos (Klein, 1972). Sin embargo, Sánchez Mora (2009), relata que en la biblioteca de Darwin se encontró una enciclopedia alemana sobre cría de plantas, que contenía el resumen del trabajo de Mendel; la hoja contigua contenía el trabajo de otro autor, y en la misma había anotaciones realizadas por Darwin, cosa que no había en la hoja donde figuraba el artículo de Mendel. Esta observación puede sugerir que las ideas de Mendel llegaron a Darwin, pero este no se detuvo en ellas, cosa que, de haber ocurrido, probablemente le hubiera aportado a Darwin la información necesaria para describir la herencia y su vinculación con la Teoría de la Selección Natural. Lo referido inevitablemente lleva a preguntarse ¿Qué hubiera sucedido si Mendel hubiera transmitido a Charles Darwin sus resultados? ¿Hubiera sido posible el postulado de la Teoría Sintética de la Evolución con un siglo de anticipación? ¿Cómo hubiera repercutido en la sociedad? En palabras de Senior Martínez (2012) “Mendel y Darwin, contemporáneos que nunca se conocieron, se encuentran por fin en el cielo teórico 70 años después de su mejor producción intelectual gracias a la síntesis matemática de herencia y evolución” (p.73).

El redescubrimiento de las leyes de Mendel en 1900 (en forma independiente por Hugo de Vries –Holanda-, Carl Correns –Alemania- y Erich von Tschermak Seysenegg –Austria-), en lugar de reforzar la teoría darwiniana de la selección natural, disminuyó la reputación de Darwin entre los biólogos de la época. Las ideas, aparentemente opuestas, de Mendel y de Darwin suscitaban debates entre los científicos seguidores de una u otra postura. Esta pugna prosiguió durante muchos años, en los cuales se fueron acumulando numerosas evidencias que permitieron a un grupo de biólogos, entre 1930 y 1937, aunar los resultados obtenidos en el campo de la Genética con la Teoría de la Selección Natural. Surge entonces la Teoría Sintética de la Evolución (Neodarwinismo), que amplió la teoría de Darwin a la luz de la Teoría Cromosómica de la Herencia, de la Genética de poblaciones, el concepto biológico de especie y otras nociones de Biología y Paleontología. Contribuyeron a ella Huxley (1825-1895), Dobzhansky (1900-1975), Mayr (1904-2005), Stebbins (1906-2000) y Simpson (1902-1984) (Berry, 1982; Stebbins, 1978). Además, la original perspectiva matemática introducida por Mendel al tratar los datos de su estudio adquirió un soporte geométrico a través de los cuadros que diseñaron Reginald Crundall Punnett (1875-1967) y otros a principios del siglo XX; estos cuadros, denominados *cuadros o cuadrados de Punnett*, consisten en una tabla que

representa de modo sencillo las posibles combinaciones de genes en la progenie una vez ocurrida la fecundación (Castro Moreno, 2013; Wimsatt, 2007).

La continuidad genética de la vida como depositaria de conceptos estructurantes o metaconceptos

Pero este es recién el comienzo del recorrido que se pretende realizar, dado que la continuidad genética de la vida mediante la herencia y la evolución, además de constituirse como un principio de referencia, o unificador de la Biología, se posiciona, por esta razón, en el campo de la enseñanza como poseedora de conceptos estructurantes o metaconceptos, nociones centrales de la Biología de trascendencia para la educación (Castro Moreno y Valbuena Ussa, 2007; Bustamante y Jarrin, 2018; Mayr, 1998). Conviene aclarar aquí que se entiende por concepto y que por concepto estructurante o metaconcepto. Se entiende por conceptos a los módulos elementales y, en consecuencia, indispensables, de cualquier modo, de conocimiento humano y en particular, del conocimiento científico. Los conceptos posibilitan al sujeto reconocer, cotejar y distinguir los objetos de los que se compone el mundo real; pero ocurre que durante el proceso de comprensión ocurre una pérdida de información, por lo que ningún concepto capta totalmente la realidad; son importantes aquí las palabras, los términos que expresan un concepto en particular (Díez y Moulines, 2008; Melo Salcedo, 2013). Para el caso de conceptos estructurantes o metaconceptos, Gagliardi (1986), señala que un concepto estructurante es “Un concepto cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera e incluso transformar los conocimientos anteriores” (p.31). Una vez interiorizado un concepto estructurante, por su capacidad de transformar al sistema cognitivo, encaminan a una nueva estructura conceptual que permite avanzar en el aprendizaje. En sintonía con Gagliardi (1986), Aguilar Correa (2013) los conceptualiza del modo siguiente: “entendemos los conceptos estructurantes como los grandes conceptos que permiten a los alumnos comprender, entender, articular y transferir desde otra perspectiva cognitiva determinadas materias” (p.270). Por otra parte, al aprender un concepto estructurante, en el sujeto ocurren variaciones que afectan su capacidad de aprender, ya que el aporte de otras informaciones promueve el desarrollo otras capacidades y de nuevos aprendizajes (Gagliardi, 1995). Existen autores que señalan que este tipo de conceptos permite edificar esquemas conceptuales que actúan como eje al cual se vinculan más fácilmente otros contenidos de índole específica, de modo que estos se vuelen más comprensibles favorecen relaciones de significado y permiten una adecuada articulación entre contenidos (Liguori y Noste, 2007).

En la misma línea teórica, Merino (2004) se refiere a los conceptos estructurantes o metaconceptos como sigue:

Los metaconceptos suponen la creación de un lenguaje común a los diferentes ámbitos del saber, y con ello también contribuyen al acercamiento entre los conocimientos específicos disciplinares, la búsqueda de correspondencias entre las ideas y conceptos, procedimientos y actitudes. Su rasgo peculiar es el de ser "conceptos de síntesis", lo cual los hace muy útiles para comprender de manera integradora la realidad, y establecer pautas para intervenir favorablemente sobre ella (p. 315).

En el caso de la Genética, ciertas nociones son consideradas como estructurantes o metaconceptos por su preponderancia actual en el campo de esta ciencia y porque son conocimientos que resultan esenciales para el aprendizaje de la misma y por sus alcances en la traslación de conocimientos a otros territorios de las ciencias. Estos conceptos considerados clave o estructurantes, actúan como verdaderos “conceptos de síntesis” y “nociones-puente” (Merino, 2004), que permiten que se integren otros y se edifiquen conocimientos más complejos, jerarquía que merecen algunos conceptos como meiosis, gen, cromosoma, gameto, entre otros, ya que la consecución de estos saberes actúa como andamiaje para aproximarse a otros de mayor complejidad (Diez de Tancredi, 2006; Gagliardi, 1986), como es el caso de los significados asociados a las leyes de la herencia, su terminología y derivaciones. Esto significa que la construcción de estos conceptos estructurantes posibilita otros aprendizajes a partir de la transformación que se produjo en su sistema de conceptos (Bachelard, 2007). Desde la perspectiva de Armúa de Reyes (2003), el trabajo en las aulas partiendo de conceptos estructurantes, permite el diseño de propuestas didácticas superadoras dado que posibilita una selección de contenidos desde una mirada más integradora, mirada que concuerda con Castro Moreno y Valvuela Ussa (2007) cuando expresan que recurrir a los conceptos estructurantes para el trabajo en el aula puede colaborar en construir una estructura conceptual de la Biología más pertinente y con mayores oportunidades para la enseñanza.

Algunas características propias del vocabulario biológico

Polisemia y significado de términos

Dado que uno de los conceptos sobre los que se indagará es el término *gameto*, y sobre la base de los fundamentos anteriores, resulta una “noción-puente”, es necesario realizar algunas aclaraciones ya que, debido a su naturaleza multisémica o polisémica, requiere ser contextualizado. Se trata de una noción amplia que no puede definirse unívocamente, sino en

el marco de contexto de uso; esto podría explicar por qué en los textos, ciertos términos aparecen referenciados de diferente manera según el aspecto del problema que se esté considerando. Así, por ejemplo, si se pretende encontrar una única definición que contemple todos los aspectos del concepto de “mutación”, se incurre en un error; según autores como Fuentes (2006), Kostina (2009) y Luengo-González (2018), no se podrían abarcar todas las presentaciones de “gen” en una definición, a menos que se esté intentando dar una idea justamente de su multirreferencialidad.

Respecto a la polisemia o pluralidad de significados de ciertos términos biológicos y el uso de un mismo término o palabra para designar diferentes significados, González García y Tamayo Hurtado (2000) señalan que:

Existen diversos conceptos biológicos que la comunidad científica define de forma distinta según el criterio utilizado o el contexto en que se sitúen. Este hecho no impide el desarrollo de la ciencia, pero en ocasiones queda reflejado en los textos de enseñanza obligatoria y puede dificultar la comprensión de los contenidos de aprendizaje (p. 5).

Por otra parte, como ocurre con otras disciplinas, para la enseñanza de la Biología es necesario ser precisos con el lenguaje y utilizar adecuadamente la terminología específica; el lenguaje propio de cada ciencia requiere que cada concepto se asocie a un término, que este sea universal y que a través de esas palabras se pueda expresar un concepto único. En este sentido suelen utilizarse palabras que ya existen con un significado diferente o más restringido; ciertas palabras se han concebido para dar nombre a nuevos conceptos, recurriendo a neologismos, derivados del latín o del griego, lo que además aporta un significado etimológico. Un ejemplo de ello es la palabra *recesivo*, establecida a partir de los trabajos Mendel y que se encuentra afianzada en el lenguaje biológico; la misma indica el intervalo o receso que se produce en una generación de individuos, con respecto a un rasgo heredable, y que aparece nuevamente en la siguiente generación (Unamuno Adarraga, 1997).

Significado del término gameto

En relación al término *gameto*, si recurrimos a su significado de diccionario se encuentran registros tales como “Célula reproductora, cuyo núcleo sólo contiene un cromosoma de cada par, que cuando se une con otra de su misma especie y sexo distinto origina un nuevo organismo” (DLE, 2016), “Célula reproductora, masculina o femenina, cuyo núcleo solamente contiene un cromosoma de cada par, y que puede unirse a otro gameto de sexo

opuesto, en la fecundación, pero no multiplicarse por sí sola. La unión de gametos da origen al cigoto.” (Diccionario Enciclopédico Larousse Editorial, 2009), “Cada una de las células sexuales, masculina y femenina, que al unirse forman el huevo de las plantas y de los animales” (DLE, 2014). Si en cambio tomamos las definiciones de un texto básico de Biología, como Audesirk, Audesirk y Byers (2013), el término gameto se define como “célula sexual haploide, por lo general un espermatozoide o un óvulo, que se forma en los organismos de reproducción sexual” (p.921); en una obra de Genética como Barahona y Piñero (2011), encontramos que en su Glosario, gameto se conceptualiza como “Célula sexual, espermatozoide y óvulo, que porta cada uno la mitad del material genético (por lo que son haploides) y que al unirse conforman el cigoto o huevo fecundado, a partir del cual se genera un nuevo ser vivo”. Se observan aquí similitudes entre las definiciones de diccionario con la de texto básico, surgiendo en el texto especializado dimensiones de complejidad mayor.

Si revisamos la historia del concepto, la palabra gameto fue introducida en el lenguaje de la genética y la embriología hacia finales del siglo XIX, con la intención de denominar genéricamente a las células sexuales; para ello se recurrió a dos vocablos de origen griego: *γαμετή* gameté 'esposa' o *γαμέτης* gamētēs 'marido' (DRAE, 2014). Si estas palabras se hubieran adaptado al castellano, o por la vía intermediaria del latín, hubieran dado como resultado una palabra terminada en *-ta*, como gameta. Pero la palabra se adaptó al francés bajo la forma *gamète*, y de allí se tradujo luego a las otras lenguas; cuando se la tradujo al español se adaptó con *-o* final ya que el término en francés era empleado como masculino. Al acuñarse y generalizarse esta traducción, la forma aceptada en español es *gameto*, si bien la terminación en *-ète* francesa se vincula frecuentemente a femeninos, y algunas lenguas la adaptaron así *-gameta-*. En este trabajo de tesis se utilizará indistintamente *gameto* y *gameta*, dado que ambas modalidades son de uso frecuente en el vocabulario de docentes, estudiantes y textos (aunque en estos últimos, *gameto* es el más utilizado).

En palabras de Melo Salcedo (2013) “Los conceptos nos permiten identificar, comparar y diferenciar los objetos de los que consta el mundo real” (p.104). Esta autora refiere que en la historia de la biología abundan ejemplos de modificaciones de los conceptos antes de llegar a la conceptualización actual, tales como evolución, genética, especie, célula, gen, entre otros. Las mismas son construcciones que se dieron gradualmente, a partir de datos concretos o reales, y que llevaron a la elaboración detallada y organizada de un concepto:

La diversidad conceptual de gen es resultado principalmente de las explicaciones dadas a los fenómenos relacionados con herencia, diversidad y con su regulación, dominio espacial, estructural e incluso temporal, que se han elaborado en diferentes momentos mediados por los avances tecnológicos y los modelos experimentales empleados (Melo Salcedo, 2013, p.106).

En este sentido, las palabras nos remiten a los conceptos ya que a través de ellas se expresa dicho concepto (Díez y Moulines, 2008), de allí el interés por explorar las manifestaciones de los profesores en formación en relación al concepto de gameto, otro término polivalente o polisémico.

Explicaciones teleológicas

Mayr (2006), se refiere a la teleología, indicando que *telos* (del griego τέλος, "fin", "objetivo" o "propósito") se ha utilizado en el sentido de indicar “la terminación de un proceso dirigido hacia un final” (p.68); este sentido finalista (destino o utilidad que se da a algo), en el campo biológico, ha sido objeto de discusiones respecto al significado del término *función*, dado que las estructuras propias de un ser vivo no surgieron con un objetivo o fin, es decir que no son objeto de un diseño o plan previo, sino el producto de la selección natural. Sin embargo, “La explicación teleológica puede considerarse como un caso especial de antropocentrismo, ya que con ella explicamos los fenómenos naturales en términos de propósitos o intenciones que es el modo en que vemos los comportamientos humanos” (González García y Tamayo Hurtado, 2000, p. 16). Según Saborido (2014):

En las ciencias biológicas la concepción teleológica se ha atrincherado en el concepto de función. El concepto de función biológica está muy presente tanto en el hablar común como en el científico y constituye una herramienta esencial de las explicaciones de las ciencias biomédicas. Esto puede apreciarse en enunciados tan habituales como “la función del corazón es bombear la sangre a través del sistema circulatorio”, “el hígado del paciente no está funcionando correctamente”, “la función de la cola del pavo real es la de atraer a la pareja” o “los lípidos tienen una función en el desarrollo del cerebro (p.285).

Si se la considera desde la semiótica, una función es el conjunto de elementos y las relaciones entre ellos que son necesarias para definir una estructura. En esta investigación se considera que la función es el efecto por el cual el rasgo fue seleccionado o el efecto que actualmente contribuye a la preservación y reproducción del organismo individual, es decir que la palabra función se utilizará en relación a su importancia, como actividad propia de un organismo, un órgano o una célula; en este sentido cuando se indaga respecto a la función de los gametos se hace referencia a los procesos esenciales que la definen o caracterizan, entonces, se empleará

el término *función* con el objeto de referir al papel biológico de un rasgo o proceso, a su rol o papel causal (Mayr, 2004 b), o, como señala Caponi (2010), refiriendo a ellas como explicaciones de diseño.

El campo de la Enseñanza de las Ciencias y los desafíos de la Educación actual

Analizar la evolución del conocimiento en una disciplina, como se ha intentado hacer en forma esquemática en el apartado anterior, resulta fundamental cuando dicha disciplina ocupa un lugar de importancia en los diseños curriculares de distintos niveles de enseñanza. En general, puede afirmarse que la enseñanza de las ciencias se enfrenta hoy a desafíos que se relacionan con los rasgos que caracterizan a la época actual, signado por los avances científicos y tecnológicos. Desde diferentes ámbitos se impulsa la incorporación de la ciencia con el objeto de mejorar la enseñanza de la misma en todos los niveles educativos; además estas iniciativas proponen incorporar la ciencia a la cultura general de todos los ciudadanos. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, los resultados no son muy satisfactorios. Diversos autores han expresado las deficiencias en materia de cultura científica que presenta la población en general en diversos países (Grinell, 1992; Jara, 1990; Perkins, 1995). En este sentido Perkins (1995) identifica dos grandes deficiencias de la educación actual: el conocimiento frágil y el pensamiento pobre. Con el primero se alude fundamentalmente a aquello que el estudiante supuestamente ha aprendido y entra en la esfera del olvido. Es ese conocimiento que se pone en juego para rendir un examen, y que luego no se recupera, ni se utiliza. El pensamiento pobre implica que no se piensa valiéndose de lo que se sabe. Razonar, argumentar, resolver problemas, son las prácticas más elementales que necesita un pensamiento estratégico y activo (Martínez Torregosa 1987). Según opinión del autor será lo mismo que no tengan ciertos conocimientos si con estos los estudiantes no aprenden a pensar. La clave entonces radica en operar sobre ese conocimiento, pero no solamente para recordarlo, sino para poder explicarlo, compararlo, sacar conclusiones, etc. Ello supone poner en juego las habilidades cognitivas en un marco de complejidad creciente estableciéndose así la relación de estos conocimientos con las competencias científico-tecnológicas que se requiere para actuar en el mundo contemporáneo. Así, la diferencia entre los individuos radicaría en la forma en la que se hace uso de los conocimientos y el modo en que se los combina para realizar diferentes acciones con el objeto de solucionar problemas diversos. Esto se debe a que las personas aprenden, representan y utilizan el saber de muchos y diferentes modos. Considerado lo mencionado, en un mundo caracterizado por cambios acelerados en la producción de conocimiento e información, y por la acción modificadora de

la tecnología sobre el comportamiento cultural de las personas y de la sociedad en su conjunto, urge contar con ciudadanos dotados de competencias científico tecnológicas que permitan el desarrollo social, cultural y económico de los pueblos; ello plantea la responsabilidad ineludible para los educadores de aproximar dicho conocimiento a la vida cotidiana, con la intención de lograr una alfabetización científico-tecnológica tendiente a mejorar la calidad de vida de la sociedad. Una adecuada formación científica contribuirá significativamente a que las próximas generaciones se desenvuelvan mejor, piensen en forma autónoma y crítica y sean capaces de tomar sus propias decisiones. Como se mencionó en la Segunda Sección de este Marco Teórico y en concordancia con Acevedo Díaz, et al. (2003), la comprensión de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad es necesaria para que los alumnos puedan adoptar una actitud crítica frente al desarrollo científico-tecnológico y las consecuencias que de él se derivan; para alcanzar esta meta se requiere de docentes capaces de promover la alfabetización científica y tecnológica en sus alumnos como lo señalan algunos informes de política educativa de organismos internacionales como UNESCO, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, y nacionales como la Comisión Nacional para el Mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática (2007). Por ello se hace necesario replantear las estrategias de innovación curricular y formación del profesorado otorgando participación a los profesores para que los cambios curriculares se lleven adelante eficazmente (Vilches, et al., 2004). Esto supone un conocimiento real respecto de los saberes de los futuros profesores de ciencias, una comprensión acerca del estado de situación sobre los mismos, sus fortalezas y debilidades, para luego actuar en consecuencia.

Por otra parte, diversas investigaciones (Perkins, 1999; Pogré, 2003) enfatizan la necesidad de replantear la calidad de los aprendizajes alcanzados por los alumnos en edad escolar como desempeños flexibles o desempeños de comprensión; esto implica pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe relacionando, comparando, diferenciando analizando, tomando decisiones, fundamentando y justificando, entre otros procesos mentales. Se evidencia comprensión cuando somos capaces de hacer ciertas cosas con cierto saber, por lo que las reformas curriculares llevadas a cabo durante las últimas décadas en la educación en ciencias se orientan, hacia la ya mencionada alfabetización científica de la ciudadanía. En este sentido, las preocupaciones curriculares centradas en la adquisición de conocimientos científicos, se han modificado y tratan de incorporar aspectos que permitan a los alumnos resolver problemas, utilizar caminos alternativos y tomar conciencia de las complejas relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente. En síntesis, se enfatiza el entender a la

ciencia como parte de la cultura actual (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001; Gil Pérez y Vilches 2001).

Al respecto Pérez Gómez (1991), considera a la escuela como un espacio ecológico de significados en el que existe una determinación contextual del aprendizaje; por lo tanto, debe construir puentes entre la cultura académica tradicional, la cultura de los alumnos y la cultura que se está creando en la comunidad social actual. También sostiene que la escuela debe promover una enseñanza y aprendizaje que permita interpretar la realidad y tomar decisiones al respecto, que los saberes logrados se incorporen no solo en la estructura semántica académica que utiliza el alumno para resolver con éxito las demandas del aula, sino en su estructura semántica experiencial, mediante un proceso de intercambio y negociación de significados, creando así un espacio de conocimiento compartido. Así, los alumnos aprenden a pensar y a actuar utilizando la cultura pública para transformar su propio pensamiento y sus hábitos de comportamiento, construyendo la realidad y elaborando cultura a su vez. Existen diversas investigaciones internacionales (Acevedo et al., 2005; Nieda et al., 2003; Vilches y Furió, 1999) que plantean que para que las reformas educativas tengan éxito, además del impulso y el apoyo que las administraciones públicas deben prestar a estos procesos, resulta absolutamente necesario mirar hacia la práctica docente. Habría que aportar más información sobre las razones que pudieran explicar el distanciamiento entre las finalidades propuestas por el currículo, la orientación de la enseñanza en las aulas y los aprendizajes de los alumnos. Se entiende entonces que es necesario dirigir los esfuerzos hacia aprendizajes que persistan toda la vida y que contribuyan a los intereses de los estudiantes y la sociedad. Para que esto sea posible, es necesario tomar como punto de partida el análisis de los factores que actualmente no favorecen el logro de tales metas. Este es el contexto actual que se presenta como un desafío para enseñanza de las ciencias en general; en este contexto se instala la enseñanza de la Genética en particular, disciplina dinámica con un crecimiento y desarrollo vertiginoso en las últimas décadas; tal es así que estas temáticas han sido incorporadas y tienen un peso importante en las propuestas pedagógicas de los diseños curriculares de distintos niveles educativos. Detenerse en su análisis implica hacer foco en determinados aspectos del conocimiento de la disciplina, cuestión que resulta fundamental cuando dicha disciplina se sitúa en un lugar de importancia no solo en el que nos ocupa, sino en los diseños curriculares de otros niveles de enseñanza. Como ejemplo, al analizar un Documento Curricular como el Diseño curricular para Biología de 2° año Escuela Secundaria Básica (SB), Provincia de Buenos Aires (Zysman y Paulozzo, 2007), se observa que en el Marco General del documento, el apartado dedicado a las Ciencias Naturales y en particular la

sección dedicada a la Biología plantea una fundamentación basada en el abordaje de los contenidos considerando tres modos de pensamiento -ecológico, evolutivo y fisiológico-, por considerarlos fundamentales para la comprensión de procesos biológicos: “Cualquier análisis en biología está atravesado, actualmente, por estos modos de pensamiento. A veces, el objeto de estudio requiere que se recurra a más de uno o a todos, otras veces, prevalece alguno frente a otros” (p.37). Para el análisis, interesan algunos aspectos particulares, como los que aparecen en el diseño cuando se señala que “...un ciudadano, científicamente alfabetizado, debe conocer las implicancias sociales y éticas de la investigación en biología y de los productos teóricos y materiales que de ella se derivan” (p.37). Al respecto, y de un modo general, puede afirmarse que la enseñanza de las ciencias se enfrenta hoy a desafíos que se relacionan con los rasgos que caracterizan a la época actual, signado por los avances científicos y tecnológicos, que tienen implicancias en diversas áreas. Desde diferentes ámbitos se impulsa la incorporación de la ciencia con el objeto de mejorar la enseñanza de la misma en todos los niveles educativos; estas iniciativas proponen incorporar la ciencia a la cultura general de todos los ciudadanos, de allí la importancia del carácter democrático de la educación actual, dado su carácter prescriptivo.

Importancia de la Genética en el campo de la Enseñanza de la Biología

La consolidación de la Genética como disciplina condujo a la incorporación gradual de los contenidos correspondientes a su esfera, en los diseños curriculares y planes de estudio de los diferentes niveles de la educación, determinando que actualmente, los contenidos relativos a la biología molecular de la célula, su organización y fisiología, la reproducción celular y sus vinculaciones con los mecanismos de la herencia, son abordados con diferentes niveles de complejidad, durante los períodos de formación que corresponden a la enseñanza primaria y secundaria; así, se aproxima a los alumnos a conceptos que son necesarios para comprender el modo en que la información genética se almacena, se expresa y se transmite de una generación a otra. Esto se expresa como anteriormente se refirió, por ejemplo, en el diseño curricular para Biología de 2° año Escuela Secundaria Básica (SB), Provincia de Buenos Aires (Zysman y Paulozzo, 2007), donde se observa que, tal como están formulados, los contenidos siguen claramente el eje evolutivo donde prevalece también como eje estructurante, otro principio unificador de la Biología, como la continuidad genética de la vida. Por lo expuesto y siguiendo con este ejemplo tomado como caso bajo análisis cabe preguntarse: ¿Qué conocimientos sobre mecanismos de reproducción y herencia deben adquirir alumnos de 2° año en Biología de la ES? ¿Es relevante desarrollar la reproducción en

las diferentes formas de vida sin haber trabajado previamente el proceso meiótico? ¿y los contenidos de genética clásica sin haber trabajado meiosis? Si bien se entiende que los docentes pueden tomar diferentes caminos al diseñar sus clases, la forma de presentar los contenidos puede favorecer aprendizajes integrales, o interferir en la identificación de la meiosis con la formación de gametas y la segregación de caracteres, y en la correspondencia entre la generación de diversidad de genotipos con el proceso meiótico; el rol del docente y las decisiones que toma contribuyen por otra parte a la percepción acerca de las estrechas relaciones entre la división meiótica, la teoría cromosómica de la herencia y las leyes de Mendel. Los mismos, si bien despiertan interés social, resultan de difícil comprensión, aspecto que la investigación educativa ha puesto de manifiesto en el área de la Didáctica de las Ciencias (Ayuso et al., 1996; De Baz, 2007; Domingos dos Santos, Gouvea y Faria, 2015; Gallarreta, 2001; Gallarreta, 2003a; Grande, et al., 2009; Knippels et al., 2005; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006, entre otros). La consecuencia directa de estas dificultades es una conceptualización frágil que actúa como barrera para el aprendizaje de contenidos disciplinares de mayor complejidad y abstracción (Legarralde, Vilches y De Andrea, 2014; Lewis y Wood-Robinson, 2000). Para ello es necesario abandonar el supuesto de que “que el conocimiento se transmite de la cabeza del profesor a la del alumno. Bajo este supuesto la educación consiste en una transferencia de conocimiento por medio del lenguaje (ya sea oral o escrito). El lenguaje sirve como un sistema de signos en el cual el maestro codifica su mensaje que el pupilo que conoce el lenguaje puede decodificar y llegar por lo tanto a entender el mensaje” (Martínez 2001, p.298-299).

Castro Moreno (2013) enfatiza que los saberes vinculados al conocimiento científico no sólo son teóricos, sino que también son de naturaleza práctica, cuestión relevante en el caso particular de la Genética y su configuración histórica como un problema científico donde las prácticas mencionadas son de diversos tipos:

...las históricas o narrativas [representadas principalmente por la construcción de historias clínicas y pedigrees]; las experimentales [especialmente hibridaciones de plantas]; las estadísticas (fundamentalmente en lo que atañe a algunas técnicas como la regresión y la reversión, así como a la realización de argumentos probabilistas); las geométricas [como las que están implicadas en la elaboración de cuadros de Punnett y mapas cromosómicos]; las matemáticas [concretamente las que usan el álgebra combinatoria para determinar ciertas características de la progenie]; las de modelización [por ejemplo las que conllevan la construcción de modelos como el del ADN y el del operón Lac]; y las de laboratorio [específicamente las que están implicadas en la cría, mantenimiento y cruzamiento de distintas cepas de mutantes de la mosca de la fruta *D. melanogaster*] (p.103).

El autor sugiere que este tipo de saber práctico deviene en contenidos procedimentales importantes para la enseñanza de la biología, pero también de especial relevancia en los procesos de formación de profesores. Por lo expuesto, y dada la importancia que estos temas tienen en el currículo actual, resultan de interés las investigaciones que se ocupan de estudiar los conocimientos, los saberes de diferentes grupos de estudiantes respecto a ellos, pero también las causas que interfieren en el aprendizaje de los tópicos referidos a los principios de Genética, así como de proponer alternativas para su superación (Banet y Ayuso, 1995; Bugallo Rodríguez, 1995; Lewis y Wood-Robinson 2000). La mayoría de los estudios citados, relativos a los obstáculos que presenta el aprendizaje de los contenidos de genética se han llevado a cabo en el nivel medio de la educación; estudios realizados con alumnos de la enseñanza secundaria han arrojado resultados como los que menciona Caballero Armenta (2008), quien señala una serie de insuficiencias que pueden influir en la comprensión correcta de los contenidos de genética, y que en su opinión responden a las siguientes causas: confusión para identificar la localización del material genético, su vía de transmisión y el significado de conceptos básicos de genética; ausencia de conocimientos adecuados sobre la reproducción sexual de las plantas; falta de conocimiento de los conceptos de probabilidad y otras variables estadísticas. Sin embargo, existen investigaciones (Abril, Muela y Quijano, 2002; Charrier Melillán, Grande, Basque y Vilanova, 2008; Figini y De Michelli, 2005; Grande et al., 2008; Rendón et al., 2008, entre otros), que han puesto en evidencia que al terminar la educación secundaria, aquellos alumnos que optan por carreras de orientación biológica, se encuentran con dificultades para comprender procesos complejos relacionados a estos tópicos; es decir que se detectan problemáticas asociadas a los saberes sobre genética, tanto en la educación media como en la educación superior, por lo que el tratamiento de estos temas adquieren mayor relevancia cuando se trata de estudiantes que optan por la carrera docente, ya que en un lapso breve, se encontrarán frente a un curso de algún nivel escolar compartiendo estos saberes con sus alumnos. La persistencia de algunas representaciones y comprensiones no logradas en futuros profesores pueden contribuir a generar una suerte de ciclo o círculo en el que se comparten significados construidos en forma inadecuada (Figura 11).

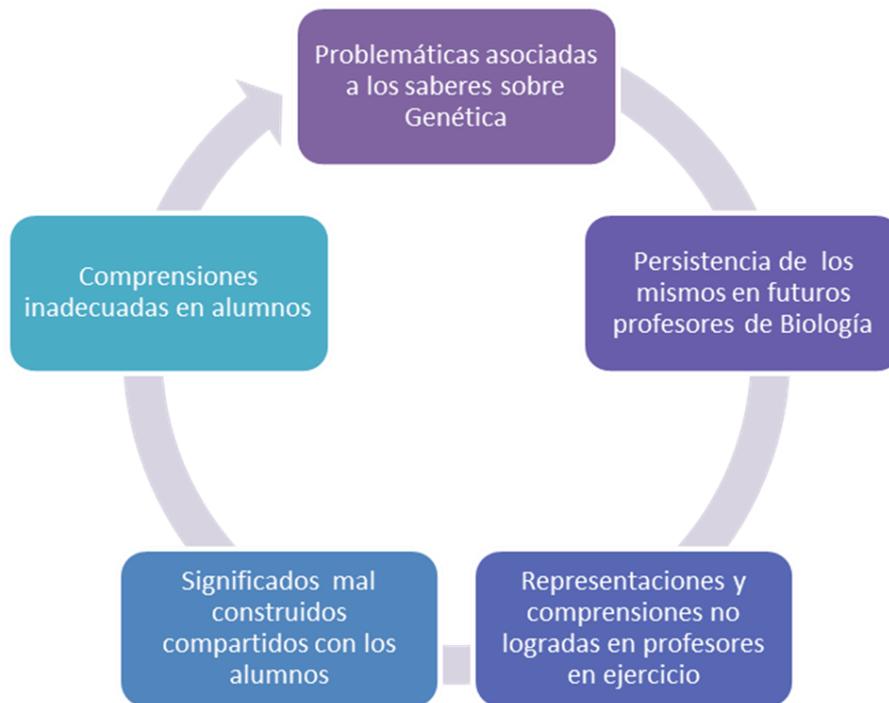


Figura 11. Diagrama que se genera entre profesores y alumnos por la persistencia de comprensiones inadecuadas asociadas a los saberes en el campo de la Genética.

Por lo señalado, los diferentes saberes de los futuros profesores, son aspectos relevantes para este estudio y, dado que las investigaciones en el campo de la Biología referidos a los contenidos de Genética, se han centrado en general en el nivel medio de la educación, se definió el área de interés objeto de esta investigación, acotándolo a la Enseñanza Superior y centrándolo en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

La delimitación del campo de estudio y el análisis de la literatura pertinente, permitió definir la necesidad de realizar sondeos que posibiliten identificar y caracterizar los saberes acerca de algunos conceptos centrales del campo de la Genética de los alumnos del profesorado en Ciencias Biológicas, así como reconocer las comprensiones inadecuadas que se presentan en los estudiantes.

Considerando que en un aspecto de este estudio el acento está puesto en la Enseñanza Superior y en los saberes sobre Genética de los futuros profesores, la revisión de la literatura sobre el tema mostró que las investigaciones llevadas a cabo con estudiantes de este nivel (Terciario o Universitario) no es tan abundante como la referida a la Enseñanza Secundaria, donde es más profusa; además en la información de la que se dispone se destaca la necesidad de realizar relevamientos sobre este campo disciplinar en el nivel superior de la enseñanza.

La situación no ha cambiado desde que Gallarreta (2001) realizara un extenso análisis de las investigaciones llevadas a cabo sobre el tema; en la misma, sostiene:

La revisión bibliográfica realizada, si bien no agota los trabajos sobre el tema, al menos pone en evidencia que abundan las investigaciones sobre ideas de los alumnos en el área, pero que muy pocos se han focalizado en el nivel universitario. [...] No obstante, no se han relevado otros trabajos con estas características llevados a cabo en nuestro país, lo que parece indicar la relevancia de una exploración en este sentido (p. 47).

En el período transcurrido desde que la autora realizara dicha observación, se han llevado a cabo otros estudios en los que han participado estudiantes del nivel superior y universitario (Gallarreta 2001, 2003b; Rodríguez Palmero, et al. 2001; Gallarreta, 2003b; Rodríguez Palmero, 2003; Charrier Melillán et al, 2008; Rendón et al, 2008; Klautau, Aurora, Dulce, Silviene, Helena y Correia, 2009); entre ellos, algunos consideran como población de estudio a alumnos de Profesorados en Ciencias Biológicas (Aguilar, 2008; Grande et al, 2008; Legarralde et al. 2012, Legarralde et al., 2014). Estas investigaciones muestran la información de la que disponemos y plantean la necesidad de continuar con los relevamientos sobre este campo disciplinar y en este nivel de la enseñanza, particularmente en el ámbito de la formación del profesorado en Ciencias Biológicas.

Por otra parte, diferentes autores (Campanario, 2001; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001, Perales Palacios y Jimenez Valladares, 2002; Martínez García, 2003; Tamayo Hurtado y González García, 2003, entre otros), han puesto de manifiesto a través de sus investigaciones, la influencia que puede ejercer la bibliografía utilizada para la enseñanza en el aprendizaje de los contenidos. La bibliografía consultada muestra que las investigaciones llevadas a cabo sobre el tema que nos ocupa se han realizado sobre todo con textos y estudiantes del nivel secundario de la educación (Bugallo Rodríguez, 1995; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Ayuso y Banet, 2002; Knippels et al, 2005; Martinez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006; Bonzaninni y Bastos, 2008; Caballero Armenta, 2008; González et al., 2008; Obregón, Armúa y Soto Oca, 2008; Grande, et al., 2009); sin embargo, si bien no es tan abundante, existen también referentes de interés centrados en el análisis de libros universitarios o destinados a la enseñanza superior (Cubo de Severino, 2002; Ferreiro y Ocelli, 2008; Llompert, et al., 2014; Rodríguez Palmero, 2003; Rodríguez Palmero y Marrero Acosta, 2003). A la luz de los materiales revisados se observa que los libros de texto podrían originar, condicionar, consolidar o influir en el logro de aprendizajes sobre contenidos generales de Genética. Los mismos señalan que una de las líneas a continuar

explorando en este sentido, es el tratamiento que se da a estos temas en los libros de texto destinados a la enseñanza superior, aspecto que se constituyó, por tanto, en otra finalidad de este trabajo de Tesis, focalizando en un análisis del abordaje que se realiza en los mismos de algunos conceptos centrales del campo de la Genética.

Bajo estos fundamentos se expondrán a continuación en dos apartados, parte del sustento teórico revisado sobre la construcción de saberes en el campo de la Genética y sobre análisis de libros de texto como objeto de investigación haciendo énfasis en este campo disciplinar.

4. Cuarta Sección

La construcción de saberes en el campo de la Genética

Como se expresó en la sección anterior (*Delineando el campo de estudio. El caso de la Genética*) los avances producidos en el último medio siglo en el área de la Genética son generadores de profundos debates sociales (éticos, religiosos, económicos, políticos), los cuales también se dan en el seno de la disciplina; el recorrido histórico de su origen muestra que ha suscitado tensiones y controversias que cambiaron la dirección del progreso científico y que condujeron a los conceptos actuales de este campo. Estas controversias y debates alcanzan también al campo de la educación, particularmente en lo que atañe a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de nociones que resulta necesario comprender adecuadamente para poder avanzar en la comprensión de aspectos más complejos, los cuales involucran no solo contenidos conceptuales o disciplinares sino también procedimientos y actitudes privativas del área. Por esta razón, indagar sobre los saberes de los futuros profesores de Biología respecto a aspectos genéticos que resultan nodales para la comprensión de otros más complejos se constituyó como uno de los ejes de esta investigación, cuya contribución reviste importancia en este dominio. Estos contenidos, que resultan de difícil comprensión para los estudiantes, justificaron además una exploración sobre los libros de texto utilizados para estudiar estos temas en este nivel de la enseñanza, entendiendo que sus hallazgos pueden servir como base para fundamentar futuras intervenciones didácticas, además de contribuir a la construcción de un marco teórico al respecto, que permita profundizar en la comprensión de los procesos involucrados en la formación de estos saberes.

Características de la construcción de saberes en el campo de la Genética

Dado que la construcción de saberes en esta área resulta compleja y las problemáticas referidas a los aprendizajes son diversas y no exclusivas del campo de la Genética, como una forma de aproximación al tema bajo estudio, se recurrió a su abordaje considerando tres dimensiones (Figura 12), que atienden a aspectos generales y particulares en relación a los saberes genéticos y a las diferentes variables que inciden en su de aprendizaje, se entretajan y los atraviesan:

- Dimensión vinculada a la construcción de saberes científicos.
- Dimensión relativa a la construcción de saberes sobre estructura y dinámica celular.
- Dimensión vinculada a la construcción de saberes del área de la Genética.

A partir de este abordaje se pretende realizar un planteo del escenario que se presenta en las aulas de los niveles medio y superior de la enseñanza respecto a la existencia de problemas, dificultades y obstáculos de diversa índole, que causan interferencias o se oponen al logro de aprendizajes adecuados y a la consecución de saberes en este sentido, afectando los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general, al campo de la Biología en particular y al área de la Genética de manera específica, dado que es la disciplina sobre la cual se centrará el análisis en el presente estudio.

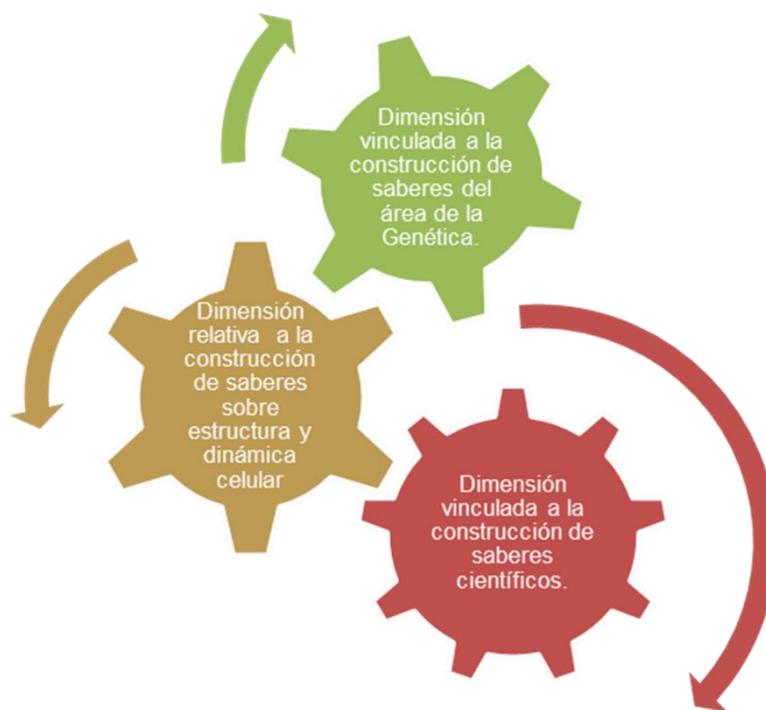


Figura 12. Diagrama de engranaje que muestra el abordaje teórico utilizado para mostrar ideas que se entrelazan en forma de dimensiones que inciden en la construcción de saberes en el campo de la Genética.

Dimensión vinculada a la construcción de saberes científicos

La construcción de saberes científicos de los futuros docentes y la formación permanente de los docentes en ejercicio se presenta como una preocupación en diversos escenarios educativos, con el énfasis puesto en acompañar el desarrollo de las prácticas pedagógicas y un interés asociado a la transformación de los saberes pedagógicos disciplinares en saberes sociales para el desarrollo cultural; el crecimiento de las sociedades viene acompañado de la construcción de saberes que son legitimados con los progresos tecnológicos y científicos que permiten ver al mundo contemporáneo como un agregado dinámico, formado por un conjunto

interconectado de saberes (Pérez-Jiménez, 2003). Ello plantea necesariamente la exploración de diversos espacios educativos en la búsqueda de diagnósticos reales de cada contexto. En esta línea, la literatura muestra que en diferentes estudios, llevados a cabo mayoritariamente con poblaciones de edades distintas a las de los participantes en este trabajo de Tesis, se han identificado y descrito características propias de la construcción del conocimiento científico, y dificultades que suelen estar muy arraigadas y pueden interferir en el proceso de aprendizaje de contenidos científicos; entre ellos, muchos aluden a las concepciones alternativas y a las dificultades de aprendizaje en general, otras al aprendizaje significativo, a los obstáculos y a las representaciones. El logro de un aprendizaje con significado nos conduce a recordar la célebre frase de Ausubel (1978), en la que alude a que si tuviera que reducir la psicología educativa en un solo principio se decidiría por averiguar lo que el alumno ya sabe y enseñar en consecuencia.

Refiriéndose a los diferentes enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas, Pinto et al. (1996), señalan que los errores conceptuales, es decir las respuestas incorrectas que dan los alumnos ante determinadas situaciones en las que deben utilizar un concepto, no se deben simplemente a olvidos o equivocaciones, sino que están arraigadas y son resistentes al cambio o a ser sustituidas, además son similares en estudiantes de diferentes países.

Aludiendo especialmente a las dificultades de aprendizaje Solbes (2009), expresa: “Cada vez más la investigación didáctica en este dominio está viendo que las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a deficiencias conceptuales en el aprendizaje como son las debidas a la existencia de concepciones alternativas” (p.6). Este autor señala que los alumnos también presentan dificultades de aprendizaje en otras dimensiones como la metodológica, centrada en las estrategias de razonamiento que utilizan los estudiantes, o la propiamente afectiva que impregna el clima de aula. En este sentido recomienda ampliar el concepto de dificultades de aprendizaje e incluir aquellas que se deben a formas de razonamiento de “sentido común”, a actitudes negativas de los estudiantes, etc. Señala además como conveniente, contemplar el aprendizaje de los conocimientos científicos en sentido amplio, “como un proceso al que es necesario incorporar otras estrategias que no solo favorezcan los cambios conceptuales sino también otros tipos de cambios como los procedimentales y los axiológicos.” (p.15).

Cuando los sujetos comparten sus creencias con su grupo social, se construyen conocimientos que son asimilados por los mismos, pasando a formar parte de su acervo cultural; las mismas pueden generar dificultades en las instancias de instrucción, y si no se las tiene en cuenta, constituirse en verdaderos obstáculos. Es decir que las dificultades no son tomadas como

sinónimo de obstáculos; la línea que se sigue es la de considerar que las dificultades, cuando existen, si no son atendidas, pueden representar obstáculos. Al respecto Bachelard (1993), ha planteado la necesidad de considerar el tema de los obstáculos en el ámbito de las situaciones educativas, señalando que los mismos se oponen a la construcción del conocimiento científico por parte de los estudiantes; si estos son superados se construye el nuevo conocimiento. Estos obstáculos que se oponen a la construcción del conocimiento científico por parte de los alumnos, son denominados por el autor como “obstáculos pedagógicos”. Para él, los mismos se relacionan con el conocimiento cotidiano, conocimientos que se construyeron a partir del sentido común y que deben ser desestructurados como condición previa para que los aprendices adquieran conceptos científicos. Entre los obstáculos que deben superarse y que el autor identifica, uno es el representado por la valoración que realiza el individuo de los datos que surgen de una experiencia; otro está dado por las generalizaciones del sujeto sobre un tema, las cuales resultan superficiales y suelen bloquear el interés por conocer. También señala obstáculos de tipo verbal, referidos a los significados que tiene un término en el ámbito científico y en el lenguaje cotidiano. Por su parte, una utilización inadecuada de analogías y metáforas pueden convertirlas en otro obstáculo a ser superado, y dentro de un marco epistemológico, Bachelard (1971, p.72) llama Nociones-Obstáculo a aquellas nociones que frenan la cultura y contra las cuales debemos prevenirnos. En un enfoque más propio de la psicología del aprendizaje, Moreira y Greca (2004) hablan de obstáculos representacionales, o sea representaciones (internas o externas) que obstaculizan la construcción de nuevas representaciones (principalmente internas). Los autores sostienen que se debe evitar la idea de algo externo al sujeto, ya que el problema parece ser, fundamentalmente, de naturaleza interna, es decir que se trata de un obstáculo interno, o sea, mental. De esta manera, los autores prefieren hablar de obstáculos representacionales mentales u obstáculos mentales que serían representaciones mentales muy estables cognitivamente, cosificadas y excesivamente imagísticas, (posiblemente también muy antiguas en el proceso de formación de conceptos). Para Astolfi (1994):

...la idea de obstáculo está relacionada con la de concepción, pero puede considerarse más fuerte. No se trata sólo de que los alumnos piensen de forma diferente y que se pueda identificar su lógica cognitiva alternativa, sino sobre todo de que existe cierta necesidad de mantener este sistema de pensamiento. Se puede sostener que el obstáculo presenta un carácter más general y más transversal que la concepción (p.207).

En términos utilizados por este autor los obstáculos son los que en profundidad explican y estabilizan a la concepción; identificados estos, en una situación de enseñanza deben ser

considerados en relación a los aprendizajes que se desean lograr. Para él “Los obstáculos constituyen una especie de núcleo duro de las representaciones. Corresponden a lo que se resiste verdaderamente a los aprendizajes y razonamientos científicos. Hacen posible separar el sentido de las representaciones, permitiendo construir su interpretación” (p. 209). Se refiere además a la conjunción de varios obstáculos que explican las representaciones relativas a un mismo dominio; algunos de los obstáculos que interfieren en la construcción de determinadas nociones biológicas son: obstáculos verbales, tautológicos, antropomórficos y holistas. Al respecto plantea diversas modalidades para trabajar con los obstáculos y afirma que “los obstáculos no cederán a menos que la enseñanza científica permita construir alternativas razonables y accesibles al intelecto” (Astolfi, 1994, p. 216).

Como se ha delineado, las investigaciones referentes a las dificultades y obstáculos para el aprendizaje permiten concluir que estos tienen incidencia en los aprendizajes, pudiendo llegar a impedir la comprensión clara de ciertos contenidos.

Según entienden Cudmani, Pesa y Salinas (2000), para favorecer el aprendizaje significativo de las concepciones científicas se deberían integrar contenidos conceptuales, métodos, objetivos y valoraciones; para estas autoras, lo que permite dar cuenta de la construcción y los cambios que se operan en los campos conceptual, axiológico, epistemológico y ontológico es la noción de representación. Atendiendo al sentido que le dan Rodrigo y Correa (1999) “El modo en que se representa el conocimiento escolar que se construye en el seno de las comunidades de práctica, resulta crucial para entender como se producen los procesos de cambio educativo ligados a situaciones de enseñanza aprendizaje” (p. 78).

Dimensión relativa a la construcción de saberes sobre estructura y dinámica celular

Con el objeto de contextualizar el tema objeto de esta investigación, resulta pertinente analizar los aportes que han realizado distintos autores sobre una de las áreas relacionada más directamente con los aprendizajes de tópicos de Genética. Se trata de conceptos referidos a la estructura y funcionamiento celular, los cuales representan temas-frontera respecto a los contenidos que son objeto del presente estudio. Por ejemplo, existen en la literatura, diversas investigaciones relacionadas con las problemáticas asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de los procesos de respiración celular y fotosíntesis (Banet y Núñez, 1990; Cañal, 1997; Domingos-Grilo, Mellado y Ruiz 2004; Reigosa, 2003; Tamayo Alzate, 2001), que destacan la existencia de comprensiones inadecuadas sobre estos temas en alumnos de distintas edades. Como parte de su línea de investigación Rodríguez Palmero (2000), realiza una revisión bibliográfica referente a la enseñanza de la Biología y la investigación en el estudio

de la célula; en este artículo se sugiere que al indagar las representaciones se ha considerado una visión descriptiva y simplista, ya que se ha obviado el carácter de entidades con las que opera la mente. Por otra parte, Luzardo y Quevedo (2009) exploran el uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula mediante un estudio de caso, y Luzardo y Arteaga (2012) realizan una selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula que validan a través de una propuesta didáctica. También Mayoral Nouvelière, González García y Naranjo Rodríguez (2016) formulan una propuesta para trabajar en el aula el proceso de homeostasis. Estas preocupaciones son compartidas por diversos autores que han trabajado en la búsqueda de explicaciones respecto a los factores que interfieren en los aprendizajes y de propuestas para superarlos. Es el caso de Caballer y Gimenez (1992; 1993), que como consecuencia del trabajo realizado con estudiantes pertenecientes a distintos niveles de la educación recomiendan que las secuencias de trabajo aúlico deberían sentar las bases para que los errores conceptuales no se constituyan en un obstáculo epistemológico. Plantean que los alumnos de 13 o 14 años que han recibido instrucción sobre la estructura y funcionamiento celular probablemente hayan realizado un aprendizaje memorístico debido a la complejidad del tema y el nivel de abstracción que requiere. Las conclusiones a las que arriban los autores son que la célula parece entenderse como una unidad viva de aspecto redondeado tridimensional o plano, no recordándose orgánulos ni funciones asociadas a esas estructuras internas. Señalan que los errores y las dudas de los estudiantes se deben al desconocimiento de los procesos físico-químicos de la respiración, la absorción de agua, etc., y que el obstáculo epistemológico parece centrarse en la imposibilidad de representar mentalmente a una célula respirando o incorporando nutrientes, particularmente cuando dichos procesos se asocian a sistemas como el respiratorio o el digestivo. Flores, Tovar y Gallegos (2001), llevaron a cabo una investigación con una población de 1200 estudiantes de primero a tercer año del bachillerato, en el que se encuentran puntos de convergencia con los estudios citados anteriormente. Estos autores concluyen que la capacidad de establecer representaciones abstractas en torno a este tema es particularmente pobre, lo cual implica que la estructura de la célula y los procesos celulares son comprendidos parcialmente sin ser articulados en una visión integral. Además encontraron que los problemas de comprensión y representación de los alumnos puede dividirse en distintos niveles que van desde la comprensión de funciones generales de los organismos pluricelulares hasta los procesos y estructura de la célula. Según el criterio de los autores, esto indica una desvinculación entre sus representaciones y lo planteado en los textos y programas.

Como se ha reseñado, si bien existe abundante bibliografía al respecto, la mayor parte de esta se centra en estudios llevados a cabo en el nivel medio de la educación o enseñanza secundaria. En el ámbito de la enseñanza superior la literatura no es tan abundante, sin embargo, los trabajos existentes realizan valiosos aportes que son tomados como referencia para esta investigación. Parte de la bibliografía existente relativa al nivel superior remite a los trabajos de Rodríguez Palmero, Marrero Acosta y Moreira (2001), quienes desarrollaron un estudio sobre modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria; de su análisis se desprende que los estudiantes construyen modelos mentales que atienden separadamente a su estructura o a su funcionamiento. En relación al mismo los autores recomiendan que es necesario profundizar respecto al análisis y organización del contenido, considerando las interacciones que se producen, para “favorecer de este modo el desarrollo de modelos integrados, con el fin de que se evite el aprendizaje sólo estructural de la entidad celular que representan.” (p.268). En un estudio de la misma línea llevado a cabo por Rodríguez Palmero y Moreira (2003), se afirma que los esquemas sobre célula identificados provienen de los primeros contactos de los estudiantes con este concepto, el cual puede haber actuado como obstáculo epistemológico en el proceso de aprendizaje relativo a la estructura y función integradas de la célula. Destaca Rodríguez Palmero (2003) que parece que los esquemas gráficos que se presentan en los libros de texto, ejercen influencia en los modos de representación interna sobre célula, que generan los estudiantes. Estos esquemas podrían interferir en la construcción de modelos mentales más explicativos y predictivos respecto a lo que es y representa una célula. Indica, además, que luego de un período de instrucción se produce aprendizaje, pero el uso de imágenes mentales de célula es limitado y restringido a su estructura, y que la utilización de gráficos y diseños de los materiales curriculares podrían influenciar negativamente en los aprendizajes. Por otra parte, sugiere que los esquemas y gráficos relativos a la célula, probablemente no faciliten la comprensión del tema, sino que estén actuando como obstáculo epistemológico, impidiendo la conceptualización de la célula como entidad dinámica.

En otra investigación, Rodríguez Palmero y Marrero Acosta (2003) abordan el análisis y la organización del contenido de Biología Celular. Los autores destacan que la organización de los materiales curriculares presenta secuencias lineales, lo cual no facilita un aprendizaje globalizador; apuntan que, en los libros de texto frecuentemente utilizados, son abundantes los hechos y conceptos, en cambio son poco frecuentes los procedimientos y principios. Indican también la baja frecuencia en la utilización de imágenes, lo que generaría representaciones de índole descriptiva, con poca integración estructura-función y con

imágenes pobres y estáticas, en caso de que se produzcan. Autoras como Occelli (2011), Occelli y Valeiras (2013), entre otros, han realizado estudios vinculados al análisis de los textos como objetos de investigación y, en particular, respecto al abordaje de la Biotecnología en los mismos y su enseñanza en la escuela secundaria.

Otros autores han dedicado esfuerzos en este sentido (Fanaro, Otero y Greca, 2005; García Barros y Martínez Losada, 2003; González, Lorenzo y Rossi, 2008; Mengascini, 2005, 2006; Tamayo Hurtado y González García, 2003 entre otros), lo que deja en evidencia la preocupación de la comunidad científica vinculada a la enseñanza de las ciencias respecto a estos temas. En este mismo campo, pero analizando temáticas más próximas a las que son objeto de este trabajo, Aguilar (2008), en un estudio realizado con alumnos de primer año del Profesorado y de la Licenciatura en Ciencias Biológicas utilizó diferentes herramientas metacognitivas, y encontró ciertas regularidades en la estructura cognitiva de los alumnos que podrían ser consideradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre la Mitosis. Entre otras observaciones, el autor destaca que hay conceptos propios y relacionados con la Mitosis que se han aprendido significativamente mientras que otros se repiten memorísticamente, que existen errores en la utilización de vocabulario técnico y que las representaciones esquemáticas modifican el modo de pensar de los estudiantes. En esta línea González, Diessler, Woudwyk y Rossi (2013) y González y Rossi (2015) realizaron estudios sobre el conocimiento pedagógico del contenido mitosis con docentes del nivel universitario, encontrando que sus concepciones sobre el aprendizaje del tema son de tipo reproductivo y las estrategias de enseñanza que utilizan se orientan en ese sentido.

Otra fuente de dificultades para el aprendizaje en esta disciplina suele ser la bibliografía utilizada, como lo ponen de manifiesto Ferreiro y Occelli (2008); los mismos plantean que la forma en que se presenta la secuenciación de los contenidos en los libros de texto, podría ser uno de los factores que originan obstáculos para el aprendizaje de estos tópicos, ya que no se abordan conceptos fundamentales para la comprensión de los procesos en cuestión, además son escasas las ilustraciones y las propuestas considerando un orden creciente de complejidad.

Si bien la recuperación de los trabajos comentados, no agotan la literatura existente relacionada a estos temas, ponen de manifiesto ciertas debilidades en las instancias de instrucción en diferentes niveles de la enseñanza que no colaboran en la consecución de saberes adecuados sobre estas temáticas. Probablemente los factores causales no sean solo los detectados en los estudios revisados, pero sin duda son aspectos a los que se debe prestar necesaria atención. Esta observación se basa en que los temas relativos a la organización y

fisiología de la célula se vinculan directamente con los contenidos sobre Herencia y Genética, y sientan las bases para la comprensión de los mismos.

Dimensión vinculada a la construcción de saberes del área de la Genética

Características de los aprendizajes relativos al proceso meiótico

Como se mostró en el apartado anterior, los estudios revisados dan cuenta de ciertas interferencias que los alumnos afrontan respecto a la comprensión de temas relativos a la estructura y dinámica celular; en estrecha relación con esto se encuentran los aprendizajes referidos a la reproducción celular, particularmente aquellos vinculados al proceso meiótico y su relación con los fundamentos básicos de la Genética, área en la que también se presentan dificultades para su enseñanza y aprendizaje. Las barreras o dificultades reseñadas en relación a la comprensión de la estructura y dinámica celular podrían estar planteando problemas para el aprendizaje en este campo, impidiendo que estos contenidos se representen en las mentes de los estudiantes de un modo científico y contextualmente aceptado. Al respecto Kindsfield (1994), llevó a cabo un estudio sobre dificultades de comprensión del proceso de meiosis, con una muestra integrada por cinco expertos, cinco novatos con experiencia (que habían aprobado los cursos de Genética con máxima calificación) y cinco novatos inexpertos. Encontró que tres expertos y un novato experimentado construyeron modelos cromosómicos correctos, pero modelos del proceso ligeramente erróneos, y un novato experimentado y los cinco sin experiencia, construyeron modelos cromosómicos y del proceso incorrectos. Entre los errores, se destacaron: la consideración de la estructura cromosómica como una función del número de cromosomas (ploidía) y la identificación errónea del momento en que se produce la replicación del ADN, el crossing-over y el alineamiento/segregación de los cromosomas. Otro trabajo pionero, en el que se indaga respecto a las características relacionadas al aprendizaje del proceso meiótico fue el realizado por Liberatore Cavallo (1994), quien determinó que muchos estudiantes tienden a aprender la Meiosis y el comportamiento de cromosomas y genes como tópicos separados, sin conceptualizar las relaciones entre ambos. Por ejemplo, pueden utilizar la cuadrícula de Punnett sin lograr la comprensión de los conceptos involucrados en su uso. La autora concluye que el aprendizaje de estos temas no sólo requiere de conocimientos previos relevantes, sino también de la orientación del alumno al aprendizaje significativo. Por otra parte, Barros y Carneiro (2005) identificaron los conocimientos que movilizan los alumnos para leer e interpretar las imágenes sobre mitosis y meiosis; este estudio reveló también ciertas dificultades durante el

proceso de lectura de las mismas. Además, en un trabajo realizado por González et al. (2008) abordan el conocimiento pedagógico del contenido en la enseñanza de la Meiosis en el nivel medio, explorando las representaciones sobre este proceso de un grupo de profesores en ejercicio en la ciudad de La Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina.). Los profesores consultados identifican distintos factores que influyen en la enseñanza de la Meiosis: falta de conocimientos previos de los alumnos (carencias de nociones referidas al nivel molecular como ADN, genes, cromosomas, y el nivel celular, citoesqueleto, por ejemplo); falta de recursos materiales (atlas, filminas, microscopios) y de terminología específica de la Meiosis (nombres de las etapas y de las estructuras celulares involucradas); falta de recursos y tiempo; carencias procedimentales de los alumnos (dificultades en la lectoescritura, por ejemplo); también se hace alusión a la complejidad y abstracción del proceso de Meiosis (dificultades para “pensar en términos moleculares” y “establecer vínculos entre contenidos”) y a la presentación de la Meiosis como un tema descontextualizado, fuera de la reproducción. Como se observa, los factores mencionados son de muy diferente naturaleza unos con respecto a los otros, de aquí la complejidad de su abordaje en la búsqueda de resultados positivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, opinión compartida por muchos autores (Ayuso et al., 1996; Gagliardi, 1986; Giordan y de Vecchi, 1988; Morin, 1999; entre otros). Los trabajos más actuales sobre el tema han ampliado las indagaciones y complementado la información de la que se disponía; por ejemplo, González y Rossi (2014) estudiaron el conocimiento didáctico del contenido meiosis de profesores expertos y principiantes del nivel secundario; en la misma línea, Legarralde et al. (2012) realizó un rastreo sobre dificultades de comprensión del proceso meiótico en futuros profesores de Ciencias Biológicas; sus hallazgos mostraron que si bien los contenidos disciplinares están presentes en el discurso del alumnado, una fracción de los mismos presentan un saber académico donde existen conceptualizaciones incompletas o simplificadas, ausencia de relaciones entre conceptos y una escasa integración de significados. Hallazgos similares fueron reportados por Klautau et al. (2009), como la existencia de dificultades para dar explicaciones sobre el origen de la variabilidad y en la utilización de la terminología específica. También son coincidentes con lo expuesto, los hallazgos de Azeglio Montañez, Mayoral Nouvelière y Sara (2015), quienes destacan como necesidad para el aprendizaje de genética, el aporte de conceptos que colaboren en su comprensión, como la fisiología celular en relación a la dinámica del proceso de división de las células, las características propias del material genético, tanto desde el punto de vista estructural como funcional, así como la importancia biológica de los mecanismos de reproducción celular.

Tal como se ha reseñado, diversos autores indican que las ideas de los alumnos frente a estos temas responden a factores de diversa índole: ausencia de conocimientos previos, complejidad y abstracción de los temas, confusión de términos, dificultades en el uso de terminología específica, etc. Esto sugiere que las características que se detectan pueden ser producto de una defectuosa comprensión de los contenidos impartidos en la enseñanza en algún nivel.

Características de los aprendizajes relativos a los Principios de la Herencia

Sobre la base de la bibliografía analizada, cabe pensar que una comprensión inadecuada subyacente acerca de los temas referidos podría ser una de las causas de los problemas de aprendizaje relacionados con los principios de Genética, los cuales conllevan un nivel de abstracción y complejidad mayor; por ello surge la necesidad de realizar una revisión de las investigaciones realizadas en este campo. En este sentido, resulta difícil pensar en aprendizajes significativos de estos tópicos sin comprender los vínculos existentes entre la fisiología celular, los mecanismos reproductivos y de división celular con los contenidos del área de la Genética. Esta preocupación se vuelve aún de mayor interés si se realiza una revisión a las propuestas curriculares actuales para la Enseñanza Secundaria (Bracchi, 2009; Zysman y Paulozzo, 2006; Zysman y Paulozzo, 2007), donde se encuentra que temas como Célula, Reproducción, Mecanismos de la Herencia y Evolución figuran en los diseños y planes de estudios; en los mismos se enfatiza el desarrollo de tres modos de pensamiento: el pensamiento ecológico, el evolutivo y el fisiológico. Siendo el campo de la enseñanza en el nivel secundario de la educación, uno de los más propicios y comunes para el ejercicio de la profesión docente, cobra relieve para la formación del profesorado. Es decir que los temas seleccionados para la presente investigación resultan de interés en el campo de la Enseñanza de la Biología actual; es más, son los grandes ejes o principios unificadores sobre los cuales se basan los nuevos conocimientos, o que sustentan a la Biología en la actualidad.

Si como se argumentó, existe un entramado de relaciones vinculadas al aprendizaje de estos temas, una cuestión central es intervenir para que los saberes del alumnado sean expresados; conocer estos saberes orientará al docente respecto al tipo de problemáticas que puede plantear en una clase y la modalidad de abordaje por la que debe optar. Así, los modernos debates sobre patentamiento de variedades genéticas, comercialización de híbridos de importancia para la industria, terapias génicas, entre otros, pueden resultar en aprendizajes significativos para los alumnos. Considerando lo anterior y como lo han puesto de manifiesto numerosos trabajos (Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Banet y Ayuso, 1995; Gallarreta, 2001;

Gallarreta, 2002; Gallarreta, 2003 a, b; Iñiguez Porrás y Puigcerver Oliván, 2013; Puig y Jimenez Alexandre, 2015; Ruiz González, Banet y López Banet, 2017), una de las áreas de las Ciencias Biológicas que presenta mayores conflictos tanto para la enseñanza como para el aprendizaje, es la Genética, por lo que resulta necesario realizar sondeos o indagaciones que permitan caracterizar saberes, exponer dificultades y detectar posibles obstáculos que interfieran en la correcta comprensión y profundización de estos temas. Como se expresó, la bibliografía consultada a los efectos de la elaboración de esta Tesis muestra que las investigaciones llevadas a cabo sobre estos temas se han realizado mayormente en relación a estudiantes del nivel secundario de la enseñanza (Ayuso y Banet, 2002; Bonzaninni y Bastos, 2008; Caballero Armenta, 2008; González et al., 2008; Knippels et al., 2005; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006; Obregón et al., 2008; entre otros). La inquietud respecto a las problemáticas de la enseñanza y el aprendizaje en este campo se ponen en evidencia entonces, a través de distintas investigaciones. Por ello resulta de interés realizar una reseña mencionando los principales aportes de algunos de estos estudios pioneros en esta área y de otros más actuales.

- Una síntesis de los mismos es la revisión llevada a cabo por Serrano (1987) sobre las representaciones de los alumnos en Biología; en ella se expone una selección de trabajos respecto al estado de la cuestión sobre las preconcepciones y errores conceptuales en las Ciencias Naturales, la mayoría de los cuales fueron llevados a cabo en el nivel secundario de la educación. Refiere que los alumnos se enfrentan al aprendizaje de la Herencia con ideas sobre la misma que han adquirido a través de la experiencia personal, sentido del lenguaje popular, etc.; señala además que tras la instrucción hay algunos conceptos que siguen siendo mal interpretados, y que estos suelen ser básicamente los mismos en todos los casos.
- Stewart y Dale (1989), en una investigación con alumnos del nivel medio, estudiaron el modo en que éstos entendían la relación física entre genes y cromosomas, el modo como expresaron sus modelos mentales y la habilidad que tenían (o no) para manipular modelos que sirvieran para explicar las soluciones a problemas de cruzamientos monohíbridos y dihíbridos. Hallaron que los estudiantes utilizaron (en términos de los autores) "piezas" de conocimiento genético para construir sus modelos, los cuales fueron frecuentemente incorrectos y mal organizados. Algunos de los estudiantes no consideraron a los cromosomas en la resolución de los problemas que se les presentaron; otros pensaron que cromosomas y genes estaban involucrados

en el proceso, pero no pudieron explicar cómo y por qué. Algunos estudiantes colocaron cromosomas en los genes o rasgos en los cromosomas, poniendo en evidencia que la relación física entre genes y cromosomas también presenta dificultades. La dificultad para establecer claramente las relaciones entre cromosomas y genes también es señalada por Kinnear (1991); sus hallazgos se relacionan con las dificultades que tienen los estudiantes por la polisemia de términos como "ligado" y "ligamiento". Encuentra que la dificultad está reforzada por expresiones utilizadas en los propios libros de Genética.

- Por su parte Pashley (1994), trabajó con los problemas que tenían estudiantes del nivel medio de la enseñanza con los conceptos de "gen" y "alelo"; apunta que las respuestas de los alumnos reflejan tres tipos de concepciones principales: Los genes contienen alelos, los alelos contienen genes, genes y alelos son la misma cosa. Los alumnos que mostraron alguna de las dos primeras concepciones, también tuvieron confusiones entre los términos homocigota / heterocigota o recesivo / dominante.
- En 1995, Bugallo Rodríguez realiza una revisión bibliográfica sobre la didáctica de la Genética, señalando que en la década de los '70 fueron pocos los estudios realizados sobre las dificultades en enseñanza de la Genética; según este autor, a principios de los años '80 algunos estudios ponen en evidencia que la Genética aparecía en los primeros puestos de importancia y dificultad y, más en concreto, tres de sus áreas: Mitosis-Meiosis, Genética Mendeliana y Teoría Cromosómica. Esto tuvo como consecuencia un aumento en las investigaciones relacionadas a concepciones alternativas y dificultades en la resolución de problemas de Genética. Como resultado de dicha revisión bibliográfica la autora identifica en las distintas investigaciones, algunas de las principales fuentes de concepciones alternativas y de dificultades para el aprendizaje en este campo:
 - El uso de la terminología. Cierta semejanza entre los procesos de división celular mitótica y meiótica, causa confusión entre los términos y oculta lo significativo, es decir las diferencias entre ambos procesos.
 - En los libros de texto se utiliza incorrectamente y en forma ambigua, ciertos conceptos genéticos, como gen y alelo, que suelen emplearse indistintamente, sin establecer su significado correcto.
 - Las relaciones entre conceptos. Es esencial relacionar la meiosis con la fertilización, los ciclos de vida y la alternancia de generaciones haploides y

diploides; si esto no es debidamente enseñado puede convertirse en fuente de problemas; lo mismo ocurre si no se establecen previamente una serie de relaciones importantes (Cho et al., 1985) como: separación cromosómica, replicación de DNA, par alélico, expresión del rasgo, separación cromosómica, transmisión del rasgo.

- Otra dificultad registrada por el autor es la falta de claridad en las relaciones específicas entre los siguientes conceptos básicos: alelo, gen, DNA, cromosoma, rasgo, gameto, cigoto.
 - Resolución de problemas. La enseñanza de la Genética requiere un mayor nivel de capacidad analítica y de aplicación de conceptos matemáticos, sobre todo para la resolución de problemas. Así, los estudiantes pueden lograr resolver correctamente los problemas, pero sin encajar el algoritmo en el contexto del proceso genético
 - El trabajo práctico. Estos resultan en una fuente adicional de dificultades.
- También en 1995, Banet y Ayuso ponen en consideración la necesidad de introducir cambios curriculares y metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética. En este sentido, Ayuso et al. (1996), plantean como alternativa utilizar problemas efecto- causa, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (causa), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc.; recomiendan comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución.
 - Las evidencias de una investigación presentada por Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver (1998), sugieren que las bases genéticas de la vida son escasamente comprendidas por los estudiantes que participaron en dicho estudio (jóvenes ingleses del último año de Enseñanza Obligatoria).
 - Gómez Márquez (2000) realizó un estudio sobre la base de una muestra de estudiantes y profesores de la asignatura Ciencias Biológicas del noveno grado de Educación Básica y segundo año de Ciencias del Ciclo Diversificado, en 30 liceos públicos de la región oriental de Venezuela. A partir de las encuestas aplicadas se obtuvo la siguiente información: en los liceos encuestados no se cumple con los contenidos programáticos de Genética al 100%; esto trae como consecuencia que el alumno desconozca ciertos principios y conceptos fundamentales, indispensables para su proceso de aprendizaje de

esta rama de las ciencias. Con respecto al tema que más motiva a los alumnos, este corresponde a la resolución de problemas, pero les resulta el punto más difícil, el grado de dificultad se debe a no poder razonar correctamente dichos problemas. Los estudiantes indican que las preguntas son de memorización; por lo tanto, convendría que se aplicaran más preguntas de razonamiento. La autora señala que este podría ser el motivo por el cual la resolución de problemas resultó ser el tema más difícil del programa.

- Las encuestas efectuadas a los profesores sugieren que los resultados poco satisfactorios en la preparación de los estudiantes en cuanto a los contenidos programáticos de Genética se atribuyen a los siguientes factores:
 - No se cumplen los contenidos programáticos de Genética.
 - No se realizan suficientes experimentos en los laboratorios.
 - Falta de equipamiento en los laboratorios.
 - Escasez de medios audiovisuales, falta de material didáctico y de cursos de actualización para los profesores.
- Estos hallazgos podrían ser los causales de algunas concepciones detectadas por Flores et al. (2001), quienes hacen referencia a algunas concepciones comunes entre los estudiantes del bachillerato; por ejemplo que la reproducción a nivel celular se produce a partir de dos células, concepción que parece originarse en las funciones de reproducción sexual de los humanos. Otra concepción se refiere a considerar que la división celular mitótica y meiótica son iguales, lo que demuestra que ciertos procesos celulares se interpretan esquemáticamente. Otra idea común es la procedencia de los organismos multicelulares a partir de dos células, lo que muestra confusión con la reproducción sexual, no distinguiéndose entre el proceso de fecundación y el de crecimiento del cigoto. Los autores enfatizan que la capacidad de establecer representaciones abstractas en torno a este tema es particularmente pobre, lo que implica que la estructura de la célula y los procesos celulares sólo son comprendidos parcialmente sin ser articulados en una visión integral. Plantean que el problema de comprensión y representación que acusan los alumnos puede dividirse en niveles de comprensión que van desde la comprensión de funciones generales de los organismos pluricelulares (e.g. funcionamiento de aparatos y sistemas para la respiración, digestión y reproducción) hasta los procesos y estructura de la célula (e.g. la respiración, los procesos de mitosis y meiosis en la reproducción, y sus diversas organelas, como el núcleo, las mitocondrias, etc.). Esto indica una

desvinculación, prácticamente total, entre sus representaciones y lo planteado en los textos y programas o diseños curriculares.

- En consistencia con su línea de investigación, Ayuso y Banet (2002) realizan una reseña de las investigaciones llevadas a cabo respecto a las dificultades que presentan los estudiantes para aprender contenidos de genética, los cuales sintetizan como se presenta en la Figura 13.

Ámbito de conocimiento	Referencias
<p><i>Transmisión de la información hereditaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los caracteres de los individuos dependen de factores ambientales más que de hereditarios. - No hay variación intraespecífica en los vegetales. - Los vegetales no presentan reproducción sexual (en ellos no se produce la meiosis). - Los progenitores no aportan la misma cantidad de información hereditaria. - La información hereditaria del cigoto se reparte entre las células del cuerpo: cada una de ellas contiene la información que necesita para realizar su función. - En los mellizos, dos espermatozoides se unen a un óvulo. 	<p>Deadman y Kelly, 1978; Hackling y Treagust, 1984; Bizzo, 1994. Ramorogo y Wood-Robinson, 1995. Ramorogo y Wood-Robinson, 1995; Lewis et al., 2000c. Wood-Robinson, 1994.</p> <p>Hackling y Treagust, 1984; Banet y Ayuso, 1995; Wood-Robinson et al., 1997; Lewis et al., 2000b. Clough y Wood-Robinson, 1985.</p>
<p><i>Modelo de cromosoma</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Escaso significado de términos básicos: <i>gen, cromosoma, alelo, carácter, gameto o cigoto</i>. - No hay relación entre conceptos: <i>gen-alelo, alelo-cromosoma, gameto-cromosoma, cigoto-alelo, alelo-carácter, gen-carácter o gen-ADN</i>. - Escasa comprensión de mitosis y meiosis (por ejemplo, todos los gametos son iguales entre sí). - No se relaciona mitosis con el crecimiento. - Modelo de cromosoma con fuso: <ul style="list-style-type: none"> - dos cromátidas del mismo cromosoma con distinta información; - una cromátida con información, la otra no; - los dos alelos del mismo par en la misma cromátida; - en el mismo gameto los dos cromosomas homólogos; - escasa comprensión de los términos <i>haploide y diploide</i>. 	<p>Longden, 1982; Collins y Stewart, 1989.</p> <p>Stewart, 1982; Wood-Robinson et al., 1997; Lewis et al., 2000a. Radford y Bird-Stewart, 1982; Clough y Wood-Robinson, 1985. Hackling y Treagust, 1984.</p> <p>Hackling y Treagust, 1984; Thompson y Stewart, 1985; Brown, 1990; Stewart et al., 1990; Kindfield, 1991, 1994a y 1994b; Ayuso et al., 1996; Ayuso y Banet, 1997.</p>
<p><i>Resolución de problemas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Resolución de problemas de genética sin comprender. - No se relaciona meiosis con la resolución de problemas. - Idea confusa del carácter dominante (éste puede variar, es el más abundante o poderoso, etc.). - Falta comprensión de la probabilidad y las proporciones. - Las diferencias en el número de individuos de cada sexo se interpretan como herencia ligada al sexo. - Método de resolución inadecuado y poco justificado. 	<p>Stewart, 1982; Kinnear, 1983. Stewart, 1983. Hackling y Treagust, 1984; Clough y Wood-Robinson, 1985. Longden, 1982; Kinnear, 1983. Slack y Stewart, 1990.</p> <p>Smith y Good, 1984.</p>
<p><i>Mutaciones</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Una mutación es cualquier cambio que tiene un organismo. - Las mutaciones son dañinas, negativas... - Las mutaciones se producen para sobrevivir a cambios. 	<p>Albaladejo y Lucas, 1988. Cho et al., 1985. Jensen y Finley, 1995.</p>

Figura 13. Algunas investigaciones sobre conocimientos de los estudiantes sobre contenidos de genética, tomado de Ayuso y Banet (2002, p. 134).

En opinión de los autores existen variados motivos que justifican el interés educativo sobre la enseñanza de la Genética; uno de ellos es que permitiría a los estudiantes una mejor comprensión de ciertos fenómenos biológicos de importancia, como la división celular, la reproducción y la transmisión y cambios de las características hereditarias. También aportaría a la comprensión de los avances en este campo y de sus implicancias tecnológicas y sociales. Contribuiría además al desarrollo de capacidades intelectuales y

rutinas de trabajo propios de la labor científica, partiendo de las estrategias para la resolución de problemas que se ejercitan durante los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Genética. Por otra parte, colaboraría a la percepción por parte del estudiantado, del conocimiento científico en forma de proceso continuo cuyos productos se encuentran en una dinámica permanente de revisión como parte de la tarea colectiva de una comunidad de investigadores. Los autores de este trabajo proponen una secuencia de actividades de enseñanza para el tratamiento de estos temas y concluyen diciendo que:

...nos parece necesario que los profesores nos planteemos la selección de los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes más que a su cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de niveles obligatorios de enseñanza (Ayuso y Banet, 2002, p. 154).

- Abril et al. (2002), señalan algunos conceptos que resultan de difícil asimilación para los estudiantes de la Escuela Secundaria, resumiendo brevemente algunos de los errores que los alumnos manifiestan en el estudio de temas referidos a las células, Herencia y Genética; entre ellos podemos destacar los siguientes: Se tiene la idea de que todas las células llevan la misma información genética, y por lo tanto no se entiende que estas usan selectivamente la información genética que tienen dependiendo de la función que van a realizar. Se confunde mitosis y meiosis y no se identifican los tipos de células en las que se llevan a cabo. Cromosomas, genes y alelos frecuentemente son tomadas como sinónimos. No se le asigna un sitio físico al gen en el cromosoma por lo cual la “segregación de cromosomas” no se relaciona con “reparto de genes”. Con frecuencia se confunden los términos cromosomas sexuales y células sexuales; además se suele considerar que en una célula sólo existen los cromosomas sexuales, los cuales “determinan el sexo del individuo”, sin reconocer la existencia de otros cromosomas diferentes a éstos. Se confunden los términos cromátida y cromosoma e información genética y código genético. Un carácter dominante generalmente es identificado con el fenotipo más abundante y la variabilidad genética como el resultado de una división de tipo sexual. No se percibe que la variabilidad genética se produzca por la separación de los pares de cromosomas y por la recombinación. También existen dificultades con los problemas de combinatoria y para entender el concepto de probabilidad. Los problemas de herencia no se relacionan con la transmisión de la información genética, y tampoco con la meiosis; en general estos problemas son resueltos correctamente, pero de manera mecánica.

-
- Lewis y Kattmann (2004), indagaron los conocimientos sobre gen en estudiantes alemanes de 15-19 años, a través de entrevistas; su análisis sugiere que muchos estudiantes tienen una concepción "cotidiana" de los genes, e identificó una serie de formas en que este punto de vista podría restringir la capacidad de los estudiantes para desarrollar una comprensión adecuada del concepto científico; por ejemplo, si la noción de gen se equipara con la de rasgo no hay una clara distinción entre el genotipo y fenotipo, y puede interferir en la comprensión de los mecanismos por medio de los cuales un gen puede expresarse en el fenotipo.
 - Knippels, Waarlo y Boersma (2005), realizaron un estudio con entrevistas a grupos a docentes y estudiantes holandeses; encontraron que las dificultades específicas reportadas en la literatura fueron comparables a las percibidas por los maestros, así como los problemas de los estudiantes, asociados con la naturaleza abstracta y compleja de la genética. Para hacer frente a estos problemas señalan cuatro criterios a considerar para el diseño de estrategia de enseñanza y de aprendizaje: la vinculación de los niveles de organismo, célula y molécula; conectar de forma explícita la meiosis y la herencia; distinguir la línea de células somáticas y germinales en el contexto del ciclo de vida; y por último realizar un trabajo activo con los estudiantes, tendiente a establecer relaciones entre los niveles de organización.
 - Gailhou et al. (2008), exploraron las ideas previas sobre herencia biológica de alumnos de noveno año ESB (Ituzaingó. Buenos Aires). El análisis realizado demuestra que predomina en los alumnos la concepción de herencia de caracteres adquiridos, ubicando al material genético sólo en la sangre, cabello y huellas digitales.
 - En un trabajo realizado por Iñiguez Porrás y Puigcerver Oliván (2013) se señalan concepciones y aspectos confusos detectados por otros investigadores en estudiantes de diferentes edades que, en ciertos casos provienen de los libros de texto, ya sea del texto escrito como de esquemas y dibujos utilizados, y que para los autores, interfieren en los logros de aprendizaje.
 - Esta breve línea de tiempo, en concordancia con lo que señalan Figini y De Micheli (2005), revelan que:

Sin embargo, los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias muestran que el aprendizaje de estos temas es poco significativo y que, pese a haber mediado instrucción, la genética continúa siendo escasamente comprendida por los estudiantes. El origen de las dificultades para su aprendizaje puede rastrearse en distintas fuentes como: la naturaleza de los conceptos de esta disciplina, los conocimientos y formas de razonamiento de los alumnos, las estrategias didácticas implementadas y las características de los libros de texto utilizados para enseñar y aprender estos contenidos (p.1).

Tomando en consideración las dificultades detectadas en el campo una parte del colectivo de investigadores se ha orientado hacia el desarrollo de unidades didácticas que colaboren en la comprensión de los procesos implicados en la herencia logrando un aprendizaje significativo (Grajales Vélez, 2014; Rodríguez Tobón, 2014) o que fortalezcan los procesos de argumentación (Ageitos, Puig y Calvo Peña, 2016; Pantuso, Felgueras, Stella, Virginillo, Sarlinga, Bianchi y Pulido, 2015; Pinzón Torres y Sarmiento Bernal, 2014; Rojas-Agudelo, V. y Salazar-Salazar, M., 2019; Torres Ramírez, 2018, entre otros).

Siguiendo esta línea de análisis respecto a lo que sucede con la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito de la enseñanza superior, Audicio et al. (2005), indagaron las concepciones sobre caracteres hereditarios en estudiantes de la carrera de Psicología partiendo de sus concepciones alternativas, identificando un manejo inadecuado de la noción mendeliana de recesividad en rasgos hereditarios. Otros autores optan por dirigir sus esfuerzos impulsando estrategias de trabajo superadoras de las dificultades documentadas en la búsqueda de aprendizajes significativos en alumnos de magisterio (Velásquez Sequeira 2016) o mediante el análisis o estudio de casos (Colon Cesario, 2019) en cursos introductorios de biología, con el fin de mejorar la comprensión de los tópicos relacionados a genética, entre otros aportes.

Para el caso de los tópicos concretos que se abordan en esta Tesis, Diez Escribano y Caballero Sahelices (2004) destacan la importancia de conocer los conceptos de gen y cromosoma ya que son considerados contenidos estructurantes en las ciencias biológicas, poseen un alto grado de abstracción y sobre ellos se fundamentan otros contenidos. Por ellos destacan la necesidad de tratar de describir y caracterizar las imágenes externas que se emplean para la enseñanza de los conceptos de gen y cromosoma en los materiales instruccionales de Biología, lo que podría proporcionar elementos importantes para una posterior interpretación de cómo las mismas intervienen en el aprendizaje significativo de ciertos conceptos biológicos. En una línea de trabajo similar, Diez de Tancredi y Cabalero (2004) realizaron un estudio sobre representaciones externas de gen y cromosoma, referido a la forma en que ocurre el aprendizaje de estos contenidos científicos; señala que este es un proceso interno al individuo, por esta razón resulta relevante el tipo y papel que tienen las representaciones externas del tipo de las imágenes, considerando su función en el aprendizaje. Por esta causa resulta necesario hacer referencia no solamente a las representaciones externas del tipo de imágenes, sino también a la existencia de representaciones mentales (internas a la persona) en el proceso de construcción del aprendizaje, tratando de comprenderlas.

Por otra parte, Rendón et al. (2008) indagaron las dificultades que presentan los estudiantes de las asignaturas Biología e Introducción a la Biología Celular del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires, en el aprendizaje de las Leyes de Mendel; encontraron que la correcta resolución de los problemas no se correlaciona con un aprendizaje sustentable que permita verificar una comprensión del tema y que muchos estudiantes no logran relacionar los procedimientos utilizados y los resultados que obtienen del tablero o cuadrícula de Punnett con los de los conceptos propios de la disciplina.

Considerando que son múltiples las dificultades documentadas en relación al proceso meiótico y los principios básicos de la herencia, y atendiendo a estas, Diez de Tancredi, Caballero y Rodríguez Palmero (2007), llevaron a cabo un trabajo de investigación con dos cohortes de estudiantes universitarios. La misma estuvo centrada en lo que ocurre en el aula a lo largo del desarrollo de dos cursos obligatorios de la carrera de formación de profesores de Biología; la finalidad fue identificar, interpretar y considerar de manera integral la mayor parte de los elementos instruccionales y sucesos educativos que ocurren en el aula de clase. Se tomó en consideración a los estudiantes, profesores, contenidos e información que ofrecen los libros y otros recursos didácticos; también las estrategias y actividades que se seleccionaron para la enseñanza y su aprendizaje. Como resultado del trabajo se ofrecieron elementos para el desarrollo de una propuesta instruccional que facilite el aprendizaje significativo de gen entre los estudiantes. Entienden que debería diseñarse una propuesta instruccional que atienda a los conocimientos previos de los estudiantes y que facilite el desarrollo y evolución del proceso de conceptualización de gen, para ello se debería tomar en consideración los conocimientos previos de los estudiantes, sus posibles ideas alternativas y los obstáculos presentes en los alumnos universitarios respecto al concepto de gen. Además, plantean ofrecer a los estudiantes, en las diversas asignaturas del plan de estudios del profesorado de Biología, espacios de análisis y reflexión acerca de los diferentes significados de conceptos estructurantes como es el concepto de gen, atendiendo los diferentes campos de la Biología (Genética, Biología Celular, Evolución, Botánica, etc.). Además, Diez de Tancredi y Caballero (2011), estudiaron, en Venezuela, la evolución de los significados del concepto de gen en estudiantes de educación superior de la carrera docente de Biología; a través del análisis de las representaciones gráficas y los mapas de conceptos que elaboraron los alumnos que participaron de la experiencia, encontraron que existen variados significados del concepto de gen. Las autoras destacan la necesidad de un determinado tiempo demandado para integrar ciertos conocimientos sobre genética al armazón cognitivo de los alumnos; como consecuencia, plantean la jerarquía que adquiere el hecho de planear la enseñanza de

modo que resulte potencialmente significativa, donde se generen espacios de aprendizaje para los alumnos donde se promueva la reflexión acerca del contenido y de su propio aprendizaje. Señalan, además, que “La enseñanza de conceptos abstractos requiere ser mediada de manera deliberada, presentando el conocimiento científico con una visión crítica y reflexiva de su epistemología.” (p.470)

Si bien existen trabajos en los que han participado estudiantes universitarios, son pocos los que consideran como población de estudio a estudiantes de Profesorados en Ciencias Biológicas, quienes en su momento deberán, a su vez, enseñar dichos temas; entre estos, Legarralde et al. (2012) identificaron algunas incomprendiones sobre el proceso de división meiótica en alumnos del profesorado de biología. Posteriormente, Legarralde et al. (2014) exploraron las percepciones sobre genética y herencia en estudiantes avanzados de la misma carrera, particularmente el grado de dificultad que les atribuyen, su percepción acerca de la existencia de posibles obstáculos en la enseñanza del tema y su complejidad. Se encontró que los futuros docentes señalan como factores fuentes de dificultades a los conceptos previos del alumnado, el nivel de abstracción y complejidad que presentan estos tópicos y también la compleja redacción utilizada en los libros de texto para la Enseñanza Secundaria al tratar los conceptos de Genética y Herencia, con un exceso de teoría que no favorece la resolución de problemas. Otros autores, como Charrier Melillán et al. (2008); Grande et al. (2008), Klautau-Guimarães, Correia, Pedrosa y Moreira, (2008a); Klautau-Guimarães, Oliveira, Akimoto, Hiragi, Barbosa, Rocha y Correia (2008b); Klautau et al. (2009); Rendón et al. (2008); Andramunio Acero (2014), entre otros, han realizado estudios sobre estas temáticas con alumnos de profesorado.

Una actividad frecuente en la enseñanza de la Genética: El trabajo con problemas

Como se planteó, la complejidad y abstracción de los contenidos genéticos representan los mayores problemas para su enseñanza y la consecución de los saberes propios de la disciplina; por otra parte la resolución de problemas es una estrategia que suele privilegiarse para la enseñanza de los contenidos genéticos y constituyen otra dificultad que se les presenta a los docentes del área, quienes deben desarrollar habilidades para trabajar con problemas que promuevan una visión de la ciencia más real, creativa y contextualizada, vinculada al problema y a su proceso de resolución y no sólo a sus resultados (Furió, 1994; García García, 2003; Gil Pérez et al., 1999; Polanco Zuleta, 2011). Ello implica el planteo de problemas que estimulen la indagación y razonamientos más complejos durante el transcurso de su resolución y una relación estrecha entre teoría y práctica; García Lillo, Quinto Medrano

y Martínez Torregrosa (2015) señalan que los estudiantes de 4º año de la Escuela Secundaria Obligatoria no conocen los problemas y las diversas hipótesis que subyacen al modelo de Mendel, y que esto origina una idea de ciencia descontextualizada y aproblemática interfiriendo en la comprensión de qué y cómo se hace ciencia y en la flexibilidad y condicionalidad de lo que se conoce. Además, suscriben que los jóvenes no se adueñan funcionalmente del modelo, por lo que los problemas de genética son resueltos frecuentemente a través de la aplicación de un algoritmo; afirman por otra parte, que desconocen las limitaciones del modelo y sus posteriores modificaciones y ampliaciones. Todo ello, según su mirada, obstaculiza sobre la capacidad de comprender e interesarse por campos de la genética con otra complejidad como son la teoría cromosómica de la herencia, la genética molecular y la ingeniería genética. En consonancia, Sigüenza Molina (2000) expresa:

Aprender a partir de los problemas en la enseñanza de la herencia biológica no es tarea fácil. Algunas de las causas responsables de ello residen en los estudiantes y otras, en las características de los problemas y en su forma de resolución (p. 440).

Ibañez Orcajo (2002), se refiere a los problemas utilizados habitualmente para el aprendizaje de las Leyes de la Herencia y distingue dos grandes grupos: el problema *causa-efecto* y los problemas *efecto-causa* (Ayuso et al., 1996; Bugallo Rodríguez, 1995; Stewart, 1988). Siguiendo la clasificación establecida por Stewart (1988), de acuerdo al tipo de razonamiento para su resolución, los primeros son problemas donde se conocen los datos (genotipos, tipo de herencia) y se busca una determinada solución (proporción de fenotipos de la descendencia y sus genotipos); son señalados como problemas cerrados, ya que tienen una única solución, ejercicios donde se trata de completar una suerte de acertijo a partir de ciertas datos, problemas que se realizan en un contexto de comprobación de conocimientos, y se resuelven aplicando algoritmos. Los problemas efecto-causa en cambio, son aquellos donde para encontrar la solución se debe razonar desde los efectos (fenotipos que se observan) a las causas (posibles genotipos), llegando a identificar el modelo de herencia implicado. Son problemas abiertos, en algunos casos pueden tener más de una solución y el enunciado suele no aportar todos los datos. Además, en el proceso de resolución de problemas efecto-causa, el estudiante pone en juego sus conocimientos, emite hipótesis y utiliza diversas estrategias de resolución; durante el mismo no se utilizan de forma inmediata algoritmos, y entonces estos problemas pueden señalarse como basados en procesos de investigación. Por estas razones son considerados como verdaderos problemas. Además, las habilidades y procedimientos que

el alumno debe poner en juego en la resolución de problemas abiertos es mucho más variada que los implicados en resolver un problema cerrado; otra ventaja es el hecho que, a través de la resolución de problemas abiertos, se transmite una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual (Ibañez Orcajo, 2002).

Otros estudios realizados con alumnos de la enseñanza secundaria han arrojado resultados como los que se mencionan en una investigación reciente realizada por Caballero Armenta (2008), donde se señalan una serie de carencias que pueden influir en la comprensión correcta de los contenidos de Genética, y que en su opinión responden a las siguientes causas: confusión para identificar la localización del material genético, su vía de transmisión y el significado de conceptos básicos de Genética; ausencia de conocimientos adecuados sobre la reproducción sexual de las plantas; falta de conocimiento de los conceptos de probabilidad y otras variables estadísticas.

En un estudio realizado con alumnos de nivel superior por Corbacho y De (2009), se encontró que los estudiantes presentan dificultades para comprender conceptos y resolver problemas de genética; algunas de sus observaciones indican que los “alumnos aplican los algoritmos para la resolución de problemas o representaciones como la tabla de Punnett sin que ello implique la comprensión de los conceptos involucrados en su resolución” (p.1022). Detectaron también un aprendizaje memorístico e incompleto de definiciones y pone en evidencia que los alumnos de educación superior recuerdan de memoria algunas definiciones incompletas; presentan inconvenientes para establecer relaciones estructura-función vinculados a la herencia biológica y con la comprensión de las derivaciones de procesos importantes, como los resultantes de la segregación de cromosomas y cromátidas durante el proceso de meiosis. Además, encontraron nociones erróneas respecto a la localización y transmisión de la información hereditaria e incomprensiones sobre la relación entre cromosoma, gen y alelo en el marco conceptual del proceso de meiosis, presentes tanto en estudiantes del profesorado como en los de universidad.

Resumiendo, a partir de los hallazgos y aportes de los diversos autores consultados, se detectan dos grandes necesidades en relación a los procesos de enseñanza relacionados a los mecanismos de la herencia:

- Necesidad de introducir cambios curriculares y metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética.
- Necesidad de una selección de los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes más que

a su cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de niveles obligatorios de enseñanza.

En este sentido y a partir de la detección de estas necesidades, las recomendaciones o propuestas presentes en la bibliografía contemplan:

- Diseñar propuestas instruccionales que atiendan a los conocimientos previos de los estudiantes y que faciliten el desarrollo y evolución de los procesos de conceptualización; para ello se debería tomar en consideración los conocimientos previos de los estudiantes, sus posibles ideas alternativas y los obstáculos de aprendizaje presentes en los estudiantes.
- Articular en una visión integral la estructura de la célula y los procesos celulares para evitar que sean comprendidos parcialmente. De este modo se favorecería en los estudiantes la posibilidad de establecer relaciones entre problemas de herencia con la transmisión de la información genética y con la meiosis; además se evitaría que estos problemas sean resueltos correctamente, pero de manera mecánica.
- Comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución.

Utilizar problemas efecto-causa, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (causa), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc., transmite una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual, orientada hacia la construcción de saberes sociales. Ello representa un verdadero desafío para la formación docente, por lo que se presenta como una línea a considerar y con un rol protagónico en el campo de la educación del siglo XXI (Pérez-Jiménez, 2003).

5. Quinta Sección

El análisis de documentos

Los libros de texto como objeto de investigación

Como sostiene López Noguero (2002), “a pesar de la gran diversidad de fuentes susceptibles de análisis, la fuente documental más importante es el vestigio escrito” (p.171); este se encuentra en forma de documentos impresos como libros, artículos, periódicos, revistas y memorias, entre otros. En los mismos, además del carácter verbal, tienen importancia los datos numéricos y estadísticos, los gráficos, imágenes y fotografías, los que, analizados en su conjunto, resultan una valiosa fuente de información. Como ya se ha señalado, la presente investigación centra parte de su análisis en los libros de texto, por lo que, como punto de inicio, resulta de interés conceptualizarlos; en este sentido, Khun (1987) define a los libros de texto como “vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal” (p.214).

Para iniciar el abordaje teórico vinculado al análisis de documentos, particularmente a los libros de texto, resulta apropiado realizar un breve recorrido por algunas de las vertientes de investigación sobre el tema. Una de ellas es la que ofrece la mirada de Bonafé (2008), quien alude a una relación estructural entre saber, poder y discurso señalando que:

...en el libro de texto se concretan un complejo conjunto de relaciones estructurales entre el saber y el poder, deberíamos detenernos en la comprensión de ese proceso, dando un paso más respecto de un discurso –que es también estructural y de poder- que sitúa la reflexión sobre el texto ajena al contexto de su producción y consumo (p.66).

El autor se refiere a la estrecha relación entre la práctica discursiva utilizada en los libros de texto y el poder, las cuales no serán abordadas en esta Sección ya que escapan a la esfera de este trabajo. Siguiendo esta línea argumental, Level y Mostacero (2011) señalan que “el carácter polisémico del texto escolar hace que converjan en él criterios e intereses de diversos sectores, que pueden tener, en muchos casos, mayor peso que la conveniencia del artefacto” (p.12). Interesa retomar en esta sección a Gómez Mendoza (2005) y Ramírez Bravo (2005), cuyos aportes fueron considerados en la Primera Sección del Marco Teórico, en referencia a Chevallard cuando, en relación a los límites que se imponen al saber, acuña que se da un proceso de arreglo didáctico llamado “poner en textos del saber” o textualización. Al referirse a los libros de texto como práctica discursiva, Bonafé (2008) destaca como característica, la homogeneidad en la estructura de todos ellos, cuestión que expresa como sigue:

Una estructura muy común en nuestros libros de texto es la siguiente: una secuencia ordenada de núcleos temáticos con un marco de tareas similar en cada uno de los temas [lectura de la información, atención preferente a conceptos e ideas que deberán ser destacadas, y actividades –básicamente de lápiz y papel- que deberán realizarse a partir de la información seleccionada en el núcleo temático; más pruebas de evaluación que normalmente resultan de una selección de actividades ya realizadas en los distintos núcleos temáticos sobre los que versa la prueba]. Por otra parte, pudiera pensarse que la forma y estructura pudieran ser una variable dependiente del contenido curricular. Es decir, ni todas las lecciones de una misma materia, ni lecciones de materias curriculares diferentes tienen porqué mantener la misma estructura. Pero lo que muestra el análisis es una absoluta homogeneidad formal: en la estructura de tareas, en la temporalización, los ritmos, etc. (p. 67).

Otra postura es la de García Negroni (2008), quien centra su análisis en la subjetividad en relación al discurso científico-académico:

La escritura científica ha sido tradicionalmente caracterizada por las propiedades de objetividad, neutralidad, impersonalidad y precisión con las que referiría a la realidad externa, la que por lo tanto se manifestaría en el texto como totalmente independiente de las emociones, sentimientos y apreciaciones del autor (p. 10).

Sin embargo, la autora señala y argumenta a favor de la presencia de cierta subjetividad a partir de las marcas que el autor del discurso científico-académico deja en el texto que produce, manifestando que su discurso no es ni monológico ni neutro.

Autores, como Ríos Cabrera (2002), siguen otra línea y tratan al libro de texto como recurso para el aprendizaje estratégico. Otra variante, es la implementada por Zuev (1988), quien realizó un diseño del componente estructural del libro de texto en el cual expone las características que deben reunir los textos escolares para cumplir con determinadas funciones didácticas, y que según su criterio son las siguientes: informativa, transformadora, sistematizadora, de consolidación y de control, de autopreparación, integradora, desarrolladora y educadora. Para este autor el componente estructural constituye un conjunto de elementos relacionados entre sí y con las otras partes o constituyentes del libro, de modo que forman un sistema integral.

Una de las perspectivas de análisis de los libros de texto que ha tomado fuerza en los últimos años es la del *Análisis de Contenido* (Abela, 2003; Bardin, 2002; Krippendorf, 1997), técnica de investigación social utilizada desde hace más de un siglo que se fundamenta en una lectura metódica, ya sea textual o visual, como herramienta para la recolección de datos. Abela (2003) la define como:

...una técnica de interpretación de textos, ya sean escritos, grabados, pintados, filmados..., u otra forma diferente donde puedan existir toda clase de registros de datos, transcripción de entrevistas, discursos, protocolos de observación, documentos, videos,... el denominador común de todos estos materiales es su capacidad para albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas al conocimientos de diversos aspectos y fenómenos de la vida social (p.2).

Para este autor el contenido de un texto o una imagen se puede percibir o interpretar de dos modos: desde el contenido manifiesto, o sea lo que el autor quiere decir o expresar, y desde el contenido latente o no manifiesto, es decir lo que se expresa de manera indirecta. Ambos tipos de datos pueden ser captados o interpretados y cobran sentido de acuerdo al contexto en que se presenta el texto; por esta causa, tanto el texto como el contexto revisten importancia para el análisis de contenido.

Estas diferentes orientaciones teóricas, representan una muestra a modo de ejemplo, que revela la variada información que aportan los textos cuando se los aborda desde diferentes ángulos; como expresa Ocelli (2013), citando a Egil Johnsen (1993), los libros de texto:

...pueden analizarse como documentos históricos para estudiar los procesos de pensamiento y conocimientos predominantes en una determinada época; la historia de una disciplina en el sistema educativo, como así también los contenidos que se han desarrollado dentro de una disciplina. Este autor destaca que los libros de textos pueden utilizarse en investigaciones de educación comparada, de exámenes ideológicos, sociológicos, antropológicos, psicológicos, lingüísticos, de política cultural y economía, epistemológico-disciplinares, pedagógicos, etc. (p. 20).

La misma autora repara en que se reconocen diversas ramificaciones de la línea metodológica sobre análisis de contenido, y que una característica general o común en los estudios vinculados a un contenido conceptual específico se asocia a la modalidad de análisis de contenido temático frecuencial; en este estilo de trabajo se recurre a seleccionar ciertas unidades de análisis y luego se procede a registrar su frecuencia con el fin de estudiar el trato que se da en los libros de texto a determinados conceptos específicos. Este abordaje responde a lo planteado por Bardin (2002) como orientación metodológica para el análisis de contenido.

Para Perales Palacios (2006) y otros autores (Campanario, 2001; Figini y De Micheli, 2005; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2002; Martínez Gracia, 2003), en la educación secundaria el libro de texto parece ser el material curricular de mayor influencia. En el caso de la educación superior los libros de texto universitarios son un recurso importante donde se almacenan datos reconocidos por la comunidad científica de cada disciplina a los cuales acuden estudiantes y docentes con el objeto de utilizarlos como material de consulta o de estudio, como elemento donde se ofrecen

actividades y acopian problemas y ejercicios de aplicación resueltos o para resolver (Anselmino, 2018; Campanario, 2001; Cabrera Castillo 2012, Llompарт et al., 2014). Tosi (2011), recupera los aportes de Hyland (2000) “que, desde una perspectiva sociocomunicativa, estudia el libro de texto universitario y lo define como un depósito de conocimiento codificado debido a que muestra los paradigmas aceptados de cada disciplina y, al representar la ortodoxia (el conjunto de ideas aceptadas), cumple la función de comunicar verdades ya probadas necesarias para la capacitación básica de los estudiantes.” (p.487). Cubo de Severino (2002) define a los manuales universitarios como “libros de texto que normalmente se utilizan para iniciarse en el estudio de una ciencia” (p.69); la autora menciona algunas características textuales que presenta en general el discurso científico y que es compartido por el subgénero manual universitario, como el uso de tecnicismos, sustantivaciones o nominalizaciones, desagentivización, alta frecuencia de voz pasiva, tercera persona singular, oraciones impersonales, abundancia de citas integrales y no integrales, superestructura específica en cada subgénero y mayor densidad léxica. Tosi (2011) observa en cambio que “el uso de ciertos elementos, como las definiciones y los imperativos en las directivas, y la tendencia a reunir las múltiples voces de textos pasados en una sola voz de autoridad, muestran la experticia del autor y promueven el efecto de que el texto comunica certezas y verdades” y “que ciertas elecciones lingüísticas, como la presencia de mitigadores, del pronombre inclusivo “nosotros” y la inserción de la segunda persona, se plantean como estrategias para reducir la distancia con el lector lego y facilitar su aprendizaje.” (p.487). Ella señala que “Si bien Hyland (2000) caracteriza al libro de texto universitario como un género académico, muchos de los rasgos que menciona, como los imperativos en las directivas, el “borrado” de las voces que se reformulan y el uso de la segunda persona para referirse al lector, son rasgos propios del discurso pedagógico (p.488).

Según Solaz-Portolés (2010) “una muestra de la importancia que se le da al libro de texto en la enseñanza de las ciencias es que él mismo se ha convertido en objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias” (p.66), por lo que Occei y Valeiras (2013) los señalan como “objetos de investigación”. Por otra parte, actualmente más cantidad de personas pueden acceder al texto escrito debido a las oportunidades que ofrece internet, en forma de libros electrónicos, documentos en formato PDF (sigla del inglés Portable Document Format, “formato de documento portátil”), fotografías, copias digitalizadas que se comparten en grupos de trabajo, etc; es decir que los libros de texto que se utilizan en educación pueden llegar a la población estudiantil en formato papel o electrónico, lo que los hace más masivos respecto a las posibilidades de llegada a sus destinatarios.

En el marco de este trabajo de Tesis, siguiendo a Acero (2008), se considerarán bajo el término *libro de texto* a los textos incluidos en la bibliografía del programa de una o más asignaturas con contenidos de Genética y que correspondan al plan de estudios de la carrera Profesorado en Ciencias Biológicas dependiente de la FaHCE-UNLP; también a las ediciones de estos autores referidas como las más utilizadas por los estudiantes de esta carrera universitaria.

Lo expresado hasta aquí, no pretende más que servir como introducción a las distintas variantes que puede adoptar una forma de análisis, representada en este caso, por el abordaje basado en la investigación documental. Parte de la literatura revisada sobre el tema da cuenta de la variedad de investigaciones vinculadas al análisis de libros de texto tomando como campo disciplinar general a la Biología, y particular a la Genética; se los ha organizado en este sentido como una forma de ordenar el desarrollo teórico que sigue sobre los mismos.

Investigaciones centradas en el análisis de contenidos biológicos en libros de texto

Debido a la amplitud del campo disciplinar y a la variedad de estudios sobre libros de texto, solo se comentan a continuación algunos trabajos acerca del abordaje de temas generales de Biología y de otros más específicos correspondientes a algunas de sus ramas (Botánica, Zoología, Ecología, Evolución, Genética), con el objeto de crear un marco de referencia amplio e introductorio y contextualizar el tema de interés de esta investigación.

Biología en los libros de texto

En un estudio realizado por Franzolin y Bizzo (2007) se examinó una muestra de libros de ciencia destinados a la escuela primaria y de libros de Biología para enseñanza secundaria, con la finalidad de verificar el distanciamiento que se produce entre estos y el conocimiento científico como resultado de la transposición didáctica. Para diferenciar los tipos de distancias encontradas, elaboraron una herramienta a través del cual las distancias se clasificaron en dos categorías; una de ellas es la distancia vertical, originada por la transposición del conocimiento científico para cada nivel de grado, necesaria para permitir el aprendizaje de los estudiantes de los diferentes grupos de edad. El otro tipo de distancia es horizontal, caracterizada por no resultar esencial para el aprendizaje de los estudiantes en su nivel de educación debido a su falta de rigor en relación con el conocimiento de referencia. También Peláez, Rodríguez y Ocelli (2010), partiendo del análisis del concepto de reproducción en textos destinados a la enseñanza secundaria encontraron indicios asociados a los libros como objetos comerciales y otros vinculados a la función educativa que estos

cumplen, encontrando aquí un déficit de factores que promuevan la construcción de conceptos.

Un enfoque distinto es el adoptado por Coutinho y Rodrigues e Silva (2014) quienes utilizan una estrategia para el análisis de libros didácticos de Biología, basada en los principios de la teoría del actor-red que procura comprender las afirmaciones centrales sobre conocimiento, subjetividad, sociedad y naturaleza y los efectos de su interacción en red; consiste en seguir y examinar a los actores y productos de la tecnociencia en el momento mismo de sus acciones, analiza las interacciones de los actores y el resultado de un entramado de relaciones heterogéneas.

Botánica en los libros de texto

Uno de estos estudios es el realizado por Cardoso Marinho, Rodríguez Setúval y Oliveira de Azevedo (2015), quienes analizaron un análisis comparativo entre libros didácticos sobre el tratamiento que se hace en los libros didácticos de Biología para la enseñanza media del tema Botánica General de las Angiospermas en el período 1974-2011. La comparación mostró que entre los textos más antiguos y los más modernos se comprenden mejor los objetivos de los textos y que los libros más recientes resultan más atractivos y menos densos en cuanto a la forma de presentar el contenido, colaborando a componer una imagen de una Botánica que no se asocie con algo tedioso y ornamental. Otro análisis, en el que se estudia el abordaje y los métodos aplicados para la enseñanza de la Botánica en libros de texto de Biología para la escuela secundaria, es el realizado por Frenedozo, Cancian, Días, Calejón, Ribeiro y Maciel (2005); otro similar fue llevado a cabo por Guimarães (2011), quien analizó las diferentes dimensiones para la enseñanza de la Botánica presentes en manuales escolares portugueses para enseñanza básica en el período 1900- 2000.

Zoología en los libros de texto

Este campo es analizado desde diferentes dimensiones que consideran a los contenidos zoológicos en general o el tratamiento que se da a algunos grupos de invertebrados y de vertebrados. Según Vasconcelos y Souto (2003), el renovado debate acerca de la calidad de los libros de texto ha promovido modificaciones significativas en la producción editorial de los últimos años, pero a pesar de los manifiestos progresos, existe un buen número de docentes que no cuentan con información apropiada para tomar en consideración durante el proceso de selección de los libros de texto que habrán de utilizar en sus clases. En este contexto, los autores proponen una sucesión de criterios para ser utilizado por los maestros de

enseñanza primaria (sexto grado) para tomar la decisión del libro de ciencias a escoger, tomando como modelo el contenido zoológico; así, recomiendan atender al contenido teórico y visual, a las actividades prácticas y a la información complementaria de los textos que les ofrece el mercado editorial. Con base en estos principios, se considera que con este trabajo se contribuye al debate sobre la necesidad de una mayor participación de los profesores en el proceso de selección de los libros de texto. Por otra parte, Barbosa Aquino, de Arruda Silva y Araécio Uchoa (2019) examinan libros didácticos de enseñanza media en Brasil en relación a los enfoques del contenido sobre artrópodos que desarrollan; así documentaron algún déficit en la organización conceptual sobre artrópodos y en la entomología en general, propagando errores que pueden conducir a la formación de conceptos equivocados sobre esos contenidos. En otra investigación, realizada por Melo Ferreira y Arossa Alves Soares (2008), se analiza la información presente en los libros didácticos de ciencias destinados a la enseñanza fundamental o primaria, sobre arañas y escorpiones de interés médico; en las obras seleccionadas encontraron errores y deficiencias, que, según su opinión, requieren por parte de los profesores una evaluación crítica de los textos que escogen para sus clases de ciencias. En cambio, Borges, Olivera y Costa (2003) efectuaron un análisis en libros de texto de educación primaria y secundaria sobre serpientes venenosas centrado en la identificación de las mismas y los procedimientos y profilaxis recomendados en caso de accidentes; recomiendan una revisión profunda del tratamiento de estos temas en los libros didácticos debido a la detección de la recomendación de procedimientos erróneos en caso de accidente. En un estudio más reciente, Torres Merchán y Rojas Niño (2017) exploraron la enseñanza de especies no carismáticas invertebradas en el contexto de la escuela nueva mediante entrevistas a profesores y un análisis desde los libros de texto. Hallaron que la temática, en ambos casos, no se aborda en forma particular o individual sino de modo global en el contexto de temas diversos como clasificación de los seres vivos, ecosistemas, reproducción, relaciones entre los seres vivos y otros aspectos que los abarcan en forma implícita. Además, se encontró que las imágenes de animales utilizadas en los libros de texto resultan antropomorfizadas y con fines decorativos.

Ecología, problemáticas ambientales y biodiversidad en los libros de texto

Las variadas dimensiones sobre el tema han sido investigadas por investigadores como Ibarra Murillo (2006), quien estudió como se tratan las ideas sobre el equilibrio ecológico en los libros de texto de la escuela secundaria española, y encontró que los textos desde las modalidades de tratamiento que utilizan, tienden a reforzar ideas vitalistas y deterministas. La

mayoría de ellos son textos descriptivos; en ellos se describen los cambios sucesionales en los ecosistemas, se seleccionan algunas características como el aumento de biomasa, de diversidad, el cambio de tipos de especies, el clímax, se muestra alguna clasificación, ejemplos, y, en algunos casos, la aplicación a otros fenómenos. Señala la autora que, en realidad, los textos deberían ser expositivos, donde los hechos se ordenan en una relación de causa-efecto, situando los hechos conocidos y los nuevos datos en forma contextualizada. Por su parte, Montañés Bayonas y Jaén García (2015), exploraron las características que presentan los contenidos relacionados con las problemáticas ambientales propuestos en los libros de texto españoles para 3º de la escuela secundaria obligatoria; los resultados dejan en evidencia planteos educativos tradicionales caracterizados por contenidos excesivamente teóricos, simplificadores y reduccionistas. Los autores destacan que no debería prevalecer el planteo descriptivo de los procesos que se observa, sino uno que potenciara su interpretación y visión global; señalan además una supremacía de las descripciones o definiciones frente otro tipo de actividades que deberían fomentar el desarrollo de destrezas y habilidades, y promover la concienciación sobre estas problemáticas.

Otro referente, Bermúdez (2018), realizó un estudio sobre un grupo de libros de texto destinados a la educación secundaria española, analizando el tratamiento que estos realizan acerca de la pérdida de biodiversidad. Sus resultados generales mostraron que los mismos realizan un tratamiento holístico y no-utilitario de la problemática; sin embargo, del análisis de estos datos surgió también la posibilidad de recomendar determinados textos de acuerdo al tratamiento que realizan de la temática, más acorde con las conceptualizaciones actuales sobre pérdida de biodiversidad. Otros aportes son los realizados por Bermudez, De Longhi y Gavidia (2015, 2016).

Evolución en los libros de texto

Autores como Garza (2014, 2015), González Arriaga, Torres Barrios, Mendoza Maldonado, (2017) revisaron las modalidades de abordaje de la teoría de la evolución y la teoría sintética de la evolución en textos correspondientes al nivel de primaria; encontraron omisión y fragmentación de conceptos, recursos insuficientes e ideas dispersas. Estos autores expresan que el abordaje didáctico y la forma en que es presentada la información podrían promover nociones erróneas que obstaculizarían los aprendizajes. Barberá, Sanchis Borrásy Sendra Mocholí (2011), también exploraron el tratamiento de la a evolución biológica, pero en libros de texto de Educación Secundaria y Bachillerato, encontrando que la situación actual es que se ofrece un tratamiento inadecuado del tema. Siguiendo otra línea, Villella Torrens y

Barahona (2018) analizan el tema de la evolución biológica en los libros de texto escolares mexicanos en el período 1930-1940 identificando como subyacentes al tratamiento del tema las ideas socialistas vigentes en ese período. También Dos Santos Medrado y Escovedo Selles (2018) inspeccionan la inserción de temas evolutivos en libros didácticos de Biología como resultado de la cual se evidencia una polarización entre justificaciones pedagógicas y científicas para la inserción de temas evolutivos en los libros didácticos que puede ser entendida como indicios de modificaciones que ocurrieron en la propia disciplina biología escolar.

Genética en los libros de texto

Dado que este es el campo específico sobre el cual se indagará en este estudio, el rastreo de la literatura sobre el tema se ha organizado en dos niveles: Investigaciones sobre el tratamiento de contenidos de Genética en libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio y en los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel superior de la educación.

Tratamiento de contenidos de Genética en libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio de la educación

Uno de los objetos pedagógicos que otorga soporte a la formación de los ciudadanos y que se encuentra en gran parte de los establecimientos escolares, es el libro de texto o libro didáctico, de uso común en la enseñanza de diferentes disciplinas y que juega un importante papel en el contexto escolar en general y particularmente en el nivel medio de la educación (Fernandes Xavier, de Sá Freire y Ozório Moraes, 2006; Lapasta, Merino, y Ramírez, 2001; Vasconcelos y Souto, 2003). Como se anticipó, en la literatura sobre el tema abundan los estudios vinculados al análisis de los libros de texto destinados a la enseñanza secundaria. En este sentido, Figini y De Micheli (2005) señalan a los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio de la educación como fuentes de datos para indagar el papel que desempeñan en la enseñanza y el aprendizaje de la Genética; las autoras realizaron un rastreo de información sobre la base de una muestra de doce libros de Biología y de Ciencias Naturales correspondientes al tercer curso del Ciclo Básico Común y al primero del Ciclo Superior de la Enseñanza Media y/o de la Educación Polimodal, todos ellos publicados por editoriales argentinas y utilizados en las escuelas al momento de efectuarse el trabajo. Concluyeron que la Genética mendeliana, si bien sobresa le respecto a otras áreas temáticas, presenta una tendencia a reducir su presencia en los textos más recientes; esto va acompañado de una inclusión progresiva de contenidos referidos a campos que guardan una estrecha

relación con la Genética, como es la Genética de poblaciones, la Genética no mendeliana, la Evolución, la Citología, la Biología Molecular, la Taxonomía, la Embriología y la Etología. Advierten, además, que si bien:

...es favorable la tendencia a incluir contenidos procedentes de diversos campos conceptuales que encuentran en la genética un nexo integrador, esto no significa necesariamente que los alumnos puedan establecer las relaciones conceptuales apropiadas cuando se enfrentan a un número tan importante de contenidos. Esta es una característica que debería ser tomada en cuenta por el profesorado como mediador del proceso educativo (Figini y De Micheli, 2005, p.4).

Destacan también una tendencia a incluir un mayor número de casos de herencia referidos al ser humano (un abordaje más cercano a la realidad y a los intereses del alumnado). Observan por otra parte que:

...persiste una tendencia no deseable de presentar a la herencia casi exclusivamente asociada a características directamente observables, como si los genes y los mecanismos de la herencia tuvieran escasa relación con los aspectos funcionales de un ser vivo y que a pesar de que los contenidos referidos a la biología molecular tienen una presencia creciente en los textos, se contribuiría a que los alumnos no pudieran establecer las relaciones conceptuales apropiadas entre este campo disciplinar y la genética (p. 4).

Subrayan además un incremento en la cantidad de temas presentes en las actividades de los libros más recientes en comparación con los de comienzos de los años '80. Diversos autores subrayan que estas temáticas poseen un atractivo social, tal vez asociado a la influencia directa que tienen sobre la vida de las personas, destacándose en consecuencia, como contenidos relevantes en el contexto escolar por su papel de promotores de discusiones de interés en el aula de clases sobre organismos transgénicos, terapia génica, clonación, células madre, prueba de paternidad, entre otras (Goldbach y Bedor, 2013; Fernandes Xavier, de Freire y Moraes, 2005).

Un enfoque similar es el que sigue Martínez Gracia (2003), quien identifica las siguientes características en los libros de texto de enseñanza no universitaria: Falta de claridad respecto a la relación entre ADN, genes, cromosomas y núcleo; ausencia de integración entre los aspectos tradicionales de la Genética y los desarrollos recientes de la misma a nivel molecular; transmisión de la idea de que sólo existen dos alelos para cada gen, y que cada carácter está determinado por un solo gen. Esto podría fundamentarse en la necesidad de simplificar los conceptos genéticos, pero podría conducir a la formación de concepciones erróneas. Otra idea errónea que se transmite es la de que los genes siempre se expresan. Algunas definiciones vertidas en los textos analizados por la autora, también pueden crear

confusión respecto a los conceptos de alelo, genotipo y genoma, código genético e información genética. Además, los contenidos de ingeniería genética se introducen sin establecer claramente su conexión con las ideas genéticas básicas que la hacen posible; esto tiene como consecuencia que queden desdibujados los objetivos que se intentan conseguir.

Para Campanario (2001), los libros de texto de ciencias se utilizan de una manera algo limitada; según el autor los usos principales de los libros de texto de ciencias son como fuente de información para alumnos y profesores, de ejercicios y tareas de clase, y de preguntas y ejercicios de evaluación. Considerando las características de los libros de texto, este autor realiza una serie de observaciones que resultan de interés para el profesorado, ya que induce a utilizar las debilidades reconocidas en el material bibliográfico, como fuente de actividades de clase. Por otra parte afirma:

Los conocimientos científicos se presentan fundamentalmente como un producto acabado, sin que los procesos y vicisitudes seguidos en su descubrimiento sean dignos de atención. Ésta es una tradición común a casi todos los sistemas educativos. En otras ocasiones, los contenidos científicos se justifican en el marco conceptual de la disciplina o se deducen a partir de principios generales. Sin embargo, muchas de las afirmaciones que se hacen en los libros de texto y que se presentan como verdades más allá de toda duda deberían requerir algún tipo de justificación o demostración. La ausencia de estas justificaciones o demostraciones puede servir para que el profesor pueda disponer de un repertorio amplio de tareas para sus alumnos (p. 359).

Hace casi 30 años, García Cruz (1990) reveló que en los libros de texto se ponen de manifiesto errores muy comunes que están relacionados con los cruzamientos genéticos; es común que los alumnos no comprendan el significado real del resultado de un cruzamiento genético, que confundan el *cómo podrán ser*, con el *cómo son* los descendientes de dos progenitores. No se insiste en el hecho de que el resultado de una cruce es el espacio muestral de un fenómeno probabilístico, entonces el alumno cree que se trata de los descendientes ciertos y en número, de esa generación. Lo anterior conduce a que no se entiendan los ejercicios y al aprendizaje memorístico de un mecanismo determinado, que difícilmente resulte útil para resolver problemas donde el planteo de los mismos sea diferente de los aprendidos. En la búsqueda de las causas que originan los problemas de aprendizaje que se han mencionado, resultan de interés las opiniones de Tamayo Hurtado y González García (2003), quienes sugieren que los textos y el lenguaje utilizado por el profesor pueden ser el origen de conceptos erróneos en el alumnado; en este sentido insisten en que los textos originan, mantienen o refuerzan estos conceptos. Recomiendan además, que los profesores consideren la importancia del lenguaje y de los criterios de clasificación que utilizan, y también de los ejemplos y analogías a los que recurran en sus explicaciones. En la misma

línea, Ferreiro y Ocelli (2008) ponen de manifiesto que la bibliografía utilizada en los ámbitos escolares de Argentina, suele ser una fuente de dificultades para el aprendizaje en esta disciplina; plantean que la forma en que se presenta la secuenciación de los contenidos en los libros de texto, podría ser uno de los factores que originan obstáculos para el aprendizaje de estos tópicos, ya que no se abordan conceptos fundamentales para la comprensión de los procesos en cuestión, además son escasas las ilustraciones y las propuestas considerando un orden creciente de complejidad. Por otra parte, es común encontrar en los textos actividades que no se autosustentan con la información que se desarrolla en el mismo (Ocelli, 2011).

En el contexto español, Martínez-Gracia, Gil-Quilez y Osada (2003) analizaron, el tratamiento que se da a la ingeniería genética en los libros de texto destinado a la enseñanza secundaria española. Los resultados mostraron que la ingeniería genética se introduce normalmente sin una clara referencia al material genético como común a todas las especies, a la universalidad del código genético y a la expresión de las proteínas, siendo común que esto esté pobremente definido. Por otra parte, en algunos textos se hace hincapié en aplicaciones tales como el proyecto del genoma humano sin describir la secuenciación del ADN. Se encontró, además, un exceso de información que no fue siempre bien fundada y que por lo tanto no era adecuada para proporcionar una comprensión significativa de la tecnología de ADN. Los autores concluyeron que es una cuestión que requiere una reformulación por parte de los editores de libros de texto de modo que proporcionen información contextualizada y acorde al nivel de la enseñanza para los que están destinados. Martínez-Gracia, Gil-Quilez y Osada (2006) efectuaron, además, un análisis del contenido de genética molecular en los libros de texto de secundaria en español. El estudio mostró una tendencia a confundir el código genético con la información genética. Además, se encontró que el tratamiento de la transcripción del ADN, la regulación de la expresión de genes y la traducción se presentan como masas de información de hechos sin facilitar necesariamente la adquisición o el logro de una adecuada comprensión de los conceptos principales y su significado biológico en relación a términos tales como *traducción*, *proteínas codificadas* o *regulación de la expresión génica*. Como conclusiones generales, los autores expresan la necesidad de mejorar los libros de texto poniendo un mayor énfasis en la comprensión de los conceptos básicos, en lugar de concentrarse en los detalles de hechos o fenómenos. Díaz y Pandiella (2007) también trabajaron en esta línea, particularmente en la categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de tecnología, encontrando inadecuaciones entre los recursos lingüísticos utilizados y los visuales. Por otra parte, Forissier y Clément, (2003), argumentan a favor de

enseñar "identidad biológica" como el resultado de las interacciones entre el medio ambiente y el genoma, señalando que, si bien en el programa francés del 2001 para estudiantes de 16 años de edad, estos temas fueron incorporados, son escasas las referencias al tema. Realizaron un análisis de los tres libros de texto más comúnmente utilizados, incluidas las imágenes utilizadas y encontraron que solamente en dos de las cinco secciones destinadas a temas de genética se ocupan de la identidad biológica. Los resultados mostraron que todos los textos se centran principalmente en la determinación genética del fenotipo, y en la noción de código genético. También analizaron, mediante un cuestionario las concepciones de los profesores de biología en formación y encontraron que para la mayoría de ellos, la identidad psicológica no ilustra la noción de identidad biológica detectando la existencia del dualismo cartesiano cuerpo/alma que estaría ligado o influyendo sus concepciones. El análisis de las concepciones de los profesores en formación mostró también una inadecuada comprensión de las interacciones entre el genoma, el medio ambiente y el proceso de epigénesis.

De Andrea, Menconi, Iugovich, Barrios y Legarralde (2015) analizaron el eje sobre herencia mendeliana en libros de texto del nivel secundario argentinos poniendo de manifiesto algunas dificultades con las que los estudiantes pueden encontrarse al utilizar este tipo de mediadores curriculares; en un sentido similar, De Andrea, Menconi, Lorenzo y Legarralde (2016) estudiaron el abordaje del concepto de gameta en libros destinados a la enseñanza secundaria. Los resultados arrojaron que en la mayoría de los textos analizados se ofrece información sobre el término de modo fragmentado, lo que podría favorecer aprendizajes aislados en los estudiantes.

Investigaciones centradas en el contenido, las imágenes y las actividades en forma conjunta

Figini, E.; Berzal, M. y De Micheli, A. (2001) revisaron los temas de Genética presentes en las actividades de los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel medio y la educación polimodal; observaron los contenidos de genética presentes en 11 libros de texto de Biología argentinos, y las actividades propuestas y encontraron una tendencia a incluir ejemplos de herencia vinculados a la genética humana y a experiencias de la vida cotidiana. Asimismo, si bien indican como positiva la inclusión en las propuestas de actividades de contenidos provenientes de diversos campos disciplinares de manera integradora, destacan la necesidad mediadora de la intervención docente en el proceso de resolución de las mismas. También Decker, Summers y Barrow (2007) investigaron de manera integrada tanto el contenido como las imágenes de 11 libros de texto de biología estadounidenses, y Sullivan

(2008) realizó un análisis similar entre contenidos e imágenes en la temática de ecosistemas urbanos en seis libros de introducción a las ciencias ambientales estadounidenses. Occelli, Valeiras y Bernardello (2015) revisaron textos argentinos de biología para la escuela secundaria y analizaron el tratamiento que en ellos se da a la biotecnología. Los autores indican que muy pocos contenidos de biotecnología se desarrollan exhaustivamente; por el contrario, éstos temas se hallan en lecturas complementarias, fuera del texto principal y con pocos elementos contextuales. Otros autores como Gonzalez y Barbeito (2011) realizaron sus aportes analizando materiales gráficos en los libros de texto de histología a partir de la aplicación de una taxonomía específica y en relación a las funciones cognitivas que promoverían.

Investigaciones sobre el tratamiento de contenidos de Genética en los libros de texto destinados a la enseñanza en el nivel superior de la educación

Considerando estos fundamentos, centrar la mirada en los textos destinados a la enseñanza superior resulta sustantivo para esta investigación. Parte de la bibliografía referente al nivel superior remite a los trabajos de Rodríguez Palmero y Marrero Acosta (2003) quienes abordan el análisis y la organización del contenido de Biología Celular. Los autores destacan que la organización de los materiales curriculares presenta secuencias lineales, lo cual no facilita un aprendizaje globalizador; apuntan que en los libros de texto frecuentemente utilizados, son abundantes los hechos y conceptos, en cambio son poco frecuentes los procedimientos y principios. Indican también la baja frecuencia en la utilización de imágenes, lo que generaría representaciones de índole descriptiva, con poca integración estructura-función y con imágenes pobres y estáticas, en caso de que se produzcan. Destaca Rodríguez Palmero (2003) que parece que los esquemas gráficos que se presentan en los libros de texto, ejercen influencia en los modos de representación interna sobre célula, que generan los estudiantes. Estos esquemas podrían interferir en la construcción de modelos mentales más explicativos y predictivos respecto a lo que es y representa una célula. Indica además, que luego de un período de instrucción se produce aprendizaje, pero el uso de imágenes mentales de célula es limitado y restringido a su estructura, y que la utilización de gráficos y diseños de los materiales curriculares podrían influenciar negativamente en los aprendizajes. Por otra parte, sugiere que los esquemas y gráficos relativos a la célula, probablemente no faciliten la comprensión del tema, sino que estén actuando como obstáculo epistemológico, impidiendo la conceptualización de la célula como entidad dinámica.

Otros autores han dedicado esfuerzos en este sentido (González y Barbeito, 2011; Mengascini, 2006; Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo, 2006; Obregón et al. 2008; Maturano et al., 2009 a y b; Peláez et al., 2010; Occeli, 2011; Occelli y Valeiras, 2013; Rosenberg, Legarralde, Vilches (2015) Rosenberg, et al. 2014 entre otros), y en este mismo campo, pero analizando temáticas más próximas a las que son objeto de este trabajo. Aguilar (2008), en un estudio realizado con alumnos de primer año del Profesorado y de la Licenciatura en Ciencias Biológicas utilizó diferentes herramientas metacognitivas, y encontró ciertas regularidades en la estructura cognitiva de los alumnos que podrían ser consideradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre la Mitosis. Entre otras observaciones, el autor destaca que hay conceptos propios y relacionados con la Mitosis que se han aprendido significativamente mientras que otros se repiten memorísticamente, que existen errores en la utilización de vocabulario técnico y que las representaciones esquemáticas modifican el modo de pensar de los estudiantes. Por otra parte, las vinculaciones entre el tratamiento dado al concepto *gameto* en una muestra de libros universitarios y las representaciones sobre el término que tienen los futuros profesores de Biología, fueron exploradas por Legarralde, Gallarreta, Vilches y Menconi (2014), permitiendo, la tipificación de los datos recabados, mostrar la existencia de elementos comunes entre ellos que podrían dar indicios de la influencia que tiene la bibliografía utilizada sobre la formación de saberes acerca del tema. En la misma línea, se examinó el tratamiento dado a los conceptos relativos a la herencia en una muestra de textos destinados a la enseñanza superior, recomendados en los programas de asignaturas de los cursos introductorios y de los primeros años del Profesorado en Biología de la Universidad Nacional de la Plata y de los Institutos Superiores de Formación Docente de la ciudad de La Plata (Legarralde y Vilches, 2015). El análisis se realizó en base a un protocolo elaborado a tal fin y a una lectura profunda de los capítulos que abordan el tema con el objeto de caracterizarlos. Se halló que los contenidos suelen presentarse de modo disgregado en las obras, y que las representaciones lingüísticas y pictóricas utilizadas, frecuentemente se encuentran desarticuladas, presentándose en forma tardía o temprana, y no son utilizadas para establecer conexiones entre capítulos o temas relacionados, ni para presentar situaciones problemáticas o inducir a la resolución de ejercicios que requieran el uso de lápiz y papel; estos y las nociones de probabilidad, no se encuentran integrados al tratamiento de los contenidos, ausencia de relaciones que conlleva a que los recursos textuales y las imágenes presentes en el texto no sean aprovechados en su totalidad.

Investigaciones centradas en las imágenes presentes en los libros de texto

Una corriente que se ha desarrollado y consolidado sobre el análisis de libros de texto pone el foco de las investigaciones en las imágenes presentes en los mismos. Referentes como Duval (1999) las destacan como registros semióticos de importancia y una de las formas semióticas del lenguaje de las ciencias (Lemke, 2002). Por otra parte, Jiménez, Prieto y Perales (1997) afirman que una ilustración asiste con elementos que están ausentes en el texto; en concordancia, Carney y Levin (2002) y Stylianidou, Ormerod y Ogborn (2002) señalan que la selección de imágenes bien construidas y su calidad, es sustancial dado que estas colaboran en el proceso de aprendizaje; por ejemplo, en los capítulos o secciones de un libro donde se tratan contenidos complejos, las imágenes explicativas pueden facilitar la comprensión del tema si existe coherencia con la información presentada en el texto. En este orden de ideas, Raviolo (2019), siguiendo a Mayer (2009), explica que no hay equivalencia entre las palabras y las imágenes sobre un mismo contenido, dado que estas no brindan la misma información y no son sustituibles. En todo caso se complementan, dado que, por un lado, el sentido de las palabras se transforma con las imágenes y por otro, las palabras confieren significado a las imágenes. Este autor expresa que la retención y procesamiento de la información verbal y la información visual o pictórica aporta mejoras en la capacidad y codificación a nivel de la memoria y también ventajas en relación a la recuperación de esos contenidos; esto se potencia si la información verbal además de leída puede ser expresada en sonidos y por tanto ser escuchada por el receptor dado que sonidos e imágenes se procesan en canales diferentes. Dicha supremacía está ligada al esfuerzo cognitivo que se produce al integrar en la memoria de trabajo la palabra con la imagen, las representaciones verbales y las visuales o pictóricas; y también se asocia a la relación que se establece entre ellas y el conocimiento previo del sujeto. Se genera así la posibilidad de establecer conexiones de significado entre las representaciones verbales y las pictóricas. Este esfuerzo redundante en el logro de aprendizajes más amplios y profundos, que superan el mero recuerdo y posibilita emplearlos en otras situaciones o problemas.

Según Perales Palacios y Jiménez Valladares (2002) y Pozzer y Roth (2003), su importancia radica en que las mismas juegan un rol fundamental actuando en la formación de modelos mentales). Estos autores coinciden además en un estilo identificado en los libros de texto tendiente al uso de las imágenes como argumentos visuales para persuadir a los lectores de la autenticidad de lo que allí se expone. Respecto a las funciones de las imágenes, Jiménez Valladares y Perales Palacios (2001) señalan que las editoriales y autores se inclinan por

recurrir a ellas para definir conceptos, para ejemplificar conceptos a través de situaciones concretas y para plantear problemas.

El uso de la imagen se ha extendido en diferentes ámbitos, con un peso creciente de las imágenes en la educación formal (libros y pizarrón) e informal (prensa, televisión, publicidad, internet), cuestión que no escapa al ambiente universitario; el mismo se ha adaptado progresivamente, suplantando al pizarrón o pizarra blanca primero por transparencias y luego por presentaciones en PowerPoint (PPT) donde abundan los gráficos, animaciones, ilustraciones, cuadros, videos. Esta modalidad se ha generalizado de igual forma en reuniones científicas como simposios, jornadas y congresos de docencia o investigación (Perales Palacios, 2006). En el marco de esta Tesis, y siguiendo a este autor, para la educación formal interesan las imágenes de los libros de texto,

...dado el uso intensivo que se produce de los mismos al menos en la educación obligatoria y en actividades de aula como la resolución de problemas. Finalmente, la imagen constituye asimismo parte de los modos de representación habituales del conocimiento científico, junto con el formato verbal y matemático-simbólico... (pp. 14-15).

Según Perales Palacios (2006) se puede distinguir entre imagen e ilustración,

- Imagen: representación de seres, objetos o fenómenos, ya sea con un carácter gráfico (en soporte papel o audiovisual, fundamentalmente) o mental (a partir de un proceso de abstracción más o menos complejo).
- *Ilustración*: se trata de una imagen más específica, de carácter exclusivamente gráfico, y que acompaña a los textos escritos con la intención de complementar la información que suministran (p.14)

Para simplificar el análisis y en concordancia con el autor, dado el interés sobre el rol de la imagen en relación con la educación científica, en esta obra se recurrirá indistintamente al uso de *imagen e ilustración* incluyendo a ambos términos. En lo que sigue, se intentará sintetizar algunas de las contribuciones sobre este campo desde sus aportes teóricos.

Son referentes en esta línea los trabajos de Jiménez Valladares y Perales Palacios (2001), quienes en un estudio centrado en las ilustraciones incorporadas en los libros de texto utilizado en la Escuela Secundaria, señalan que las razones de su uso son, por un lado, la sospecha de que las ilustraciones constituyen uno de los factores que más influyen en la decisión de adoptar un libro de texto frente a otros posibles; citan como ejemplo la presencia de imágenes profusamente coloreadas y llamativas que atraen la atención del lector. Por otro lado, afirman que las ilustraciones que aparecen en los libros de texto de educación primaria y secundaria vienen a ocupar aproximadamente el 50% de su superficie. Los mismos autores

en alusión a los textos utilizados en educación secundaria refieren a una transformación del libro “continente para el alumnado” en el libro “guión para el profesorado”; también señalan que no existe un patrón único para dicho guión. Respecto a la función desempeñada por las ilustraciones en los textos estudiados, resaltan la preferencia de los autores por describir mediante imágenes situaciones que sirven de ejemplo de los conceptos definidos, plantear problemas y definir conceptos. Según su opinión las diferencias entre unos y otros textos son muy significativas, por lo que no resulta posible realizar generalizaciones. Además, encontraron que no es posible poner en correspondencia los patrones didácticos subyacentes en los libros de texto, con pautas coherentes con dichos patrones en la utilización de la ilustración (refieren a testimonios personales de autores de libros que indican una división de trabajo existente en las editoriales que dificulta el control sobre el conjunto de la obra).

En otra de sus aportaciones, Jiménez Valladares y Perales Palacios (2002), arguyen que la evidencia experimental planteada en los libros de texto, intenta mostrar “verdades científicas” recurriendo a falsas situaciones experimentales; las mismas pretenden sustituir al trabajo práctico reforzando una visión empirista de la actividad científica (visión actualmente superada por la nueva filosofía de la ciencia). Los mencionados autores destacan la escasa capacidad para la reflexión que inducen muchos libros de texto actuales; entienden que la intención de los autores es la de utilizar las imágenes como argumentos visuales para convencer a los lectores de la veracidad de lo expuesto por ellos, idea con la que coinciden Badzinski y Hermel (2015). Los materiales analizados los llevan a opinar que esta argumentación visual resulta abusiva, ambigua o errónea y que, en el mejor de los casos, su efecto sobre el aprendizaje será nulo. Para ellos, las imágenes tratan de presentar como evidencias lo que en muchos casos son interpretaciones basadas en la teoría que se quiere demostrar, señalando un tipo de enseñanza basada en la persuasión como principal estrategia. Otro precursor (Campanario, 2001), señala que además es importante considerar las proposiciones e imágenes presentes en los libros de texto ya que se relacionan con los aprendizajes que logran los futuros docentes; esto implica la formación de sus propias representaciones sobre un contenido.

En un estudio exploratorio que realizaron con estudiantes universitarios, Aguilar, Maturano y Núñez (2009) recurrieron al uso de imágenes para detectar concepciones alternativas movimiento de los cuerpos que son atraídos por la gravedad cerca de la superficie terrestre. Encontraron que los datos varían según el grado de iconicidad utilizado en la imagen seleccionada; según las autoras, cuanto mayor es el grado de iconicidad, mayores son las posibilidades de detectar el conocimiento cotidiano del estudiante, y cuanto menor es el grado

de iconicidad (o mayor el grado de simbología), es mayor la tendencia a recoger el conocimiento académico. Posteriormente, en un estudio realizado con estudiantes universitarios de carreras vinculadas a las Ciencias Naturales, Maturano, Aguilar y Núñez. (2009 a), analizaron la conversión del contenido de una imagen que se presentó desprovista de su contexto original, al lenguaje escrito, la interpretación que hicieron de esta imagen, y los conocimientos a los que recurrieron. Encontraron que:

...frente a la imagen propuesta, el proceso de conversión al lenguaje escrito presenta diversas características supeditadas a los conocimientos que poseen los estudiantes sobre el tema. Así, los estudiantes de menor edad y menor formación académica realizan una conversión “término a término”, estableciendo un paralelo entre los elementos que pueden observar en la imagen y la descripción minuciosa de los elementos que componen el dispositivo. Para ello hacen uso de las etiquetas y los elementos observables, por sobre los detalles poco claros (p. 75).

Estas autoras realizaron también un estudio acerca de la interpretación de imágenes realizada por un grupo de docentes que ejercían en el nivel medio de la educación; el análisis mostró dificultades de distinta tipología; algunas conceptuales y otras relativas a la interpretación, con formatos disímiles de acuerdo a cada tipo de imagen (Maturano, Aguilar y Núñez, 2009 b).

En la búsqueda de estrategias para mejorar la comprensión del proceso de replicación del ADN en alumnos de la Escuela Secundaria, considerando que la representación gráfica de la replicación del ADN que se usa comúnmente en los libros de texto y en las clases de Biología, promueve una comprensión inadecuada de este proceso, Rosenberg (2014), diseñó una secuencia didáctica incorporando el uso de una representación alternativa que sitúa las horquillas en el interior de una o varias burbujas de replicación, comprobando que esto mejora la comprensión del proceso. En la misma línea, Rosenberg et al. (2015) realizaron un análisis taxonómico de libros de texto de Biología uso habitual en los cursos preuniversitarios y universitarios, estudiando las representaciones gráficas sobre la replicación del ADN presente en los mismos; hallaron que, en general, con matices, los libros bajo estudio presentan una buena conexión entre las imágenes y el texto, característica que podría colaborar hacia una comprensión adecuada del proceso de replicación del ADN. Dichos resultados pueden ser utilizados para tomar decisiones respecto a la bibliografía a utilizar en las clases, seleccionando por ejemplo, aquellos textos en los cuales las vinculaciones texto-imagen resultan más notorias, pero también puede recurrirse a las debilidades reconocidas en el material bibliográfico, como fuente de actividades de clase. Posteriormente, Rosenberg y Legarralde (2016), exploraron a través de una encuesta la valoración por parte de un grupo de

estudiantes preuniversitarios, de las imágenes sobre replicación del ADN presentes en textos de uso común en la enseñanza preuniversitaria; encontraron que el empleo de colores, los textos breves y en idioma español y las imágenes grandes y con buena resolución son valorados favorablemente por los estudiantes.

En Canadá, Pozzer y Roth (2003), estudiaron fotografías sobre ecología en textos universitarios de Biología; hallaron que la coherencia entre los elementos considerados para el análisis no se mantenía constante y había variaciones incluso al interior de un mismo capítulo, lo que obstaculiza la lecto-comprensión por parte del lector.

En otros ámbitos, López-Manjón y Postigo Angón (2014), realizaron un análisis de las imágenes del cuerpo humano en libros de texto españoles de primaria; Fernández Ferrer, González García, y Mayoral Nouveliere (2009) efectuaron una exploración de las representaciones icónicas del agua subterránea en los textos de educación secundaria; Maldonado González, González García y Jiménez Tejada (2007) indagaron las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria.

En González (2018) se realiza un análisis de infografías de células animales y vegetales en dos textos académicos básicos de biología utilizados en cursos introductorios y asignaturas de los primeros años de la universidad así como en los últimos años de la enseñanza secundaria argentina; se establece a las “infografías como un tipo de representación visual de información que articula de forma simultánea textos verbales e icónicos en la búsqueda de dar una visión general de fácil comprensión de un tema complejo” (p. 23); también se discute el potencial didáctico de las infografías como representaciones externas provenientes de libros de texto.

Investigaciones centradas en las actividades prácticas presentes en los libros de texto

En diversas investigaciones el foco está puesto en los problemas que se proponen al lector (Concari y Giorgi, 2000) o en las actividades de lápiz y papel como la realizada por Islas y Guridi (1999), quienes compararon, en Argentina, los tipos de actividades presentes en textos para el nivel secundario de la educación y en textos destinados al nivel superior. Otro de los aportes en este sentido es la de Panarari-Antunes, Defani y Gozzi (2009), quienes realizaron un análisis de las actividades experimentales propuestas en una muestra de libros didácticos de Ciencias brasileños; los datos obtenidos arrojan que estos textos ofrecen pocas actividades experimentales, y algunas de ellas no son claras en su enunciación, cuestión que puede llevar a no lograr los objetivos para los cuales fueron formuladas, es decir, que los estudiantes no entiendan la razón del experimento. Goldbach, Papoula, Sardinha, Dysarz y Capilé (2009)

también analizaron títulos brasileños (nueve libros didácticos de Biología), entre ellos cinco como único volumen y cuatro dispuesto en colecciones, que contiene tres textos cada uno. Este conjunto de libros forma parte del Programa Nacional de libro para la escuela secundaria, preparado por un comité de expertos contratados por el Ministerio de Educación de Brasil en 2007 con el objetivo universalizar la distribución de libros de texto para estudiantes de escuelas públicas secundarias brasileñas. Los libros recomendados fueron analizados bajo diferentes parámetros y cumplían en ese momento, con los criterios mínimos de calidad establecidos por el equipo cuando se consideraron los aspectos conceptuales, metodológicos y éticos. Los autores concluyeron que la presencia de actividades prácticas que se proponen es escasa en función de que las mismas se recomiendan como importantes herramientas de enseñanza que facilitan tanto el proceso de enseñanza como el de aprendizaje; consideran que, presentada así, la experimentación en la enseñanza de la ciencia se convierte en algo complementario para el proceso educativo, en detrimento de los estudiantes. Esto porque las situaciones experimentales favorecen el carácter investigativo en los alumnos, quienes pueden terminar desarrollando sus propios "métodos" para llevar a cabo una experiencia o el análisis de un fenómeno. Recomiendan la producción de libros que enlacen la experimentación y el cuestionamiento como soluciones para mejorar la educación en Brasil.

Otra contribución fue la de Pôrto Marques y Dutra da Rosa (2015), que examinaron el modo en que se presentan y estructuran las actividades prácticas sobre Biología Celular en ocho colecciones de libros didácticos del Ministerio de Educación de Brasil de 2011; dichas colecciones se componen de tres volúmenes y cada volumen contiene un manual para el estudiante y un libro para el docente, que proporciona un soporte para la planificación educativa en el que se sugieren actividades y lecturas complementarias sobre los temas abordados en cada obra. Concluyeron que las actividades propuestas se limitan a la recontextualización de metodologías propias de estudios del ambiente académico, como la verificación experimental de procesos celulares y el desarrollo de modelos tridimensionales de estructuras microscópicas; observaron una restricción a la práctica experimental y demostrativa de procesos celulares y a la observación y la representación de formas y componentes celulares.

Investigaciones centradas en la asociación de saberes de los alumnos con su abordaje en los textos

Una interesante línea de trabajo es la relacionada con la combinación de estrategias metodológicas para recabar datos y cruzar las informaciones recabadas; esto suele resultar potenciador de los análisis ya que a partir de ellos afloran, similitudes, concordancias, etc. que pueden sugerir ciertas explicaciones que, a partir de un análisis separado no se logra; es el caso del estudio sobre el origen de los conocimientos previos en Biología desarrollado por González-García y Tamayo-Hurtado (2000) en el que encontraron ciertos elementos comunes entre los estudiantes y los libros de texto de primaria y secundaria, por ejemplo algunas concepciones erróneas coincidentes en textos y alumnos, la transmisión de ciertas concepciones culturales y de concepciones espontáneas en los alumnos que también se encontraron presentes en los libros. Aguilar, Maturano y Núñez (2007) recurrieron a la utilización de imágenes para, a través de un estudio exploratorio, detectar concepciones alternativas en estudiantes universitarios; encontraron que algunas ideas de los estudiantes coinciden con el conocimiento científico y otras muestran concepciones alternativas. Además detectaron concepciones distintas a las que investigaron, relacionadas a dificultades en el uso e interpretación del lenguaje verbal, gráfico y formal. En 2009, Matus Leites, en el marco de su tesis doctoral, impulsó una investigación acerca de las progresiones de aprendizaje en el área del enlace químico, realizando un análisis de coherencia entre las capacidades de los estudiantes y las representaciones utilizadas en los libros de texto. Entre las diversas contribuciones de este estudio, encontró un paralelismo entre las explicaciones de los estudiantes y los modelos implicados en los textos, es decir, una coherencia entre las imágenes de los libros y los niveles explicativos del alumnado.

Lo que antecede deja planteado la influencia de la bibliografía sobre las ideas de los estudiantes, sin embargo, esta ha sido documentada también por autores como Cortés (2004, 2006), Fernández Ferrer, González-García y Carrillo-Rosúa (2008), Fernandez Ferrer (2009), entre otros que no serán comentados por ser estudios que están vinculados a otras temáticas.

Consideraciones finales y síntesis sobre los aportes de los referentes teóricos relativos a la enseñanza de contenidos genético

Consideraciones finales

Los referentes teóricos citados, si bien representan una parte de la literatura existente sobre el tema, revelan que las investigaciones llevadas a cabo desde el campo de la didáctica en relación con el aprendizaje de contenidos vinculados con la genética han adquirido un notable desarrollo en los últimos años, debido a la importancia que se le otorga a la temática en todos los currículos de enseñanza en los niveles de educación secundaria y superior. Al mismo tiempo, el impacto social de los conocimientos sobre genética se observa a diario de diferentes formas, habiéndose constituido actualmente en un contenido clave de la alfabetización científica de la ciudadanía (Meinardi 2007). Sumado a esto, es bien sabido que los modelos científicos de la genética son el pilar para la comprensión de otros modelos biológicos, como los de evolución, los celulares y los moleculares. El tratamiento de estos temas y sus dificultades para el aprendizaje adquieren mayor relevancia cuando se trata de estudiantes que optan por la carrera docente, ya que, en un lapso breve, se encontrarán frente a un curso o grado de algún nivel escolar enseñando contenidos que no han comprendido adecuadamente. Al respecto, si bien se puede afirmar que hay una producción científica importante en relación con las ideas previas sobre genética de los estudiantes del nivel secundario de la educación, y también sobre las dificultades para la resolución de problemas, que van más allá de la mera resolución algorítmica, poco se ha investigado hasta el momento acerca de los saberes que poseen los futuros profesores sobre los temas vinculados a la Genética. Esto se torna crítico si consideramos que los mismos juegan un rol importante en los procesos de enseñanza que generan estos docentes, dado que impregnan las prácticas docentes. Por lo tanto, una indagación acerca de los saberes y la comprensión lograda por los futuros profesores sobre nociones tan nucleares puede acercarnos a la comprensión del tipo de explicaciones que se encuentran en los estudiantes de todos los niveles.

En este contexto, y representando el área de la genética un campo tan amplio, resulta de interés para esta investigación focalizar la atención sobre los saberes relativos a algunos contenidos y procesos centrales, dado que resultan estructurantes en el sentido de necesarios para la comprensión de conceptos más complejos. Como se expresó, son contenidos amplios e integradores, vinculantes y necesarios para el abordaje de otros más complejos y abstractos, por lo que los futuros docentes de Biología deben lograr la comprensión de los mismos durante su formación, integrados a competencias y estrategias de enseñanza variadas, diversos recursos según los estilos de enseñanza, etc.). Por derivación, los factores que

influyen en la adquisición de saberes en un sentido amplio (saberes teóricos, metodológicos y didáctico-pedagógicos) por parte de los futuros profesores, son aspectos que deben ser indagados para actuar en consecuencia.

A modo de síntesis

Como se desprende de la recapitulación bibliográfica realizada, existe amplitud de contribuciones originadas de investigaciones centradas en los saberes, en los procesos genéticos y sus implicancias en la enseñanza y en el aprendizaje, en la formación del profesorado y en los libros de texto; aunque podrían citarse otras investigaciones de interés, las seleccionadas suministran un sintético panorama de las principales aportaciones y del estado actual del tema.

En este trabajo de Tesis se centra la atención en algunos conceptos centrales del campo de la Genética que nuclean un conjunto de saberes que han sido motivo de debates en la sociedad y en la propia disciplina que nos aproximan al campo de la historia de la ciencia; esta, a su vez, nos acerca a los principales logros en la construcción del conocimiento científico que se han acumulado a lo largo del tiempo.

Otro foco de interés son los saberes de los futuros profesores de Ciencias Biológicas sobre estos tópicos, ya que siguen siendo una fuente de problemas y controversias que exige la movilización de ideas, su confrontación y explicitación. No obstante, existen razones de mayor envergadura que conciernen a este estudio y que es necesario enfatizar.

Como se evidencia en las investigaciones citadas, las bases genéticas de la vida se presentan como complejas, abstractas y de difícil comprensión para estudiantes de distintos niveles educativos y los trabajos reportados muestran que existen aspectos que aún no han sido explorados en profundidad. Uno de ellos es el nivel educativo en el que se centran estos estudios; son muchos los que se llevan a cabo en el nivel secundario de la enseñanza, y en menor cantidad los que involucran a estudiantes del nivel superior universitario y no universitario tomando en consideración a los futuros docentes del área de las Ciencias Biológicas; en estos, el análisis efectuado revela la existencia de algunos conflictos relativos a la comprensión de contenidos en el campo de la Genética.

Por otra parte, a la luz de los materiales revisados se observa que los libros de texto podrían influir de algún modo, como originar, condicionar o consolidar aprendizajes sobre meiosis, Leyes de Mendel y otros contenidos generales de Genética. Dicho análisis teórico permitió identificar aspectos a considerar, tanto para el trabajo en el aula como para futuras

investigaciones y que atienden, además, a repensar las prácticas de enseñanza con el objeto de mejorar la calidad de los aprendizajes en un área tan relevante como la que aquí se considera. La información obtenida resultó útil como base para el desarrollo del presente estudio, en la creencia de que solamente a partir de este conocimiento se puede construir una alternativa superadora para la elaboración de recomendaciones que contribuyan a la construcción de propuestas didácticas alternativas a las existentes, superadoras, o que al menos permitan mejorar las mismas. Esto, atendiendo a que sólo la identificación y caracterización de los saberes de los estudiantes (futuros profesores de Biología) y la determinación de elementos comunes con los libros de texto, permitirán la elaboración de propuestas didácticas fundamentadas.

Las esgrimidas son algunas de las razones que justifican la recapitulación bibliográfica precedente considerando estudios sobre libros de texto que atiendan al análisis del contenido conceptual (el concepto) y a las ilustraciones (la imagen), aspectos que serán abordados en esta investigación y que se describirán concretamente en el Capítulo 2 (Metodología).

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Este capítulo está integrado por las siguientes secciones:

1. **Encuadre metodológico**
2. **Metodología. El cuestionario**
3. **Metodología. Libros de Texto**

Sección 1. Encuadre metodológico

Introducción

Como se ha expresado en el desarrollo del marco teórico, las investigaciones en el campo de la educación, particularmente aquellas que consideran a sus protagonistas y al sistema en el que se desenvuelven, nos brindan información respecto al contexto natural donde se producen interacciones entre distintos elementos, las cuales pueden ser analizadas marcando tendencias, similitudes, diferencias y características; como señalan McMillan y Schumacher (2005):

La educación es un área de investigación interdisciplinar que proporciona descripciones, explicaciones, predicciones y evaluaciones de las prácticas educativas. La práctica educativa se centra en la enseñanza y el aprendizaje, e incluye factores que influyen en la enseñanza, como el desarrollo del currículum, las innovaciones, la administración, el desarrollo del docente y las políticas educativas. El conocimiento basado en la investigación refleja esta dualidad de la educación como un campo de estudio y de práctica (p.26).

Estos autores mencionan además que “En un campo interdisciplinario, todas las metodologías de investigación son valoradas por su utilidad potencial para el desarrollo del conocimiento” (p.27). Por añadidura, el debate en torno al tipo de abordaje metodológico a adoptar en una investigación que corresponde al campo de la educación, conduce a exponer las potencialidades y desventajas de una perspectiva u otra, aunque actualmente existe una tendencia orientada a considerar el uso conjunto de los métodos existentes, con el objeto de cumplir con los requerimientos particulares del área en la que se realiza la investigación (Azevedo Brasileiro 2009); como advierte Gil Flores (2005), si bien la investigación educativa es el procedimiento por el cual se llega a obtener conocimientos científicos, no existe un método absolutamente seguro para eliminar el error de la elaboración y validación de las teorías científicas, sino que tal procedimiento es relativo según cada momento histórico, incluso según la naturaleza del conocimiento que se trata de lograr. En esta línea,

Samaja (2007), defiende la idea de ciencia como proceso de investigación y dimensión de la cultura. Desde la perspectiva de Samaja (2004), todo proceso de investigación forma parte de un desarrollo de la historia en la que se genera un producto científico. En alusión a los momentos del proceso de investigación, el autor destaca las distintas etapas del mismo, las cuales deben estar en permanente interrelación; además identifica como primer momento del mencionado proceso a las condiciones de realización, es decir el contexto, creencias y conocimientos disponibles que constituyen el entorno. Siguiendo un orden lógico el producto resultante del proceso se manifiesta como una obra en forma de un texto.

Lineamientos metodológicos de la investigación

Este estudio se encuentra sustentado por una metodología de corte cualitativa combinada con algunos métodos y técnicas cuantitativas; las técnicas utilizadas fueron la encuesta (bajo el formato cuestionario) y la indagación documental (análisis de textos).

Los enfoques cualitativos han estado asociados al paradigma hermenéutico-interpretativo o paradigma interpretativo, denominado también como paradigma cualitativo, fenomenológico, naturalista, humanista o etnográfico, donde se adopta una actitud interpretativa centrada en el interés por saber, comprender y construir sentido acerca de la realidad investigada. En este paradigma el conocimiento resulta de una construcción subjetiva y continua de dicha realidad, que es tomada como un todo, resultando en un conocimiento que progresa mediante enunciaciones que prosperan a través de nuevas observaciones que contribuyen a mejorar las interpretaciones (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Lucio, 2014; Vargas Beal, 2010). Siguiendo a Vargas Beal (2010):

Definimos aquí “Metodología” no únicamente como el campo del conocimiento de la filosofía y la ciencia que estudia los caminos que se eligen para asumir las distintas investigaciones y así poder construir nuevos conocimientos, sino también, y de forma un tanto más práctica, como el conjunto de Métodos, Observables, Técnicas, Estrategias de aproximación a la realidad, Instrumentos concretos de indagación y registro de campo, etc., que constituyen el herramental del investigador. De la elección y aplicación adecuada de estas herramientas metodológicas, habrá de emerger un nuevo conocimiento. Entendemos pues por metodología, el campo donde juegan e interactúan las distintas elecciones de los caminos que permiten y facilitan mirar la realidad de forma sistemática (p.18).

Según este autor, los métodos hermenéutico-interpretativos son métodos mediante los que se pretende edificar verdades subjetivas o elaborar sentido a través de contemplaciones de la realidad y posteriores razonamientos y deducciones, intentando establecer conexiones entre las partes y con el todo de la realidad investigada, ya sea que se trate de individuos, conceptos, ámbitos u otros. Así, de modo organizado, se puede construir la estructura

compleja de la realidad analizada, tratando de encontrar características, patrones o conjuntos de características (categorías) y relaciones entre ellas. El método Hermenéutico es un método antiguo que remite a la mitología griega y al mensajero de los dioses, Hermes, en el que se recurre a método como mensaje de una realidad que se descubre mediante la interpretación de algún texto antiguo (ya que el uso del método surge en relación a la comprensión e interpretación de textos antiguos como la Biblia). Actualmente este método se utiliza para acercarse a diversidad de textos. En cambio los enfoques cuantitativos han estado vinculados tradicionalmente al paradigma positivista, donde prevalece la medición numérica y el análisis estadístico para probar hipótesis.

Al analizar diferentes estudios realizados en el ámbito de la investigación educativa, se observa que se ha recurrido generalmente a utilizar un abordaje metodológico siguiendo, o bien un paradigma cualitativo, o bien uno cuantitativo, los cuales presentan características y atributos diferentes.

El enfoque cualitativo se vale de la toma de datos sin medición numérica para revelar o ajustar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Hernández Sampieri et al. 2014). Según Sierra Bravo (1999), los métodos cualitativos “pretenden comprender, lo más profundamente posible, una entidad, fenómeno vital o situación determinada” (p. 24). Este encuadre, según Taylor y Bogdan (2000), presenta características como la búsqueda de la comprensión de los fenómenos sociales, considerando la perspectiva de los actores en situación, y los contextos de dichas personas y situaciones, la generación de datos descriptivos, el abordaje del objeto de estudio en forma global e integrada, el uso de diseños flexibles, el trabajo con muestras que no han sido predefinidas ni seleccionadas mediante procedimientos estadísticos –las cuales se seleccionan considerando la composición y el tamaño de acuerdo a los intereses del investigador, a su conocimiento de la población estudiada y a la evolución de la investigación-, el uso de métodos poco estandarizados, pero rigurosos, a efectos de lograr datos válidos y confiables. Es decir que los investigadores que se inclinan por utilizar métodos cualitativos, tienen como centro de sus intereses, estudiar en forma detallada, casos concretos; de este modo pueden avanzar en la construcción de un modelo de la situación que se estudia, y de sus contextos; así, se buscan y verifican generalizaciones, en la medida que estas tengan sentido. El trabajo que se realiza bajo la lógica cualitativa, está orientado por ciertos cuestionamientos iniciales, pero a medida que se progresa en la investigación pueden surgir otros que reorienten el estudio en cuestión. Es decir que el trabajo de campo puede aportar nuevos elementos a ser tenidos en cuenta en la investigación, permitiendo la posibilidad de nuevas líneas para el análisis e interpretación.

Para Sierra Bravo (1999), el proceso de investigación social presenta un carácter conceptual, no solo porque su origen es de naturaleza conceptual, sino además porque su fin es la conceptualización de la realidad y debe conducir a nuevas teorías. Para el autor, el lenguaje constituye un elemento fundamental de la vida social; “Este carácter conceptual implica también el carácter lingüístico del proceso de investigación social en cuanto que los conceptos precisan para su expresión, [...] de una forma lingüística” (p. 52).

En contraste con el abordaje anterior, siguiendo a Hernández Sampieri et al. (2014), las características del enfoque cuantitativo se basan en el planteo de un problema de estudio delimitado y concreto, versando sus preguntas de investigación sobre cuestiones específicas; utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías; busca ser objetivo, minimizando las preferencias personales; sigue un patrón predecible y estructurado; su meta principal es la construcción y contrastación de hipótesis (que explican y predicen); es un enfoque que utiliza la lógica o razonamiento deductivo, que se inicia con hipótesis de la cual se derivan otras expresiones lógicas o hipótesis que explican y predicen y que el investigador busca someter a prueba (contrastar).

Los dos enfoques caracterizados (cualitativo y cuantitativo), son muy valiosos y han aportado de manera notable al desarrollo del conocimiento; los mismos constituyen distintas aproximaciones al estudio de un fenómeno, y no pueden ser considerados uno mejor que el otro. Sin embargo, tradicionalmente se ha dado una discusión respecto al uso de uno y otro abordaje: quienes son partidarios de un abordaje cualitativo señalan como ventajas del mismo su validez y profundidad, mientras que los defensores del abordaje cuantitativo destacan su fiabilidad y objetividad. Algunos investigadores, entre los cuales se puede citar a Marradi, Archenti y Piovani, (2010), proponen utilizar ambos métodos en forma conjunta, aprovechando así las ventajas que ofrece cada uno, al mismo tiempo que se compensan los inevitables sesgos que cada uno de los enfoques implica. Otros autores señalan, además, la necesidad de dejar atrás las discusiones referidas a la dicotomía método cualitativo/ método cuantitativo, y optar por una de ellas o por ambas de acuerdo a las características de la investigación que se pretende llevar a cabo (Hernández Sampieri et al. 2014; Marradi, Archenti y Piovani, 2010). Considerando estas ideas, hacemos propia la expresión de López-Roldán y Fachelli (2015):

La instancia metodológica actúa en la constitución de métodos, de procedimientos que actúan de guías y pautas para construcción y análisis del objeto de estudio dándole coherencia y morfología,

justificando teóricamente y orientando consecuentemente la elección y el empleo de las técnicas que posibilitan adecuadamente elaborar el objeto de investigación, elegir los instrumentos de producción y análisis de la información, planificar fases y momentos operativos, así como organizar todo ello de forma coherente, factible y eficiente (p. 9).

Decisiones metodológicas

Habiendo considerado las características de ambos enfoques y en función del objeto de estudio y de los objetivos de la investigación se optó por un abordaje de tipo cualitativo y cuantitativo, entendiendo que esta estrategia permitiría potenciar el análisis de los datos que resulten de la investigación.

Un aspecto que fue considerado especialmente en virtud de las preguntas formuladas para el estudio planteado, fue la realidad a observar; Vargas Beal (2010) señala la importancia que tiene la elección de lo que se va a observar en una investigación y al respecto expresa que:

...los observables tienen que elegirse poniendo al centro de la ventana de observación el o los objetos de estudio (empírico y/o conceptual), enmarcando esta ventana con la o las preguntas de investigación. En otras palabras, el objeto permite reconocer qué cosas concretas de la realidad serán observadas y la pregunta le pone límites a la observación. En ambos casos, los observables tienen que estar perfectamente en línea con el resto de la investigación (p.42).

No menos importantes son las fuentes, dado que representan los elementos que aportarán la información que se requiere; en este sentido, las mismas se seleccionaron considerando que aporten información significativa para realizar el análisis y posteriormente la síntesis y conclusiones del estudio realizado; en este sentido, se consideraron como fuentes el lugar, determinados documentos, personas y comunidad de donde provendrían los datos.

Preguntas que guiaron la investigación y objetivos

Uno de los atributos planteados desde el punto de vista metodológico fue la formulación de preguntas que resultaran realmente orientadoras de la investigación; para lograrlo, se requirió de un tiempo para la lectura minuciosa, y posteriormente, de un análisis referido al sentido de esos cuestionamientos y la reflexión respecto a lo que se busca al enunciarlos. Pensando en preguntas investigables que aportaran información valiosa acerca de los saberes sobre Genética en los futuros Profesores de Biología, surgieron una combinación de planteos, algunos abiertos, otros cerrados, algunos que al responderlos abrieron nuevos cuestionamientos, poniendo en juego una serie de actividades intelectuales de orden superior que nos sitúan claramente ante un problema complejo en el plano didáctico, vinculado a la enseñanza de la disciplina; este es un valor que aporta la elaboración de preguntas como

estrategia de investigación, es decir, la inducción a responder otras preguntas que pueden surgir durante el proceso. Como producto de la reflexión y selección de los distintos interrogantes que afloraron en el transcurso de este período, se constituyeron tres grandes cuestionamientos considerados como factibles, investigables y relevantes; se buscó que estos estuvieran interconectados, ordenados lógicamente y focalizados, de modo que enmarcaran el estudio (Codina, 2018; Maxwell 2013). Dichos cuestionamientos fueron formulados como preguntas de investigación con el espíritu de orientar o guiar la misma, de abrir posibilidades de análisis y de promover discusiones concretas que aporten elementos teórico prácticos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y en donde se logre evidenciar las relaciones que se establecen entre los actores involucrados en dicho proceso (Figura 14).

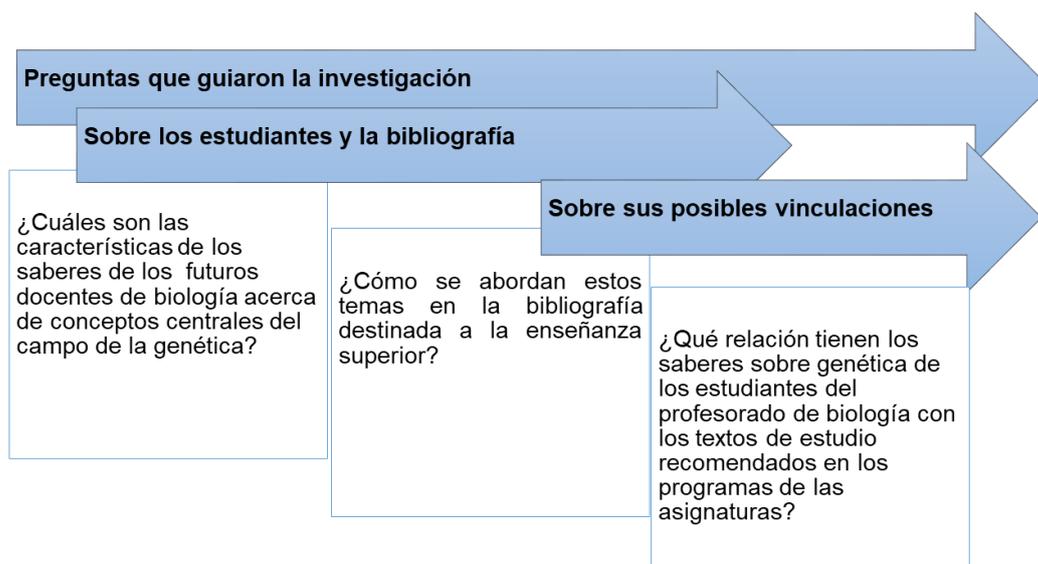


Figura 14. Preguntas investigables sobre saberes de Genética en los futuros Profesores de Biología y su abordaje en libros de texto.

Estas preguntas de investigación resultan una declaración explícita de lo que se intentó averiguar y situando y definiendo dos objetivos generales que fueron formulados con la finalidad puesta en que encuadren el trabajo dentro de proyecciones amplias y a largo plazo (Figura 15).

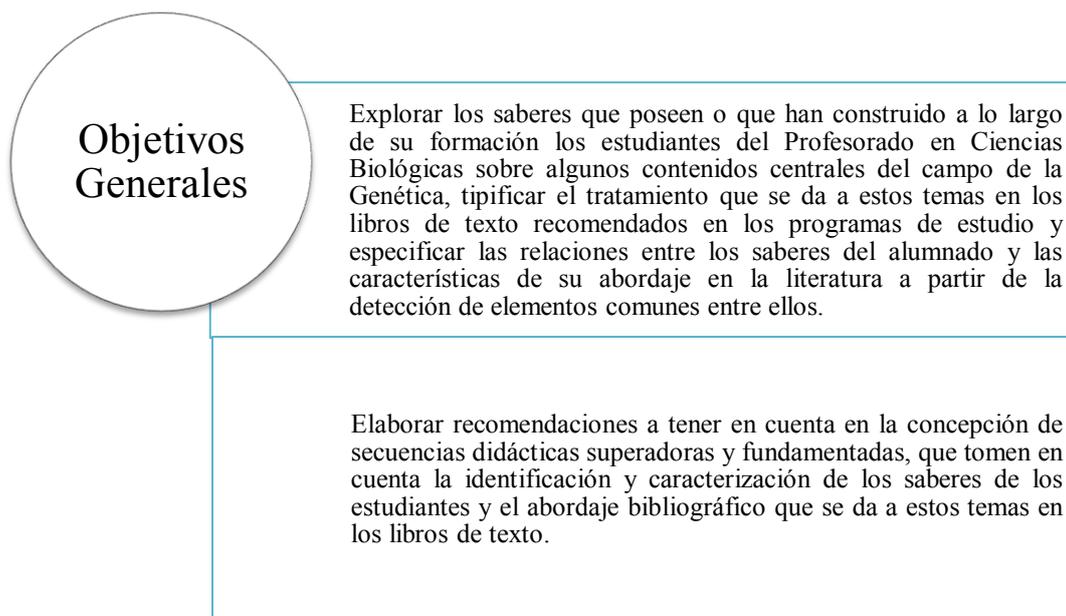


Figura 15. Objetivos Generales de la investigación.

A partir de estos objetivos generales se desprendieron los objetivos específicos (Figura 16).

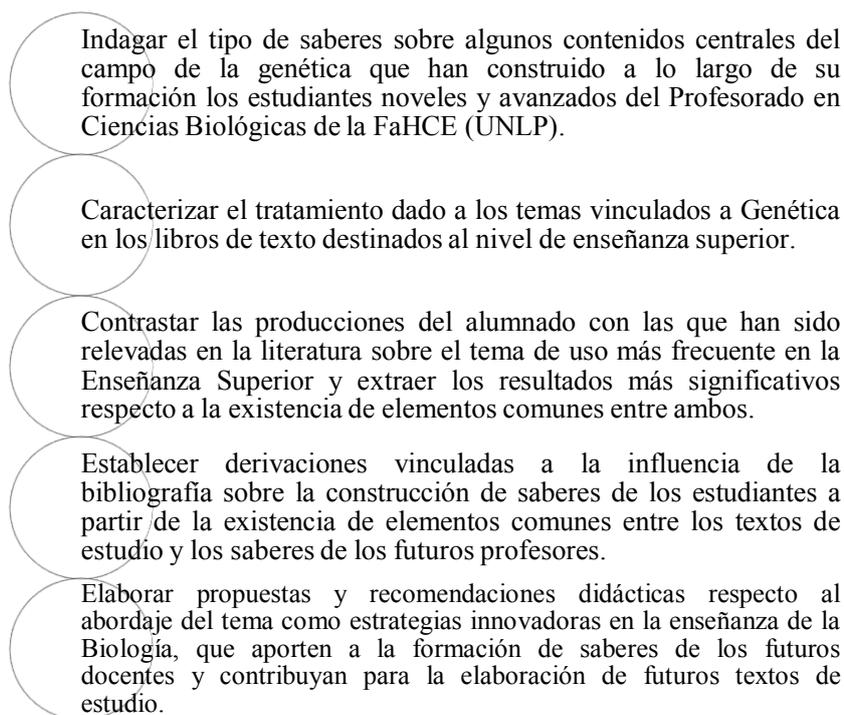


Figura 16. Objetivos Específicos de la investigación.

Como se expresó, en función del objeto de estudio y de los objetivos planteados, se adoptó un esquema de investigación en el que se optó por un abordaje cualitativo y cuantitativo entendiendo que esta estrategia permitiría potenciar el análisis de los datos que resultaran del proceso (en línea con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Lucio, 2014 y Marradi et al. 2010); esta decisión posibilitó seleccionar ideas o categorías de análisis que resultaron relevantes y resultó útil para obtener información para nuevos estudios y establecer prioridades para investigaciones futuras. Sobre esta base, un proceso cualitativo-cuantitativo pareció ajustarse mejor a las preguntas que resultaron significativas para esta investigación, las cuales constituyeron el punto de partida para el estudio realizado, recabando datos que luego se analizaron en la búsqueda de resultados significativos para el presente trabajo de tesis.

Siguiendo las conclusiones de Rodríguez y Melody Rodríguez (2016) se recurrió al modelo interactivo de Maxwell (2013) formulado inicialmente para estudios cualitativos, pero con aplicaciones de naturaleza cuantitativa; estas autoras lo validaron utilizando un método mixto con elementos cualitativos y cuantitativos, cuya combinación permitió entender mejor el problema de investigación. En este sentido se siguió un diseño de investigación flexible (Figura 17), integrado por distintos componentes interrelacionados, como son las preguntas de investigación como centro o guía del estudio del problema, el marco teórico, los objetivos que se desprendieron del problema y preguntas, los métodos utilizados para toma y construcción los datos, mostrarlos e interpretarlos y la validación de la información obtenida. Resultó en un proceso reflexivo donde las preguntas de investigación se articularon con los propósitos, objetivos y marco conceptual, los cuales proporcionaron notas y puntos de interés para la recolección de datos y el análisis posterior (Maxwell, 2012, 2013; Rodríguez y Melody Rodríguez, 2016).

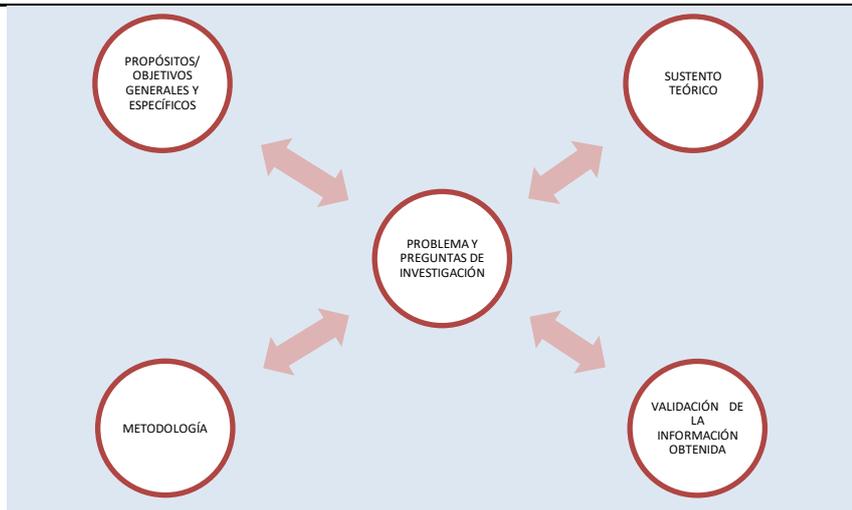


Figura 17. Diseño de la investigación.

Sobre la base de la opción metodológica realizada se seleccionaron dos técnicas para la recolección de la información en el campo, el cuestionario, más vinculado a un enfoque cuantitativo y la indagación documental, de índole cualitativa; atendiendo a Vargas Beal (2010),

Es recomendable elegir al menos dos técnicas a fin de poder triangular la información recabada. Por triangulación estamos entendiendo aquí que la información obtenida por una fuente pueda ser cruzada con otra información proveniente de una fuente distinta para aumentar así la certidumbre interpretativa de los datos recabados (p.43).

Desde el enfoque cualitativo interesan los conceptos, percepciones, imágenes mentales, etc., expresadas en el lenguaje de los participantes (Hernández Sampieri et al., 2014). Según las finalidades de esta investigación los datos recabados permiten responder a las preguntas de la misma y generar conocimiento al respecto. Para generar estas respuestas se recurrió a dos instrumentos que se diseñaron en función del trabajo que aquí se describe y para recabar los datos de interés propios de la investigación. Así, para el logro del objetivo “explorar los saberes que poseen o que han construido a lo largo de su formación los estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas sobre algunos contenidos centrales del campo de la Genética”, se recurrió a la encuesta en forma de cuestionario; para “tipificar el tratamiento que se da a estos temas en los libros de texto recomendados en los programas de estudio” se utilizó un protocolo de análisis de textos. Por otra parte, se construyeron criterios de análisis específicos para el estudio de los mismos y se compararon las producciones del alumnado con las recabadas en la literatura sobre el tema, utilizada habitualmente en la enseñanza

superior, con la intención de especificar las relaciones entre los saberes del alumnado y las características de su abordaje en la literatura a partir de la detección de elementos comunes entre ambos. Ello permitió extraer conclusiones significativas respecto a la existencia de elementos comunes, presencia de similitudes o patrones comunes entre ambos y determinar atributos de los libros de texto que pudieran estar presentes en los saberes detectados en los estudiantes del profesorado. Sobre esta base se elaboraron recomendaciones a tener en cuenta para concebir secuencias superadoras, ya que la identificación y caracterización de los saberes de los estudiantes y del abordaje en la bibliografía proporcionó insumos para pensar y construir propuestas fundamentadas.

Etapas de la Investigación

Como se expuso, en esta investigación, se empleó el cuestionario y el análisis o indagación documental (análisis de textos) para recabar los datos y se llevó a cabo en cuatro etapas. La primera etapa consistió en el diseño de los instrumentos necesarios para la obtención de los datos:

- Cuestionario
- Protocolo para el análisis documental

Las fuentes utilizadas como base para la elaboración de estos instrumentos fueron por una parte, cuestionarios y protocolos de análisis de textos reportados en la literatura (Abela, 2003; Bardin, 2002; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Krippendorff, 1990; Perales Palacios y Jiménez Valladares, 2002; Cortés Gracia, 2004; Cortés Gracia, 2006; Díaz y Pandiella, 2007; Fernández Ferrer *et al.*, 2008; Marradi *et al.* 2010); por otra, la asesoría de expertos e investigadores en enseñanza de las ciencias, así como la propia experiencia en el aula y el intercambio con colegas.

La segunda etapa del trabajo estuvo orientada a relevar datos. Este relevamiento se llevó a cabo a partir de la administración de los instrumentos, de modo de documentar las expresiones de los alumnos (noveles y avanzados) a través del cuestionario y los registros presentes en los textos bajo análisis (muestra de libros de Biología y Genética representativos utilizados en el ámbito universitario). En la tercera etapa se procedió a la organización de los datos obtenidos y, sobre la base de su análisis, se establecieron categorías respecto a la información relevada. Posteriormente se procedió a un cotejo ya que se contrastaron los resultados en la búsqueda de patrones comunes. La última fase del trabajo (cuarta etapa) se destinó al diseño de recomendaciones para la enseñanza que atendieron a las características identificadas.

Contexto de la Investigación, población estudiada y criterios de selección

Como se describió en la segunda sección del Marco Teórico (Formación y saberes de los futuros docentes), la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), cuenta con una diversidad de carreras que convoca a estudiantes procedentes de todo el país y también extranjeros. El profesorado en Ciencias Biológicas es una carrera que depende del Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de esta Facultad. Se caracteriza por contar con una matrícula poco numerosa, al igual que las otras carreras que dependen del mencionado Departamento (profesorados de Matemática, de Física y de Química), y en relación a otras que resultan más masivas. El Plan de Estudios de la citada carrera es de 5 años y está estructurado en materias anuales y cuatrimestrales, muchas de las cuales (disciplinares) se cursan en otras Facultades dependientes de la UNLP (Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Facultad de Ciencias Médicas, Facultad de Ciencias Veterinarias); esto se debe a que la FaHCE tiene a su cargo el dictado de las asignaturas del tronco pedagógico y solo algunas disciplinares de la carrera. El número de alumnos ingresantes cada año no supera los 40 y, como ocurre en otras carreras universitarias, durante el transcurso del primer año o en el lapso entre primero y tercer año, una fracción deja este ámbito académico. La consecuencia de esto se observa en 4º y 5º año, representados por un menor número de alumnos en relación a los ingresantes de cada cohorte. En coincidencia, la bibliografía existente al respecto señala que las cifras sobre retención en el sistema indican que un significativo número de estudiantes abandona su carrera en los dos primeros años, disminuyendo la proporción de estudiantes que desertan a partir de tercero (Canales y de los Ríos, 2009; Himmel, 2002).

Población estudiada

La investigación se centra en la población compuesta por los estudiantes que cursan la carrera del Profesorado en Ciencias Biológicas en la FaHCE en el período marzo 2017 - abril 2018. Como ya se indicó, Samaja (2004) señala que las estrategias exploratorias se orientan al descubrimiento o elaboración de nuevos observables y no a la generalización de resultados (esta no está en juego, al menos en primera instancia); por esta razón, la cuestión de la cantidad de sujetos queda abierta. No hay criterios formales para tomar una decisión sino criterios sustantivos; el provecho no resulta de las cantidades sino de las características de los sujetos escogidos, en tanto resulten pertinentes al tipo de preguntas que se plantearon en la

investigación. Por lo tanto, se podrán estudiar grandes cantidades de sujetos, unos pocos o sólo uno.

Dadas las características de la presente investigación, sus objetivos, el esquema de la misma y de la contribución que se piensa hacer con ella, desde el enfoque cuali-cuantativo por el que se ha optado, se utilizó un muestreo no probabilístico (Hernández Sampieri et al., 2014); este permitió la elección de sujetos con características específicas y de gran valor para la recolección y el análisis de datos. Teniendo en cuenta estas ideas se decidió tomar como unidad objeto de estudio para obtener las muestras a la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) y se optó por realizar la indagación sobre una parte de la población citada, es decir que el estudio se realizó en una muestra de la población, constituida, como se mencionó, por estudiantes de la carrera Profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE, (UNLP).

Se consideró como novatos a los alumnos que hubieran realizado el siguiente trayecto respecto al tema objeto de estudio: además de haber recibido formación durante su tránsito por el nivel medio de la educación, en el tramo de la carrera que están realizando, hubieran cursado asignaturas en las que “Genética” es una unidad o tema del programa (como es el caso de la asignatura “Biología General” correspondiente al 1º año del plan de estudios). Los estudiantes que se consideraron como avanzados fueron aquellos que además del trayecto mencionado para los alumnos novatos, hubieran cursado la asignatura “Genética”, correspondiente al 4º año de la carrera. Esta resolución se tomó luego de examinar los distintos programas vigentes de las asignaturas que figuran en el plan de estudios, lo que permitió comprobar que Biología General y Genética son las únicas materias que abordan el contenido genético en su programa.

Criterios de selección

Los factores que influyeron para la selección de la institución, de los sujetos encuestados (alumnos que cursan diferentes años del profesorado en Ciencias Biológicas) y del material bibliográfico a analizar, fueron diversos; en este sentido, en los apartados siguientes se detallarán los criterios considerados para realizar la selección de la institución, del nivel de enseñanza, de la carrera, de la muestra de participantes y del material bibliográfico.

Criterios de selección de la Institución

En la provincia de Buenos Aires, muchos profesores de Biología son egresados de Institutos Superiores de Formación Docente dependientes de la Dirección General de Escuelas de la

provincia de Buenos Aires. Esta carrera también forma parte de la oferta académica de distintas Universidades Nacionales que se ocupan de la formación de profesores en Ciencias Biológicas, como las de Córdoba, Salta, San Luis, Catamarca, entre otras a nivel país; y en la Provincia de Buenos Aires algunos ejemplos son las de Mar del Plata, Buenos Aires, Centro de la provincia de Buenos Aires y La Plata. Según Rassetto (2012), muchas Universidades Nacionales ofrecen profesorado enmarcado en el desarrollo disciplinar de las carreras de licenciatura, tanto de las Ciencias Sociales, como de las ciencias Exactas o Naturales, al que se suma el conocimiento del campo pedagógico. En realidad, el campo pedagógico y el disciplinar deberían presentarse en forma articulada, de modo que se atravesasen mutuamente, ideas emanadas en forma de lineamientos y recomendaciones desde el Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN), creado en 2003 por el Consejo Interuniversitario Nacional; de este consejo surge, en 2011, un documento denominado Estándares para la acreditación de las carreras de Profesorado Universitario en Biología, los cuales deberán ser tenidos en cuenta al formular nuevos planes de estudio y ante las instancias de acreditación a las que periódicamente deben someterse las carreras ante la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) según la Ley de Educación Superior N° 24521 sancionada y promulgada en 1995 (Decreto 268/95).

Un análisis de las ofertas de las diferentes universidades en base a los planes de estudio para el Profesorado en Ciencias Biológicas o Profesorado de Biología, permitió establecer que la duración de la carrera es de 4 o 5 años según la institución. En algunas de ellas las asignaturas disciplinares de cada año van acompañadas del cursado de una o en algunos casos dos materias correspondientes a la formación didáctico pedagógica; en otras, en cambio, luego de un período organizado de cuatro años, donde se abordan las asignaturas propias de la licenciatura, se cursa un año más donde se desarrollan las pertinentes al tronco pedagógico. En cualquiera de sus variantes, si bien existen similitudes en los diferentes planes de estudio, no se encontraron dos iguales, por lo que cada uno se constituye en un caso particular y propio de la institución en la que se radica y de su contexto. Por lo expuesto, este estudio se restringe al programa académico o plan de estudios para la formación inicial de profesores de Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE, UNLP).

Por otra parte, considerando la viabilidad de este trabajo, las posibilidades ciertas o reales de llevarlo a cabo también influyeron en las decisiones que se tomaron para configurar el objeto de estudio, dada la accesibilidad a la institución y a los estudiantes participantes de la investigación; ello se debe a que la autora y las directoras de este Trabajo de Tesis forman

parte de la planta docente de grado y posgrado en la institución (FaHCE, UNLP), donde realizan actividades de docencia e investigación.

Criterios de selección del Nivel de Enseñanza y de la Carrera

A través de un análisis preliminar de la literatura consultada se observa que gran parte de los estudios realizados en este campo están centrados en estudiantes y docentes del nivel de enseñanza secundaria. El área relativa a alumnos de niveles superiores de la enseñanza en general, y de los profesorados en Ciencias Biológicas en particular, ha sido menos explorado; entre ellos, son menos los que se centran en los saberes y conocimientos particulares que requiere un profesor para enseñar Biología y, dentro de este espacio, Genética. Dichas investigaciones proveen fundamentos para tomar en consideración la formación inicial de profesores, dado que implica colocar la atención en determinados contenidos formativos asociados, ya que los mismos inciden en la construcción de dicho conocimiento. Esta evidencia fue otro factor que influyó en las decisiones tomadas respecto al nivel de enseñanza y la carrera sobre los cuales ajustar el análisis. En este sentido, además, resulta pertinente la afirmación de Valbuena Ussa et al. (2009):

Aunque los docentes en formación no tengan experiencia como profesores, es innegable que la mayor parte de su vida han permanecido en las aulas. Ello supone que a partir de dicha experiencia construyen referentes epistemológicos acerca de la enseñanza, el aprendizaje, las metodologías y actividades de enseñanza, la evaluación de los aprendizajes, etc. (p.158)

Siguiendo este razonamiento, resulta innegable que los alumnos del profesorado, cualquiera sea el año de cursado que transiten, tienen algo para decir respecto a determinados contenidos y los modos de enseñarlos y aprenderlos. Por esta razón se tomó la decisión metodológica de incluir en la investigación a alumnos de diferentes años de la carrera que cumplieran con el requisito de aprobación de las asignaturas Biología General y Genética; en función de ello se los agrupó como alumnos noveles (Alumnos que cursaron y aprobaron la asignatura Biología General; en total 39 estudiantes) y alumnos avanzados (estudiantes que cursaron y aprobaron las asignaturas Biología General y Genética; en total 14 estudiantes).

Criterios de selección de la muestra de participantes

La selección del contexto permitió definir la muestra, ya que allí se esperaba encontrar los casos de interés para este trabajo; así, la muestra estuvo constituida por alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la

Educación (en adelante FaHCE), Universidad Nacional de La Plata (en adelante UNLP), provincia de Buenos Aires, Argentina. La totalidad de estudiantes que constituyeron la muestra y a los que se administró el instrumento para la recolección de datos (cuestionario) fue de 53 (n= 53), los que fueron agrupados en dos niveles o estratos:

- Alumnos noveles o novatos: Alumnos que cursaron y aprobaron Biología General pero que no han cursado Genética (n =39).
- Alumnos avanzados: Alumnos que cursaron y aprobaron Biología General y Genética (n =14).

Esta agrupación se fundamenta en los intereses de este estudio, poniendo la atención en obtener resultados relevantes provenientes de los datos aportados por alumnos que cursan los primeros años de la carrera (*alumnos noveles o novatos*) o los últimos (*alumnos avanzados*), y con la intención de observar patrones, elementos comunes o diferenciales en los saberes propios de los futuros docentes. Sobre esta base se los definió como noveles y avanzados de acuerdo a la formación académica o trayecto previo de los alumnos considerados.

Trayecto de los alumnos noveles respecto al tema objeto de estudio: Estudiantes que, además de haber recibido instrucción respecto a estos temas durante su tránsito por el nivel medio de la educación, en el tramo de la carrera que están realizando, cursaron asignaturas en las que *Genética* es una unidad o tema del programa. El análisis de los programas de las diferentes materias que corresponden al plan de estudios reveló que esta situación se da solo en el caso de la asignatura Biología General.

Trayecto de los Alumnos avanzados respecto al tema objeto de estudio: A la trayectoria previa antes citada para los alumnos novatos, se suma que estos estudiantes cursaron *Genética* como asignatura específica de la carrera. El análisis del plan de estudios mostró que la misma corresponde al 4° año de la carrera.

Criterios de selección del material bibliográfico

Por otra parte, la revisión bibliográfica realizada, sumada a la consulta de planes y programas de estudio, la experiencia personal y el contacto con alumnos y colegas, perfiló una línea a considerar en esta investigación referida a los principales materiales instruccionales utilizados para la enseñanza de contenidos genéticos (los libros de texto destinados a la enseñanza superior); en este sentido los intereses se centraron en caracterizar los saberes depositados en

los mismos, analizar los modelos de abordaje de los contenidos genéticos que presentan y los contextos en que estos conceptos se utilizan.

El análisis de los programas de las diferentes materias que corresponden al plan de estudios del Profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE (UNLP) demostró que los contenidos de Genética son tópicos que se abordan en una o varias unidades o temas de los programas de las asignaturas Biología General (que corresponde al 1º Año de la carrera) y Genética (correspondiente al 4º Año). Partiendo de este análisis, para efectuar la selección del material bibliográfico, se optó por tomar una muestra de los textos que son recomendados en los respectivos programas de estas asignaturas y las ediciones que son más utilizadas por los alumnos consultados.

Características de los instrumentos, su administración y análisis

Cuestionario

Para explorar los saberes de los alumnos se utilizó un cuestionario semiestructurado a través del que se indagaron contenidos considerados centrales o estructurantes en el campo de la Genética; el mismo se elaboró como instrumento específico para ser utilizado en el presente estudio (López Roldán y Fachelli, 2015). Con esta finalidad se consideraron las peculiaridades de los cuestionarios basados en preguntas abiertas y cerradas. Desde el punto de vista de Sierra Bravo (1999) “las preguntas cerradas son apropiadas cuando se trata de preguntas muy precisas sobre cuestiones de hecho, o cuando solo interese a los fines de la investigación conocer el sí o el no, sin más especificación” (p.308); en cambio, las preguntas abiertas le dan al encuestado libertad en la respuesta y resultan de interés para conocer su marco referencial. Por otra parte, este autor señala que su empleo resulta oportuno en los estudios exploratorios o cuando no se puede presumir la opinión de la población a encuestar. Los cuestionarios integrados por preguntas abiertas son señalados también por otros autores (Astolfi, 1988; Giordan y De Vecchi, 1988) como adecuados para estudios de esta naturaleza. Al respecto, Hernández Sampieri et al. (2014), destaca las ventajas que ofrece la elección de un cuestionario abierto sobre otros instrumentos argumentando que ofrecen información más amplia o más precisa y permiten profundizar sobre algunos aspectos de interés para la investigación. Sobre esta base, se tomó la decisión metodológica de elaborar un cuestionario que incluyera preguntas abiertas, con una función sustantiva respecto a las cuestiones investigadas. Siguiendo a Bisquerra (2009), Gozávez, González y Caldeiro (2014) y a Hernández Sampieri et al. (2014), se usó un diseño no experimental, dado que no hubo

manipulación los fenómenos objeto de estudio, sino que se recolectaron los datos en su ambiente natural. Este diseño fue de tipo transaccional descriptivo, dado que el estudio se focaliza en considerar el estado de las variables en un determinado momento con la finalidad de detallar los fenómenos y analizar su ocurrencia en ese momento. En este sentido se realizó la selección de una muestra no probabilística de estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE (UNLP), dado que los individuos que componen la muestra no dependieron de la probabilidad, sino que se ciñeron a los criterios correspondientes a las particularidades del estudio (Bisquerra, 2009; González et al., 2014; Hernández Sampieri et al., 2014).

La muestra total de estudiantes a los que se administró el cuestionario fue de 53, pertenecientes a diferentes años de la carrera (24 al 1° año, 10 al 2°, 5 al 3°, 5 al 4° y 9 al 5°).

Definición de categorías y criterios de análisis

Para administrar el cuestionario se optó por la autoadministración individual del mismo (Hernández Sampieri, et al. 2014; Marradi et al. 2010), el cual fue respondido en el aula-laboratorio de la FaHCE (UNLP) en presencia de la investigadora responsable de este estudio, siendo los alumnos participantes informados de los fines y alcances de la investigación. El objetivo del cuestionario diseñado fue obtener información relativa al uso por parte de los estudiantes, de expresiones, imágenes y terminología específica para definir y aplicar contenidos centrales vinculados al campo de la genética, la resolución de problemas, las explicaciones y argumentaciones de los mismos, así como de sus decisiones ante situaciones de aula hipotéticas. Las producciones de los estudiantes se codificaron y categorizaron, buscando patrones generales de respuesta a partir de los que se establecieron categorías, es decir que los estudiantes encuestados no adhirieron voluntariamente a cierta categoría, sino que fue la investigadora quien clasificó las respuestas dentro de la categoría correspondiente. Estas categorías fueron de tipo inductivas ya que emergieron de los datos, a diferencia de las categorías deductivas que surgen del marco o sustento teórico.

Los aspectos a considerar respecto a los saberes genéticos seleccionados como objeto de indagación a través del cuestionario fueron obtenidos a partir de consultas personalizadas a especialistas del área cuyas opiniones fueron determinantes para definir las nociones y aspectos explorados en los cuestionarios; estos fueron:

- Los gametos: exploración de la noción o concepto, sus funciones y formación, así como los esquemas generados por los estudiantes.

-
- La división celular mediante el proceso de meiosis: su presentación como problema a resolver con el objeto de recabar información respecto al número de cromosomas presentes en los gametos o células hijas y sus características de acuerdo a la situación formulada.
 - Uso de esquemas sobre meiosis y fecundación para indagar, ante una situación de enseñanza, opciones de presentación del tema y argumentos esgrimidos por los futuros docentes.
 - Elaboración de representaciones externas sobre alelos dominantes y recesivos según la simbología de uso habitual con letras mayúsculas y minúsculas (*eg. B* para un alelo dominante y *b* para un alelo recesivo), y de genotipos (*eg. Genotipo heterocigota*) en cromosomas (*eg. Bb*).
 - Resolución de problemas, inclinación respecto a una u otra modalidad y expresión de dificultades durante el proceso de resolución, así como de las causas a las que se atribuyen las mismas.
 - Problemas genéticos de modalidad cerrada o causa-efecto y abierta o efecto-cause: opciones y razones de índole didáctica para trabajar con uno u otro tipo de cruzamiento.

Corresponde precisar que al sondear sobre la función de los gametos no se alude a intencionalidades, objetivos, intereses o propósitos, sino que, como se expuso en el Marco Teórico (Capítulo 1), en esta investigación se considera que la función es el efecto por el cual el rasgo fue seleccionado o el efecto que actualmente contribuye a la preservación y reproducción del organismo individual; es decir que la palabra función se utilizará en relación a su importancia, como actividad propia de un organismo, un órgano o una célula. En este sentido cuando se indaga respecto a la función de los gametos se hace referencia los procesos esenciales que la definen o caracterizan; se empleará con el objeto de referir al papel biológico de un rasgo o proceso a su rol o papel causal (Mayr, 2004 b), o como sugiere Caponi (2010), como explicaciones de diseño.

Cabe aclarar que, en el marco de esta Tesis, se recurrió a presentar ítems en el cuestionario que recogieran información respecto a los saberes, las formas de pensar o modelos que guían las explicaciones sobre determinados contenidos en los futuros docentes. No se buscaron respuestas de tipo memorístico, sino enunciados o proposiciones, frases de los estudiantes que dieran cuenta de las representaciones de significado abstraídas sobre ese tema en particular, dado que, como cuestiona Marcelo (2007) “¿qué utilidad tiene para la formación

inicial del profesorado un conocimiento expresado de forma proposicional, sin vínculos con la situación o contexto donde pueda contrastarse o aplicarse?” (p.76). Por ejemplo, la noción de gameto es un concepto que requiere para su estudio y aprendizaje, el establecimiento de un sinnúmero de relaciones, debido a la polisemia del término, por lo que el ejercicio de solicitar a los estudiantes que expresen sus pensamientos al respecto resultó relevante, ya que este requerimiento conduce a reorganizar las ideas para poder darlas a conocer en forma de palabras escritas o mediante esquemas. El interés se centró en atender al tipo de discurso elaborado, la construcción conceptual lograda, su contenido y coherencia, particularmente porque se entiende que el conocimiento no es una copia exacta de la realidad, sino que se trata de una construcción individual que se produce como consecuencia de la interacción entre aspectos cognitivos, sociales y afectivos (Bernheim, 2011). También importaron las imágenes, dado que son representaciones específicas que retienen aspectos perceptivos de estos contenidos.

Es decir que en el cuestionario se incluyeron cuestiones que atienden a contenidos conceptuales (saber), procedimientos (saber hacer) y actitudes (ser) (Tobón, 2005), vinculados a la capacidad de elaboración, presentación y expresión de las ideas. Algunas preguntas son relativas a conceptos, y recogen información acerca de la clase de argumentos utilizada por el alumnado, así como de su discurso; otras incluyen situaciones de enseñanza y cuestiones que suponen una elaboración o razonamiento aplicando contenidos conceptuales, emisión de juicios de valor, resolución de problemas, planificación de actividades relacionadas con los contenidos biológicos en cuestión, etc. Por lo tanto, son apartados que permiten detectar el grado de comprensión alcanzado sobre ese contenido conceptual en particular, ya que requieren de la relación e integración de conceptos. En todos los puntos del cuestionario, siguiendo a Ibañez Orcajo (2002), se incluyeron ítems que requieren una elaboración personal y capacidad crítica; lo que se persigue con esto es observar el formato de las respuestas dadas, en un esfuerzo por captar segmentos de la realidad que puedan ser analizados y valorar además la capacidad de aplicar el conocimiento logrado.

Administración del cuestionario

Como se mencionó, la población de estudio incluyó a estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas correspondientes a la Universidad Nacional de la Plata (UNLP), provincia de Buenos Aires. El cuestionario se suministró a una muestra de estudiantes de dicho profesorado, los cuales se agruparon en dos niveles: a) alumnos noveles; b) alumnos avanzados.

Procedimiento de análisis del cuestionario

A partir de la administración del cuestionario (Anexo I) se obtuvieron registros de las producciones del alumnado; una vez recopiladas las producciones, se procedió a su estandarización, con el objeto de realizar luego, su análisis e interpretación. A los efectos de la codificación y categorización de los datos aportados por el cuestionario, las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas y analizadas por grupos (noveles y avanzados), buscando patrones generales de respuestas; encontrados estos, se elaboró una lista con dichos patrones y se identificó cada patrón como una categoría de respuesta. Las categorías con sus correspondientes datos numéricos se consignaron en tablas en las que se registró la cantidad de respuestas para cada nivel o categoría, las que se expresaron como frecuencias porcentuales; los datos de las tablas se volcaron en planillas Excel y se procedió a la elaboración de gráficos de barras que expresaran los porcentajes obtenidos. El objeto fue deducir resultados de interés observando los datos aportados por los alumnos que cursan los primeros años de la carrera (noveles o novatos) y los últimos (avanzados). Este tratamiento de los datos facilitó el análisis y las comparaciones posibilitando extraer conclusiones respecto al grupo bajo estudio; se logró a partir del mismo, caracterizar los saberes propios de los estudiantes en forma de modelos o saberes expresados sobre contenidos genéticos específicos. Es decir que, como resultado del proceso de categorización, los patrones generales encontrados se analizaron a los fines de obtener información de interés para este estudio. Sobre la base de las expresiones y esquemas relativos a las cuestiones planteadas en el instrumento y el año de la carrera que transitan, se realizó una interpretación acerca los saberes de los alumnos en relación a los conceptos centrales del campo de la Genética seleccionados para el estudio; el sistema de categorías definido y los datos registrados permitieron su tratamiento posterior desde un punto de vista comparativo.

Análisis o indagación documental. Libros de texto

Dado que los conceptos referidos a los principios básicos de genética resultan de difícil comprensión, la revisión bibliográfica realizada (Capítulo 1, Marco Teórico), pone en evidencia que es necesario definir líneas de investigación variadas que permitan obtener información de referencia, de modo de vincularla a los aprendizajes logrados y a la construcción de saberes en la formación del futuro profesor de biología. Los trabajos revisados señalan que una de las líneas a explorar en este sentido, es el tratamiento que se da

a estos temas en los libros de texto. Esto se constituyó, por tanto, en otra finalidad del presente Trabajo de Tesis de Doctorado, dada su relación con los objetivos planteados.

Criterios de selección de la muestra de textos

Los criterios de selección de la muestra de textos a analizar fueron:

- Tomar en consideración que algunas características de los saberes del alumnado sobre el tema respecto a los conceptos genéticos, suelen tener su origen en el abordaje utilizado en los libros de texto, los cuales resultan ser los materiales educativos más utilizados.
- Partir de la revisión de planes de estudio y bibliografía recomendada en los programas de las asignaturas del Profesorado en Ciencias Biológicas, con el objeto definir los textos que constituirían la muestra.
- Verificar las asignaturas en las que figuran los contenidos objeto de indagación a partir del análisis de los programas correspondientes al Plan de Estudios de la carrera profesorado en Ciencias Biológicas, dependiente de la FaHCE, UNLP.
- Escoger la literatura especializada partiendo de aquella recomendada en los programas de estudio en la cual se abordan los principios básicos de Genética, y sobre esta, de las ediciones más utilizadas por el alumnado.
- Realizar un análisis de libros de texto considerando los recomendados en los programas de las asignaturas del plan de estudios de la carrera. Dado que en las bibliotecas abundan tanto ediciones actuales como antiguas, y que en internet circulan distintas ediciones en PDF, se consultó a los alumnos respecto a los autores y ediciones que utilizan; de dicha consulta resultó la muestra de los tres textos básicos y los dos textos complejos que conformaron la muestra.
- Contemplar en la bibliografía seleccionada para el análisis, particularmente los capítulos que refieren directamente a los principios de Genética considerados para este estudio.
- Apreciar los aportes de especialistas del área respecto a los conceptos genéticos a indagar, obtenidos a partir de consultas personalizadas; como ocurrió con los cuestionarios, los mismos tuvieron su peso para definir las nociones exploradas en los textos seleccionados.

La muestra de textos

A partir de los criterios anteriores, la muestra de textos quedó conformada por las siguientes obras:

Composición de la muestra literatura especializada de Biología General

<p>Campbell, N.; Reece, J. (2007). <i>Biología</i>. 7ª edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1231 pp.</p> <p>Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. (2008). <i>Biología</i>. 7ª edición Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1.009 pp.</p> <p>Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009). <i>Vida. La ciencia de la Biología</i>. 8ª edición Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1251 pp.</p>

Composición de la muestra Literatura especializada de Genética

<p>Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. (2002). <i>Genética</i>. 7ª edición. Ed. Interamericana-McGraw Hill. Madrid. España. 846 pp.</p> <p>Klug, Cummings y Spencer, C. A. (2006). <i>Conceptos de Genética</i>. 8ª edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 920 pp.</p>

En forma similar a como se procedió con los estudiantes, la muestra de textos fue agrupada en dos estratos o niveles:

- a) Literatura especializada de Biología General: Corresponde a los textos básicos o elementales aconsejados para iniciarse en el estudio de los contenidos objeto de análisis.
- b) Literatura especializada de Genética: Es la que concierne a los libros sugeridos para el abordaje de la temática desde un punto de vista más complejo o avanzado.

Procedimiento de análisis de los textos

Para el análisis de la bibliografía se realizó un abordaje desde el contenido conceptual (el concepto) y desde las ilustraciones (la imagen), en libros de texto destinados a la enseñanza superior. Como se explicitó, el estudio se llevó a cabo sobre una muestra de libros representativos de Biología General y de Genética utilizados en el ámbito universitario, que

surgió del examen de la bibliografía recomendada en los programas de las asignaturas que abordan estos temas y de consultas a los estudiantes. Para explorar el contenido se atendieron las recomendaciones de referentes como Abela (2003), Bardin (2002) y Krippendorff (1997); también se siguieron y adaptaron algunas ideas del modelo formulado por Cortés Gracia (2006) mediante la aplicación de un protocolo específico y de elaboración propia diseñado para el análisis del tema (Anexo II). En el mismo se detallaron los apartados que se deben tener en cuenta al administrar el protocolo a aplicar a los contenidos de los textos con las diferentes categorías y subcategorías de análisis.

Para el uso de las imágenes en los textos bajo estudio, se siguió con modificaciones, lo planteado por Perales Palacios y Jiménez Valladares (2002), quienes diseñaron un instrumento para realizar el análisis de las ilustraciones que se encuentran en los libros de texto. Sobre esta base, el instrumento que se diseñó tuvo en cuenta a otros autores (Grilli, Laxague y Barboza, 2015; Postigo y Pozo, 2000; Raviolo, 2019), tuvo la propiedad de ser específico y atender a los objetivos del tema que se abordó en esta investigación (López Manjón y Postigo Angón, 2014; López-Manjón y Postigo Angón, 2016; Matus, Benarroch y Perales, 2008; Silva Arias y Jiménez Pérez, 2017). De modo general puede mencionarse que luego de realizada la selección de los textos se llevó a cabo una lectura preliminar de los capítulos en los que se desarrollan temas relativos a la reproducción celular meiótica, la herencia y los principios de genética. El motivo de la misma, fue tener una visión general del tratamiento de los temas en la búsqueda de patrones comunes. Posteriormente se consideraron las preguntas orientadoras presentes en el guión elaborado para el análisis de la bibliografía seleccionada; esta observación brindó información relevante respecto a las características del texto que podrían influir sobre el tipo de aprendizajes que promueven. El análisis de la bibliografía citada consistió en una lectura profunda, considerando el tratamiento de los temas desde dos puntos de vista, el didáctico y el disciplinar, tratando de identificar tendencias y describir características respecto al abordaje de los contenidos que pudieran establecerse como factores que influyen en el aprendizaje de los temas de interés en este estudio. El propósito central del análisis realizado fue encontrarles sentido a los datos en el marco del problema planteado. Sobre la base de la interpretación de los datos aportados por los instrumentos, se buscó elaborar conclusiones y recomendaciones que resulten de utilidad para mejorar futuras intervenciones didácticas o propuestas de enseñanza. En la Sección 3 de este capítulo (Metodología. Libros de Texto) se describen los procedimientos realizados para definir las unidades de muestreo, de registro y de contexto, así como otras especificaciones metodológicas al respecto.

Guión o protocolo para el análisis de textos

Con el objeto de situar el análisis se plantearon preguntas generales orientadoras para este relevamiento, que posteriormente fueron adaptadas, desglosadas y sistematizadas en forma de guión o protocolo para realizar el estudio de los textos. Este guión se adaptó como ficha para guiar el análisis de la bibliografía seleccionada y pretendió recabar información respecto al uso que se hace en los libros de texto, de los conceptos, gráficos e imágenes; a partir de las características identificadas, se intentó detectar elementos comunes entre los saberes del alumnado y las particularidades de los libros de texto. En la 1° sección de este capítulo (Metodología. Cuestionario) y en la 2° (Metodología. Libros de Texto) se describen los sistemas de categorías, así como otras especificaciones metodológicas al respecto.

Criterios de rigurosidad o validación de los instrumentos utilizados en la investigación

El cuestionario y el protocolo administrados a los alumnos y a los textos respectivamente, son el resultado de un proceso de elaboración propia, por lo que fue necesario someterlos a un proceso de validación y confiabilidad de ambos. Para lograrlo se procedió por un lado a realizar una correcta revisión bibliográfica y por el otro consultar a expertos en la temática (Pantoja, 2009). Entonces, para cumplir con este requisito se recurrió para ambos instrumentos, a la consulta a expertos y posteriormente, a realizar una prueba piloto con el objeto de comprobar que las cuestiones que se plantearon en ellos fueran significativas para la investigación. Una vez elaborados los instrumentos para recoger los datos, y con el propósito de averiguar si los puntos contenidos por las herramientas representaban apropiadamente las dimensiones que se pretendían estudiar, se solicitó la colaboración de 4 especialistas del área, tomando como criterio una reconocida formación académica y trayectoria, con estudios de doctorado y maestría; los mismos además realizaron una evaluación global de los instrumentos en los que se incluyeron aspectos de redacción, pertinencia, coherencia y calidad (Barraza Macías, 2007). Si bien la consulta a expertos puede ser considerada como cargada de subjetividad se recurrió a la misma con la intención de revisar y ajustar los distintos ítems del cuestionario y del protocolo, en concordancia con Bravo y Arrieta (2005) respecto a que el juicio de una persona es menos fiable que el de un conjunto de sujetos de similar formación; como indican los autores, se trató de lograr un consenso de juicios y opiniones que fueron formulados de manera personal por un conjunto de sujetos escogidos como peritos acreditados sobre el tema. El cuestionario y el protocolo fueron acompañados de una guía para su evaluación a ser consideradas por los especialistas

en cuanto a la pertinencia de los ítems, con tres categorías de valoración (bueno, regular, malo), y un sitio para apuntar observaciones y sugerencias de cambio. Las distintas opiniones de los especialistas resultaron un aporte que permitió rectificar, eliminar o construir nuevos ítems. Atendiendo a estas recomendaciones, y luego de ser sometidos nuevamente al criterio del grupo de expertos con sus consecuentes ajustes, se obtuvo la versión de cada instrumento que sería administrada a los sujetos y a los textos que conformarían el grupo para la prueba piloto.

Luego se procedió a formalizar la prueba piloto; para esto, en un lapso de dos meses (abril y junio de 2016), el cuestionario fue administrado dos veces a un mismo grupo pequeño (6) de alumnos (3 noveles y 3 avanzados) con el objeto de verificar además su seguridad; estos luego no fueron incluidos en la muestra, con la intención de evitar el “efecto aprendizaje” que suele producirse cuando se tiene un nuevo contacto con el instrumento utilizado. Los resultados de esta prueba piloto permitieron ajustar la redacción de las preguntas y los aspectos formales del cuestionario, así como su adecuación a las finalidades u objetivos propuestos para la investigación. Este tipo de controles procuraron reducir al mínimo los errores asegurando así la validez de los instrumentos utilizados.

Para valorar la confiabilidad del procedimiento seguido para el análisis de los textos y validar el protocolo construido para su análisis, someterlo al juicio de colegas expertos permitió también recabar opiniones y sugerencias acerca de su idoneidad y pertinencia, definiendo dicho protocolo y asegurando su adecuación a los fines perseguidos. El protocolo también fue administrado a modo de prueba, sobre dos textos, uno de Biología y otro de Genética, que no formaron parte de la muestra considerada para la investigación:

Starr, C; Taggart, R. Evert, C y Starr, L. (2009). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida*. 12° ed. Cengage Learning Editores. México.

Pierce, B.C. (2006). *Genética: un enfoque conceptual*. 840 p. Editorial Panamericana, D. L. Madrid, España.

El hecho de contar con varias fuentes de información para la recolección de datos en este proceso de indagación, permitió entender el fenómeno bajo estudio con mayor profundidad; además, recurrir a tomar varios puntos de referencia le otorgó un grado mayor de confiabilidad a la investigación. Esta complementariedad de datos ofrece una mayor riqueza para la interpretación y el entendimiento por lo que reflejó más claramente la realidad bajo estudio.

Sección 2. Metodología. El cuestionario

1.1. Definición de categorías y criterios de análisis

Las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas y analizadas por grupos (noveles y avanzados), buscando patrones generales de respuestas sobre la base de las cuales se establecieron las categorías, las que se expresaron como frecuencias porcentuales. En función del análisis a realizar se establecieron algunos núcleos prioritarios para tomar en consideración, como son meiosis, gametos y principios de la herencia, terminología básica de genética y simbología específica, representaciones gráficas, problemas genéticos y procesos de resolución.

Para determinar si hubo asociación entre los grupos (noveles y avanzados) y las respuestas obtenidas, se realizaron pruebas de Chi cuadrado (X^2) y tablas de contingencia; en los casos que la frecuencia esperada fue inferior a 5 en más de 1 casilla se calculó el test exacto de Fisher. El análisis de los datos se realizó con el programa SPSS® (Statistical Package for Social Sciences), se consideró un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$)

A continuación, se describen los sistemas de categorías establecidos para cada punto del cuestionario:

1.2. Categorización de las respuestas al punto 1 del cuestionario

El enunciado del primer punto del cuestionario es el siguiente:

El concepto gameto/gameta es básico para la comprensión de otros conceptos de mayor complejidad.

- a) *Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?*
- b) *¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?*
- c) *¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?*
- d) *Dibuja un gameto masculino y uno femenino.*

Diversidad de respuestas relacionadas al punto 1.a. *(Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?)* que indaga sobre la conceptualización del término gameto o gameta.

La transcripción de las respuestas del alumnado y su posterior análisis permitió identificar que las mismas atendieron a diferentes dimensiones o niveles de acuerdo a los aspectos a los que hicieron alusión siguiendo un orden creciente de complejidad:

- **Dimensión I:** Respuestas inespecíficas, confusas e incorrectas que se tipificaron como inadecuadas.

- **Dimensión II:** Tipo de célula de la que se trata (célula sexual, célula reproductora, célula con información hereditaria, célula vinculada al origen de un nuevo individuo).

- **Dimensión III:** Tipo de célula + ploidía de la célula y/o procesos implicados (reducción en el N° cromosómico para mantener la dotación cromosómica de la especie, célula haploide o n, célula resultante del proceso meiótico/gametogénesis).

Como se presentaron casos de cuestionarios donde no se había respondido al ítem en cuestión, se decidió que las categorías para cada respuesta fueran ordenadas siguiendo un orden numérico creciente de acuerdo a un aumento de complejidad en las respuestas y definiéndose como última categoría a la ausencia de respuesta (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema de categorías para el punto 1.a. del cuestionario.

Punto 1.a. del cuestionario.	Categorías de respuesta
Concepto de Gameto	
	1. Respuesta inadecuada.
	2. Tipo de célula de la que se trata (célula sexual, célula reproductora, célula con información hereditaria, célula vinculada al origen de un nuevo individuo).
Niveles	3. Nivel 2 + ploidía de la célula y/o procesos implicados (célula con reducción en el N° cromosómico, importante para mantener la dotación cromosómica de la especie, célula haploide o n, célula características de procesos reproductivos sexuales, resultante del proceso meiótico/gametogénesis).
	4. Ausencia de respuesta

Diversidad de respuestas relacionadas al punto 1.b. (*¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?*) vinculado al modo de presentar el papel o rol de los gametos.

Los aspectos contemplados en las respuestas de los alumnos fueron agrupados en dos dimensiones:

Dimensión I: Relativa al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión/fusión/fecundación y a sus consecuencias inmediatas (origen de un cigoto/nuevo individuo, determinar el sexo).

Dimensión II: Vinculada a su rol en la transmisión de información genética/hereditaria y a la variabilidad genética en la descendencia.

Dimensión III: Asociada a la continuidad de la vida y su importancia para la especie (mantener el número diploide característico de una especie, perpetuación de la especie). También se encontraron respuestas inespecíficas, confusas o incorrectas (agrupadas como inadecuadas) y ausencia de respuestas, por lo que las categorías quedaron definidas como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Sistema de categorías para el punto 1.b. del cuestionario.

Punto 1.b. del cuestionario.	Categorías de respuestas
Función de los Gametos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta inadecuada. 2. Relativa al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión/fusión/fecundación y a sus consecuencias inmediatas (origen de un cigoto/nuevo individuo, determinar el sexo) 3. Vinculada a su rol en la transmisión de información hereditaria/ genética, variabilidad genética en la descendencia. 4. Nivel 2 y/o 3 incluyendo otros aspectos como la continuidad de la vida y su importancia para la especie (mantener el número diploide característico de una especie, supervivencia, perpetuación de la especie)
Niveles	Nivel 5. Ausencia de respuesta

Diversidad de respuestas relacionadas al punto 1.c. (*¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?*) orientado a explorar saberes relacionados a las modalidades de abordaje personales para tratar el origen de los gametos con posibles alumnos.

Dimensión I. Respuestas de diferente complejidad que aluden a saberes teóricos:

- De complejidad Baja. Mediante el proceso de Meiosis/ Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis) / células resultantes de Meiosis/Gametogénesis
- De complejidad alta. Mediante el proceso de Meiosis (ovogénesis y espermatogénesis) mencionando o describiendo algún aspecto importante como reducción cromosómica, entrecruzamiento, distribución al azar de los genes.

Dimensión II: Respuestas que aluden a modos de actuar ante una situación didáctica, más vinculadas a la práctica docente.

A los efectos de su categorización se definieron las siguientes categorías por niveles (Tabla 4):

Nivel 1. Respuestas inespecíficas, confusas e incorrectas (reunidas como inadecuadas).

Nivel 2. Respuestas de complejidad baja vinculada a saberes teóricos que aluden al origen de los gametos a través del proceso de Meiosis/ Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis) y/ o a las células resultantes de la Meiosis/Gametogénesis

Nivel 3. Respuestas de complejidad alta asociadas a saberes teóricos que aluden al proceso de Meiosis/Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis) referenciando o describiendo algún aspecto importante como reducción cromosómica, entrecruzamiento, distribución al azar de los genes.

Nivel 4. Respuestas ligadas a saberes didácticos por estar referidas al modo de abordar el tema a sus posibles alumnos.

Tabla 4. Sistema de categorías para el punto 1.c. del cuestionario

Punto 1.c. del cuestionario.	Categorías de respuestas
Origen de los Gametos	1. Respuesta inadecuada. 2. Mediante el proceso de Meiosis/ Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis)/ células resultantes de Meiosis/Gametogénesis 3. Mediante el proceso de Meiosis (ovogénesis y espermatogénesis) mencionando o describiendo algún aspecto importante como reducción cromosómica, entrecruzamiento, distribución al azar de los genes.
Niveles	4. Respuesta ligada al abordaje didáctico con alumnos 5. Ausencia de respuesta

Diversidad de respuestas relacionadas al punto 1.d. (*Dibuja un gameto masculino y uno femenino*), el cual intenta rastrear las representaciones icónicas de los gametos en los estudiantes encuestados.

Partiendo del examen de los esquemas de un gameto masculino y otro femenino generados por los estudiantes se identificaron diferentes modelos (Tabla 5) que fueron tomados como

categorías de análisis; a las cuatro categorías resultantes, se incorporó una quinta categoría correspondiente a los alumnos que no elaboraron los esquemas solicitados (Tabla 6).

Tabla 5. Modelos identificados para la consigna 1.d (*Dibuja un gameto masculino y uno femenino*).

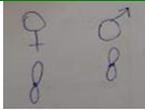
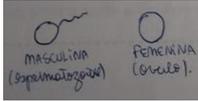
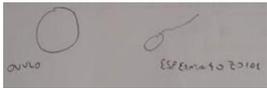
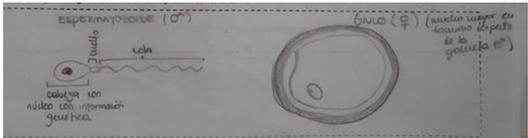
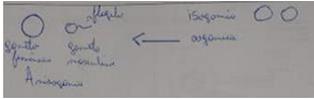
Modelo	Característica o descripción	Esquema representativo
Modelo 1. Inadecuado	Se elaboran esquemas inespecíficos o incorrectos	
Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles	Sin detalles y con variantes respecto al tamaño: A. Células de igual tamaño B. Células de distinto tamaño	Igual tamaño  Distinto tamaño 
Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles	Con detalles y con variantes respecto al tamaño: A. Células de igual tamaño B. Células de distinto tamaño	Igual tamaño  Distinto tamaño 
Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética	1. Con indicaciones sobre variantes gaméticas según especies o grupos: A. Con detalles B. Sin detalles	Sin detalles  Con detalles 

Tabla 6. Sistema de categorías para el punto 1.d. del cuestionario.

Punto 1.d. del cuestionario.	Categorías de respuestas
Dibuja un gameto masculino y uno femenino	
Niveles	Modelo 1. Inadecuado
	Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles
	A. Células de igual tamaño
	B. Células de distinto tamaño
	Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles
	A. Células de igual tamaño
	B. Células de distinto tamaño
	Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética
	A. Células sin detalles
	B. Células con detalles
	No esquematiza

1.3. Categorización de las respuestas al punto 2 del cuestionario

La situación presentada fue la siguiente:

Habiendo terminado de explicar la Meiosis, quieres comprobar si los alumnos han comprendido ciertos puntos clave del proceso. Les presentas el problema de una especie hipotética en cuyas células somáticas hay 3 pares de cromosomas, indicándoles que respondan las siguientes preguntas:

- a- ¿Cuántos cromosomas tendrán los gametos?*
- b- Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?*
- c- ¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?*

¿Cuáles serían, a tu criterio, las mejores respuestas que podrían dar los alumnos a estas preguntas?

Dadas las respuestas para el punto 2 en sus incisos a, b y c, las mismas fueron agrupadas para los 3 ítems como respuestas adecuadas (RA), respuestas inadecuadas (RI) y ausencia de

respuestas (AR). Sobre esta base las se obtuvieron distintos niveles como categorías de respuestas (Tablas 7, 8 y 9).

Tabla 7. Sistema de categorías para el punto 2.a. del cuestionario.

Punto 2.a. del cuestionario.	Categorías de respuestas
¿Cuántos cromosomas tendrán las gametas?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta Adecuada (RA). Las gametas tendrán 3 cromosomas / un par y medio de cromosomas. 2. Respuesta Inadecuada (RI). 3. Ausencia de Respuesta (AR).
Niveles	

Tabla 8. Sistema de categorías para el punto 2.b. del cuestionario.

Punto 2.b. del cuestionario.	Categorías de respuestas
Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta Adecuada (RA). Los cromosomas serán simples, (formados por una sola cromátida) 2. Respuesta Inadecuada (RI). 3. Ausencia de Respuesta (AR).
Niveles	

Tabla 9. Sistema de categorías para el punto 2.c. del cuestionario

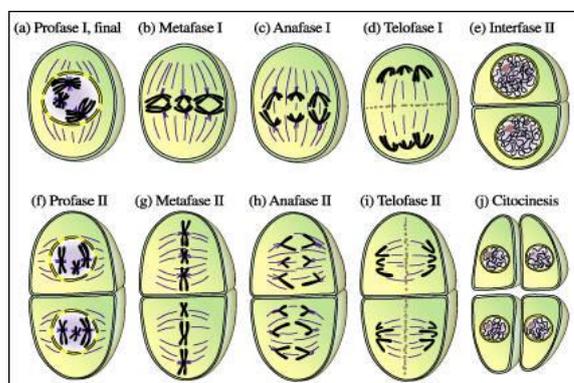
Punto 2.c. del cuestionario.	Categorías de respuestas
¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta Adecuada (RA). Las células hijas serán diferentes a la célula progenitora /Durante su formación en el proceso meiótico se produce la recombinación entre cromosomas homólogos y la segregación independiente de los cromosomas. 2. Respuesta Inadecuada (RI).
Niveles	

1.4. Categorización de las respuestas al punto 3 del cuestionario

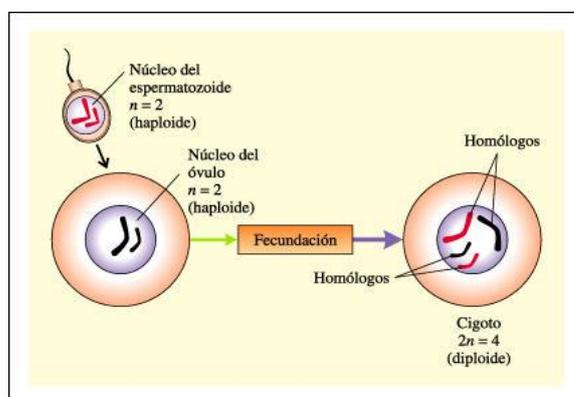
En relación a este punto (Figura 18), los dos esquemas -etapas del proceso meiótico o imagen 1 (I1) y proceso de fecundación o imagen 2 (I2)-, se complementan y permiten la comprensión integral de los conceptos que se intenta relacionar, por lo que, a través de la consigna presentada, se exploró, la intencionalidad del futuro docente en relación a su uso para administrar los contenidos. En este aspecto, también se indagó respecto al orden en que se los utilizaría y los fundamentos de ello.

3.- Siguiendo la secuencia didáctica, ahora te parece necesario clarificar la relación existente entre **información genética, meiosis y gametos**. Para hacerlo solicitas consejo a dos colegas experimentados.

- Uno de ellos te dice que para lograrlo utiliza el siguiente esquema:



- El otro, en cambio, te responde que emplea el esquema que sigue:



- a. ¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas? b. ¿Por qué?
c. ¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?

Figura 18. Enunciado punto 3 del cuestionario.

En relación a la primera parte de este punto, se encontró que las preferencias de los estudiantes se distribuyeron en diferentes grupos en función de las estrategias planteadas:

1. Optan por la estrategia del primer colega quien recurre al uso de una imagen que contiene las etapas del proceso meiótico (I1).
2. Optan por la estrategia del segundo colega quien recurre al uso de una imagen sobre el proceso de fecundación y la ploidía de las células intervinientes y de la resultante (I2).
3. Optan por la estrategia de ambos colegas y el uso de ambas imágenes (I1,2).
4. No acuerdan con ninguna de las estrategias de los colegas (NC).
5. Ausencia de respuesta (AR).

Así, las categorías definidas para este inciso a del punto 3, fueron las que se presentan en la Tabla 10 y los fundamentos esgrimidos se desarrollan en el capítulo correspondiente a los Resultados.

Tabla 10. Sistema de categorías para el punto 3 del cuestionario.

Punto 3 del cuestionario.	
¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas?	Categorías de respuestas
Niveles	1. De acuerdo con la estrategia del colega 1. Uso de la 1° imagen: etapas del proceso meiótico (I1)
	2. De acuerdo con la estrategia del colega 2. Uso de la 2° imagen: proceso de fecundación (I2)
	3. De acuerdo con ambas estrategias (I1,2)
	4. No acuerda con la estrategia de ninguno de los colegas (NA)
	5. No responde (NR)

1.4. Categorización de las respuestas al punto 4 del cuestionario

En el instrumento se presenta una situación hipotética donde un profesor luego de realizar un cruzamiento monohíbrido intenta asegurarse que los alumnos comprenden la representación que realizó en el pizarrón; en la misma se interpela a los futuros docentes respecto a lo que debería decirles el profesor acerca de ciertos temas que se están trabajando y como los representaría.

La situación es la que se presenta en la Figura 19.

4.- Un profesor realiza la siguiente representación en la pizarra:

Para asegurarse de que sus alumnos comprendan dicha representación: (A) ¿qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”? (B) Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer? (C) ¿Qué les diría que representa, por ejemplo, “Bb”? (D) ¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas?

	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

Figura 19. Enunciado punto 4 del cuestionario.

En la parte a del instrumento se indaga respecto a *¿qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”?* Las respuestas a este interrogante se agruparon en tres categorías (Tabla 11):

1. Categoría A (RA): aquellas que mencionan que B es el alelo dominante y b el recesivo o variantes de un gen, alelos (dominante y recesivo).
2. Categoría B (RI): las que refieren a cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo.
3. 3. No responde (NR).

Tabla 11. Categorización de respuestas a parte a del punto 4.

Punto 4.a del cuestionario	Categorías de respuestas
Niveles	1. Categoría A (RA): aquellas que mencionan que B es el alelo dominante y b el recesivo o variantes de un gen, alelos (dominante y recesivo). 2. Categoría B (RI): las que refieren a cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo. 3. No responde (NR).

En el ítem b, que intenta rastrear las representaciones icónicas de los estudiantes, se les plantea: “Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?”. Partiendo del

análisis de los esquemas generados se pudieron identificar diferentes modelos en base a los siguientes criterios:

1. Modelo 1: Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (Figura 20, A y B).
2. Modelo 2: Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (Figura 20, C).
3. Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (Figura 20, D).

Estos modelos fueron tomados como categorías de análisis sumando una categoría correspondiente a quienes no realizaron el esquema solicitado (Tabla 12).

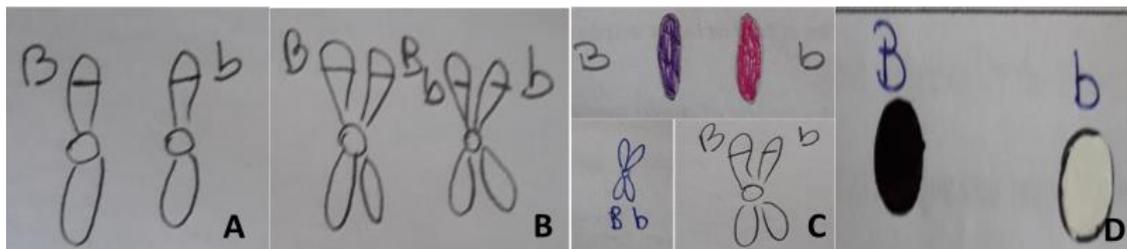


Figura 20. Modelos de representación de alelos generados por los alumnos A. Modelo 1: Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (RA). B. Modelo 2: Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (RI1). C. Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (RI2).

Tabla 12. Categorización de respuestas a parte b del punto 4.

Punto 4.b del cuestionario	Categorías de respuestas
Niveles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo 1: Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (RA). 2. Modelo 2: Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (RI1). 3. Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (RI2). 4. No esquematiza (NC)

En lo que respecta al ítem c (*¿Qué representa Bb?*) las respuestas fueron categorizadas de la siguiente manera (Tabla 13):

1. Categoría A: Corresponde a la definición esperada, donde *Bb* representa un genotipo heterocigota para esa característica.
2. Categoría B: Respuestas que refieren a un individuo, a un gen, a un par de cromosomas, un rasgo.

3. No responde.

Tabla 13. Categorización de respuestas a parte c del punto 4.

Punto 4c del cuestionario.	Categorías de respuestas
Niveles	1. Categoría A: Corresponde a la definición esperada, donde Bb representa un genotipo heterocigota para esa característica (RA).
	2. Categoría B: Respuestas que refieren a un individuo, a un gen, a un par de cromosomas, un rasgo (RI).
	5. No responde (NR).

En relación al punto d ¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas? Las respuestas fueron agrupadas dentro de cuatro categorías (Tabla 14):

1. Modelo 1: Corresponden a un esquema donde los alelos que conforman el estado heterocigota tienen una ubicación específica en un mismo locus en los cromosomas homólogos (Figura 21, A).
2. Modelo 2: Respuestas en las cuales la representación del estado heterocigota posee una ubicación física inadecuada, ya que lo asignan a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado, o lo ubican en un locus situado en cromátidas hermanas o bien en locus diferentes de cromátidas hermanas (Figura 21, B, C y D).
4. No realiza ninguna representación.

Tabla 14. Categorización de respuestas a parte d del punto 4.

Punto 4d. del cuestionario	Categorías de respuestas
Niveles	1. Modelo 1: Corresponden a un esquema donde los alelos que conforman el estado heterocigota tienen una ubicación específica en un mismo locus en los cromosomas homólogos (RA).
	2. Modelo 2: Respuestas en las cuales la representación del estado heterocigota posee una ubicación física inadecuada, ya que lo asignan a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado, o lo ubican en un locus situado en cromátidas hermanas o bien en locus diferentes de cromátidas hermanas (RI).
	4. No realiza ninguna representación (NR)

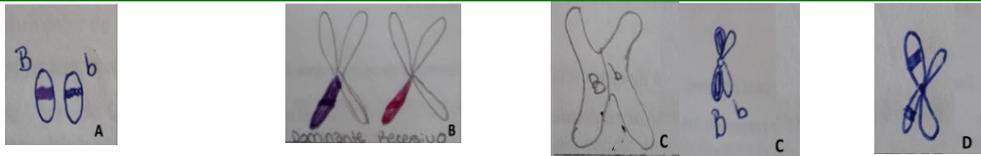


Figura 21. Modelos de representación de alelos generados por los alumnos A. Modelo 1: Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (RA). B.C.D. Modelo 2: Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (RI).

1.5. Categorización de las respuestas al punto 5 del cuestionario

En el punto 5 (Figura 22) del cuestionario se presenta una lista de características entre las cuales optar para basar sus explicaciones sobre Leyes de Mendel.

5.- Lo que sigue es una lista de caracteres entre los que podrías elegir para basar tus explicaciones sobre las leyes de Mendel. Marca con una cruz los que utilizarías y fundamenta tu elección.

CARACTERES

- El color de las alas de una mariposa*
- Grupos sanguíneos en el hombre*
- El sexo en los mamíferos*
- El color de ojos en las moscas*
- El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza*
- La producción de toxinas en un hongo venenoso*
- Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona*
- Una enfermedad hereditaria en el hombre*
- El tipo de pelo en el hombre*
- Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales)*

Justificación:

Figura 22. Enunciado del punto 5 del cuestionario

Al presentar una lista de características entre las cuales optar para basar sus explicaciones sobre Leyes de Mendel, las opciones fueron numerados del 1 al 9, como sigue, a los efectos de la tabulación y utilizando cada una como categoría:

1. El color de las alas de una mariposa
2. Grupos sanguíneos en el hombre
3. El sexo en los mamíferos
4. El color de ojos en las moscas
5. El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza

-
6. La producción de toxinas en un hongo venenoso
 7. Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona
 8. Una enfermedad hereditaria en el hombre
 9. El tipo de pelo en el hombre
 10. Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales)

Los fundamentos que ofrecen los estudiantes para justificar sus elecciones se describen cualitativamente en el capítulo correspondiente a los Resultados.

1.6. Categorización de las respuestas al punto 6 del cuestionario

Este punto (Figura 23) fue elaborado con la finalidad de recoger información aportada por estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas respecto a los problemas genéticos “causa-efecto y “efecto-causa”, sus opciones y razones de índole didáctica para trabajar con uno u otro tipo de cruzamiento. También indagó sobre la resolución de problemas de Genética buscando la expresión de las dificultades encontradas durante el proceso de resolución de las distintas modalidades de problemas, así como de las causas a las que atribuyen las mismas. Es decir que el cuestionario buscó obtener información relativa al uso de expresiones diversas respecto a la resolución de problemas de Genética de tipo abierto y cerrado, las explicaciones y argumentaciones de profesores de Biología en formación, así como de sus decisiones ante situaciones de aula hipotéticas.

6.- Para trabajar con cruzamientos, el profesor titular del Curso en el que vas a hacer una suplencia te da dos opciones.

Una de ellas es utilizar el siguiente problema como ejemplo:

En aves de corral, el alelo para cresta "en guisante", "G", es dominante completa sobre el alelo para "cresta sencilla", "g". Realiza la siguiente cruce: un ave homocigota de cresta sencilla con otra homocigota de cresta en guisante.

a. Indica las proporciones genotípicas y fenotípicas en la descendencia (F1).

b. Si se cruzan dos individuos de la F1, ¿Cuál será el genotipo y el fenotipo de la F2?

La otra opción es trabajar con el problema que sigue:

Mariano es un hombre de ojos oscuros y tiene una hermana de ojos claros y un hermano de ojos oscuros. Sara es una mujer de ojos claros que tiene un hermano de ojos oscuros.

Considerando lo anterior responde los siguientes puntos:

- a) ¿Qué color de ojos pueden tener los padres de Sara?
 - b) ¿Cuál puede ser el color de ojos de los padres de Mariano?
 - c) ¿Cuál es el carácter dominante?
 - e) ¿Cómo podrían ser los descendientes del matrimonio entre Mariano y Sara?
- ¿Por cuál de los problemas optarías? ¿Por qué?
-

Figura 23. Enunciado del punto 6 del cuestionario.

La tarea de identificar categorías relevantes, facilitó el análisis e interpretación de los mismos y permitió extraer conclusiones significativas respecto al tipo de argumentaciones de los estudiantes del profesorado sobre las dos modalidades básicas utilizadas habitualmente para abordar los problemas de Genética: los problemas cerrados y abiertos. Al presentarse estos dos tipos de problemas, uno del tipo “causa-efecto” (es decir, dados los genotipos, obtener los fenotipos), y el otro “efecto-causa (a partir de los fenotipos deducir los genotipos), para utilizar en una clase, las preferencias fueron categorizadas de acuerdo a aquellos alumnos que optan por el 1º problema y los que los hacen por el 2º problema (Tabla 15).

Tabla 15. Categorías definidas para el ítem 1.a del cuestionario (*¿Por cuál de los problemas optarías?*).
Categorías: 1. Optan por el 1º problema. Categoría 2: Optan por el 2º problema.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría 1						
Categoría 2						
Total de respuestas						

El análisis de las respuestas dadas en la segunda parte de este punto del cuestionario, donde se consultó a los encuestados el porqué de su elección, permitió definir diversas categorías (Tabla 16):

Categoría 1: El problema es fácil/sencillo/simple/práctico/ de resolución inmediata.

Categoría 2: El problema posee los datos necesarios/es completo.

Categoría 3: El problema facilita la comprensión de conceptos.

Categoría 4: El problema fomenta el pensamiento/ enfrenta al alumno a situaciones cotidianas.

Categoría 5: No responde

Tabla 16. Categorías definidas para el ítem 1.a del cuestionario (*¿Por qué?*). Categorías: 1. El problema es fácil/sencillo/simple/práctico/ de resolución inmediata. 2. El problema posee los datos necesarios/es completo. 3. El problema facilita la comprensión de conceptos. 4. El problema fomenta el pensamiento/ enfrenta al alumno a situaciones cotidianas. 5. No responde.

Categoría	Alumnos que eligieron el problema 1				Alumnos que eligieron el problema 2			
	Frecuencia total de alumnos noveles	Porcentaje total de alumnos noveles	Frecuencia total de alumnos avanzados	Porcentaje total de alumnos avanzados	Frecuencia total de alumnos noveles	Porcentaje total de alumnos noveles	Frecuencia total de alumnos avanzados	Porcentaje total de alumnos avanzados
Categoría 1								
Categoría 2								

Categoría 3
Categoría 4
Categoría 5

Total

1.7. Categorización de las respuestas al punto 7 del cuestionario

7.- Resuelve los problemas del punto anterior. ¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos? Si fue así ¿a qué crees que se deben dichas dificultades?

Figura 24. Consigna del punto 7 del cuestionario

Respecto al punto 7 (Figura 24), para la consigna *Resuelve los problemas del punto anterior*, las producciones de los estudiantes fueron agrupadas en las siguientes categorías:

1. Resuelve uno o ambos problemas
2. No resuelve ninguno de los problemas

Respecto a la pregunta *¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos?*, las categorías que se definieron fueron:

1. Manifiesta no haber tenido dificultades.
2. Manifiesta haber tenido dificultades.
3. No responde.

A su vez, aquellos que se asignaron a la categoría 2 por expresar que tuvieron dificultades en el proceso de resolución, se agruparon en:

- a. Aquellos que asocian sus dificultades al primer problema.
- b. Aquellos que reconocen limitaciones para enfrentar el proceso de resolución del segundo problema.
- c. No responde

En relación a la pregunta *¿A qué crees que se deben dichas dificultades?*,

- a. No responde
- b. Responde

Las respuestas de los estudiantes que responden a este cuestionamiento se describen en el capítulo correspondiente a los Resultados.

Sección 3. Metodología. Libros de Texto

Unidades de muestreo, de registro y de contexto

Con el objeto de proceder al análisis de contenido, siguiendo las recomendaciones de los referentes citados en la Sección 1 de este capítulo (Abela, 2002; Bardin, 2002; Krippendorff, 1997), se definieron las unidades de muestreo, registro y contexto. Las unidades de muestreo refieren a los textos que se analizan; las unidades de registro hacen alusión a la parte o porción de un texto -párrafos, conjuntos de párrafos, etc., referidos a la temática de interés- que son seleccionados para el análisis. Y la unidad de contexto remite a la parte del texto que contiene y sitúa a las unidades de registro (una página completa del libro, un capítulo).

Para definir las unidades de muestreo se procedió según los criterios explicitados en la primera parte de la metodología, proceso que definió la muestra de textos que serían objeto de análisis:

Campbell, N.; Recee, J. (2007). *Biología*. 7° edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1231 pp.

Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. (2008). *Biología*. 7° edición Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1.009 pp.

Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. (2002). *Genética*. 7ª edición. Ed. Interamericana-McGraw Hill. Madrid. España. 846 p.

Klug, W.; Cummings, M.; Spencer, Ch. (2006). *Conceptos de Genética*. 8° edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 920 p.

Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009). *Vida. La ciencia de la Biología*. 8° edición Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1251 pp.

Codificación de los textos

Luego de definidas las unidades de muestreo, registro y contexto se procedió a establecer la codificación, lo que permitió sistematizar el contenido presente en las unidades de registro.

Como se mencionó en la primera sección del capítulo, la muestra de textos fue agrupada en dos niveles:

a) Literatura especializada de Biología General: Corresponde a los textos básicos o elementales aconsejados para iniciarse en el estudio de los contenidos objeto de análisis y que fueron referidos como los más utilizados por los estudiantes consultados.

b) Literatura especializada de Genética: Es la que concierne a los libros sugeridos para el abordaje de la temática desde un punto de vista más complejo o avanzado y que fueron referidos como los más utilizados por los estudiantes consultados.

A los efectos de su codificación los textos que conforman la muestra fueron identificados por nivel y con un número de referencia; así, para el nivel literatura especializada de Biología o textos básicos o elementales (Tabla 17), se asignó el código Tb (Texto básico), y se codificó como Tc (Texto complejo) el nivel literatura especializada de Genética o textos complejos o avanzados (Tabla 18).

Tabla 17. Composición y codificación de la muestra Literatura especializada de Biología General o textos básicos o elementales.

Unidades de muestreo	Nivel	Nº de referencia del texto	Código del Texto
Campbell, N.; Reece, J. (2007). <i>Biología</i> . 7º edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España. 1231 pp.	Texto (Tb)	básico N°1	Tb1 (texto básico N°1)
Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. (2008). <i>Biología</i> . 7º edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España. 1.009 pp.	Texto (Tb)	básico N°2	Tb2 (texto básico N°2)
Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009). <i>Vida. La ciencia de la Biología</i> . Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1251 pp.	Texto (Tb)	básico N°3	Tb3 (texto básico N°3)

Tabla 18. Composición y codificación de la muestra Literatura especializada de Genética o textos complejos o avanzados.

Unidades de muestreo	Nivel	Nº de referencia del texto	Código del Texto
Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. (2002). <i>Genética</i> 7ª edición. Ed. Interamericana-McGraw Hill. Madrid, España. 846p.	Texto complejo (Tc)	N°1	Tc1 (texto complejo N°1)
Klug, W.; Cummings, M.; Spencer, C. A. (2006). <i>Conceptos de Genética</i> . 8º edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 920 p.	Texto complejo (Tc)	N°2	Tc2 (texto complejo N°2)

Dimensiones de análisis

Para la revisión de los libros de texto se consideraron distintas dimensiones:

Dimensión 1. *Descripción de la estructura general de las obras bajo análisis*, en la cual se observó la secuenciación de los contenidos comprendida en la estructura del texto o unidad de muestreo.

Dimensión 2. *Contextualización de las temáticas objeto de esta investigación en la estructura general de las obras bajo análisis*; aquí se reparó en los bloques de contenidos o secciones (unidades de contexto) donde se ubican los temas sobre las que se indaga.

Dimensión 3. *Núcleos conceptuales*, donde se examinó el texto en relación a la naturaleza de los conceptos objeto de esta investigación y las relaciones entre ellos; se tomaron como unidades de registro los sectores del texto donde se aborda el concepto, función, origen e imágenes de los gametos, la correspondencia entre meiosis, Leyes de Mendel y sus representaciones gráficas, la terminología básica de Genética y su simbología específica, los problemas de genética, esquemas y otras representaciones no textuales.

El rasgo léxico específico de los textos científicos, es su terminología, o sea aquellas palabras con un significado propio en una rama determinada del saber, y que frecuentemente no se hallan acopiadas en diccionarios generales, como por ejemplo el DRAE, sino que muchas veces lo están en glosarios específicos. Considerando esta particularidad general, para obtener información de los textos en relación a la Dimensión 1 se consideró que la misma está asociada a la superestructura o estructura formal de cada texto, y que este tipo de obras resultan en textos expositivos que persiguen explicar y describir contenidos apoyados en evidencia empírica, tratando de volver comprensible una información explicando qué, cómo, por qué y cuándo acontece el fenómeno en estudio. En las mismas se presenta una organización discursiva en la que se recurre a la descripción y clasificación como estructuras de bajo nivel o demanda cognitiva, pero también a establecer relaciones causales o de preguntas y respuestas que son estructuras de nivel alto Marzábal Blancafort e Izquierdo Aymerich (2017). Dado que los fines didácticos de las obras que se analizan se organizan en función de los posibles destinatarios (estudiantes o sujetos que buscan información específica sobre determinados temas), suelen estructurarse en base a la definición de un concepto, la ejemplificación y la ejercitación (Ibañez, 2012; Irrazábal y Saux, 2005; Parodi, 2010). En este sentido se observó cuáles de estas características están presentes y prevalecen sobre otras.

Para recoger los datos presentes en los libros de texto en relación a la Dimensión 2 se elaboraron tablas que reúnen información sobre las secciones, capítulos y la cantidad de texto que tratan las temáticas que se examinan en esta investigación. Para ello se elaboraron tablas sencillas que recogieron la información presente en los sectores de los textos bajo análisis en

los que se abordan las temáticas de Genética que se analizan en este estudio (Tablas 19, 20 y 21).

Tabla 19. Sectores de los textos bajo análisis en los que se abordan las temáticas de Genética que se analizan en este estudio.

Libro de Texto	Parte o sección	Capítulos	Página/s	Cantidad de páginas
Tb1				
Tb2				
Tb3				
Tc1				
Tc2				

Tabla 20. Cantidad de texto dedicado a los contenidos genéticos gameta y meiosis (modificado de Fernandez Ferrer, 2008).

Cantidad de texto	Libro de texto	Segmento específico del texto	Páginas del	Contexto en el que se aborda el contenido
No lo trata				
Sólo lo cita				
Una frase				
Uno o dos párrafos				
Media página				
Una página				
Más de una página				
Un capítulo				
Dos capítulos o más				

Tabla 21. Cantidad de texto dedicado a cruzamientos genéticos, simbología.

Cantidad de texto	Libro de texto	Segmento específico del texto	Páginas del	Contexto en el que se aborda el contenido
No lo trata				
Sólo lo cita				
Una frase				
Uno o dos párrafos				
Media página				
Una página				
Más de una página				
Un capítulo				
Dos capítulos o más				

Para recolectar los datos presentes en los libros de texto en relación a la Dimensión 3, el instrumento que se utilizó fue un guión o protocolo de análisis de documentos (Anexo II) diseñado particularmente para estudiar los libros y núcleos conceptuales seleccionados; el mismo consta de una serie de ítems a través de los que se rastrea la información de interés para esta investigación. Ello permitió la normalización y registro de los datos obtenidos a

partir de las evaluaciones de cada texto. Como forma de ejemplificar las cuestiones abordadas en el análisis, se tomaron extractos ilustrativos de los libros de acuerdo a la relevancia de cada punto o pregunta. En este sentido, se realizó un estudio del contenido (Abela, 2002; Bardin, 2002; Krippendorff, 1997) siguiendo un modelo mediante la aplicación de un protocolo específico diseñado para el análisis del tema (inspirado en Cortés Gracia 2006). A continuación, se presentan los aspectos que se consideraron para realizar el análisis cualitativo y que fue aplicado a los textos bajo análisis. Si bien no se trata de una serie de ítems que se respondieron uno a uno para cada texto, los mismos funcionaron orientando de modo general el examen efectuado, actuando como nodos estructurantes del mismo. Para la descripción de la metodología se discriminó entre representaciones textuales y representaciones no textuales.

Representaciones textuales. Gameto

Concepto de gameto

1. ¿Se ofrece en del texto una definición de gameto?
 - SI (Explícita/Implícita)
 - NO
2. ¿Cuáles son las características de esta definición?
 - Única
 - Disgregada.
3. ¿Cuáles son las dimensiones que abarca la definición?
 - Gameto/ Célula sexual/ Célula reproductora/con información genética de los progenitores/Tipos especiales de células.
 - Celula con la mitad del N° cromosómico de la especie/ Célula haploide o n, que resulta de la meiosis, gametogénesis.
 - Célula que aporta diversidad genética como ventaja evolutiva.

En este punto, para analizar la complejidad del concepto, se establecieron códigos y definieron las siguientes categorías:

A. Conceptualizaciones de nivel 1 (N1): simples, que aluden a un único aspecto mencionado en el protocolo de análisis.

B. Conceptualizaciones de nivel 2 (N2): de complejidad intermedia, que aluden a dos aspectos mencionados en el protocolo de análisis.

C. Conceptualizaciones de nivel 3 (N3): complejas, que aluden a varios aspectos mencionados en el protocolo de análisis.

D. No se define el concepto (ND).

4. ¿En que contexto se presenta?

- En un tema o unidad.
- En varios temas o unidades.
- En el Glosario de la obra.

Función de los gametos

1. ¿Se hace referencia explícita/implícita a las funciones de los gametos?

- SI (describir)
- NO

2. ¿Se asocia el término a sus diversas funciones?

SI (describir)

NO

3. ¿Se describen procesos vinculantes entre meiosis-gametogénesis-gameto y principios de genética?

SI (¿cómo?)

NO

Origen de los gametos

c. 1. ¿Relaciona a la meiosis/gametogénesis con la formación de los gametos?

SI (disgregado/concretamente)

NO

Representaciones no textuales. Imágenes de los gametos. La metodología seguida en este aspecto se describe en las páginas siguientes bajo el acápite general *Representaciones externas no textuales. Análisis de las imágenes*, y el específico *Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto*.

Representaciones textuales. Meiosis

Este aspecto se contempló en la ficha para el análisis bajo los siguientes acápites:

- a. ¿Se define el término? Si (describir)/No
- b. ¿Se mencionan las características de las células resultantes de la meiosis? Si/No
- c. ¿Se señala que son gametos? Si (describir)/No
- d. ¿Se indica que poseen la mitad del N° cromosómico de la célula madre (Si, describir/No)?
- e. ¿Se dan ejemplos? (Si, describir/No)

-
- f. ¿Se expresa que las células hijas tienen características diferentes a la célula original?
(Si, describir/No)
- g. ¿Se insiste en los conceptos centrales del proceso?
- h. (Si, describir/No)
- i. ¿Se la referencia en el índice de la obra? (Si, describir/No)

Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis

La metodología seguida en este aspecto se describe en las páginas siguientes bajo el acápite general *Representaciones externas no textuales. Análisis de las imágenes*, y el específico *Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis*.

Representaciones externas no textuales. Análisis de las imágenes

Respecto a las formas en que la información puede representarse externamente en formato no textual, Postigo y Pozo (2000) realizaron la siguiente clasificación para agrupar las diversas representaciones gráficas:

- Diagramas: expresan relaciones conceptuales (eg. mapas conceptuales, cuadros sinópticos, organigramas).
- Gráficas: expresan relaciones cuantitativas o numéricas entre variables (eg. gráficos cartesianos, diagramas de pastel, histogramas).
- Mapas: expresan relaciones de tipo espacial en forma selectiva (eg. planos, croquis, mapas geográficos).
- Ilustraciones: expresan relaciones espaciales, reproductivas de la realidad (eg. pinturas, fotografías, dibujos).

En este apartado es conveniente aclarar que, considerando los diferentes modos de representación del conocimiento científico, como señala Perales Palacios (2006), la imagen, como conjunto de atributos asignado a un estímulo determinado (Moles 1973), constituye parte de los modos de representación habituales del conocimiento científico, además del formato verbal y del matemático-simbólico. Dado que en este trabajo se utilizarán con frecuencia los términos imagen e ilustración, valen algunas observaciones sobre ellos ya que para Perales Palacios (2006) una imagen puede ser una representación de fenómenos, objetos o seres, de carácter gráfico (por ejemplo, en soporte papel o audiovisual) o mental (donde se da un proceso de abstracción de cierta complejidad); en cambio una ilustración es más específica y exclusivamente gráfica y acompaña a los libros de texto intentando ser un complemento de la información suministrada. Sin embargo, como durante el análisis se

encontraron ilustraciones (como fotografías o dibujos) combinados con diagramas o con gráficas (Postigo y Pozo, 2000), en este escrito se utilizará *Imagen* para referirse a los recursos no textuales como representaciones gráficas utilizadas en los libros examinados.

Sobre esta base, las representaciones no textuales que fueron tomadas para el análisis corresponden solo a aquellas relacionadas a los conceptos centrales del campo de la genética explorados en esta indagación. Para su consecución, se consideró la clasificación ya referida de Postigo y Pozo (2000) en diagramas, mapas, gráficas e ilustraciones, y las imágenes contenidas en ellas se clasificaron tomando como base las categorías establecidas por Perales y Jimenez (2002) atendiendo a la funcionalidad, la relación con el texto principal, las etiquetas verbales y el grado de iconicidad como sigue:

Funcionalidad (inoperante, operativa elemental, sintáctica)

- Inoperante: No aportan ningún elemento utilizable, sólo cabe observarlas
- Operativas elementales: Contienen elementos de representación universales: croquis, cotas, etc.
- Sintácticas: Contienen elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas: vectores, circuitos eléctricos, etc.

Relación con el texto principal (connotativa, denotativa, sinóptica e inexistente).

- Connotativa: El texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración. Estas relaciones se suponen obvias y las establece el propio lector. Este tipo de relación se establece cuando al finalizar un párrafo se coloca entre paréntesis la referencia a una figura. Ejemplo: “El proceso de gametogénesis conduce a la formación de gametos (Figura X)”
- Denotativa: El texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados. Ejemplo: “La figura X muestra el proceso de gametogénesis donde se observa la distribución de los cromosomas a las células hijas”.
- Sinóptica: El texto describe la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados, y establece las condiciones en las cuales las relaciones entre los elementos incluidos en la ilustración representan las relaciones entre los contenidos, de modo que la imagen y el texto forman una unidad indivisible. Se establece así una integración que permite ir y volver de texto a imagen y viceversa.

Etiquetas verbales (nominativas, relacionales, sin texto)

- Sin texto o etiqueta verbal: La ilustración no contiene ningún texto.

-
- Nominativa: Letras o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración.
 - Relacionales: Textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración.

Grado de iconicidad (fotografía, dibujo figurativo sin y con signos, dibujo esquemático sin y con signos)

- Fotografía.
- Dibujo figurativo: Prima la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad.
- Dibujo figurativo + signos: Representan acciones o magnitudes inobservables en un espacio de representación heterogéneo.
- Dibujo esquemático: Prima la representación de las relaciones prescindiendo de los detalles
- Dibujo esquemático + signos: Representan acciones o magnitudes inobservables
- Descripción en signos normalizados: Constituye un espacio de representación homogéneo y simbólico que posee reglas sintácticas específicas.

Según la escala de iconicidad elaborada por Moles (1973), el objeto real o referente físico tiene el mayor nivel de iconicidad y la palabra que lo nombra tiene iconicidad nula o cero; entre ambos existen diferentes modos de representación del objeto con grados intermedios de iconicidad. Aquellas representaciones que tienen iconicidad alta son las que son más semejantes al objeto que representan; en cambio las de iconicidad baja son aquellas que más se alejan de esa realidad y se acercan a la nulidad. El isomorfismo, es decir, su semejanza o igualdad respecto al referente imitado y sus características, varía dentro de una amplia escala (Artola, 2016). En relación a la iconicidad Grilli et al. (2015) expresan:

Como gráfico realista que es, la iconicidad de un dibujo científico es alta. La iconicidad es una magnitud opuesta a la abstracción: el objeto tal cual es posee una iconicidad total, y la palabra que lo designa posee iconicidad nula. A mayor iconicidad más se confunde con la realidad, mayor parecido con la misma (p. 97).

Respecto al recurso utilizado en algunos textos, de combinar distintos tipos de representación en una misma ilustración, Grilli, Laxaguey Barboza (2015) señalan que la combinación de dibujos y fotografías como técnicas ilustrativas no se excluyen, sino que se complementan, ya que con su uso se facilita la comprensión espacial y estructural en el nivel celular. En algunos casos la fotografía actúa como un complemento adicional al dibujo; en otros, el dibujo funciona como complemento de la fotografía. González (2018) predice para las infografías, un gran futuro en la comunicación en ciencias ya que resultan un recurso valioso para mostrar

información compleja de forma gráfica y textual que puede colaborar en su comprensión. Siguiendo a Raviolo (2019), cuando en la memoria de trabajo se integran las palabras y las imágenes, las representaciones verbales y las pictóricas, se producen aprendizajes más profundos. En la misma línea de razonamiento, la combinación de formatos de representación externa, como organigramas con fotografías o gráficas con dibujos esquemáticos pueden facilitar la integración de las distintas dimensiones de un contenido.

Dada la especificidad de la temática bajo análisis las ideas de los autores precedentes resultaron sustantivas metodológicamente ya que fueron tomadas como base, modificadas y adaptadas en relación a las características de las imágenes presentes en los apartados de los capítulos que se examinaron, logrando de este modo un sistema de categorías propio para el grado de iconicidad, entendiendo por iconicidad “el grado en que una imagen se asemeja al objeto del mundo real representado” (Perales y Jimenez, 2002, p.372) o “al grado de referencialidad de una imagen, es decir la relación de apariencias entre la propia imagen y su referente” (Artola, 2016, p.98). Como tal, es opuesto a la abstracción.

Este sistema resultante es el siguiente:

- Ilustraciones

- Fotografía (sin y con signos)
- Dibujo figurativo (con signos y/o símbolos)
- Dibujo esquemático (con signos y/o símbolos)

- Diagramas

- Organigrama

- Combinaciones

- Dibujo figurativo (con signos/símbolos) + Dibujo esquemático (con signos/símbolos)
- Dibujo figurativo + signos/símbolos+ Fotografía
- Dibujo esquemático + signos/símbolos + Fotografía
- Dibujo esquemático + signos/símbolos + Gráfico
- Organigrama + Fotografía

- **Ilustraciones**

Fotografía. Consiste en una representación de gran exactitud que se obtiene mediante un “procedimiento o técnica que permite obtener imágenes fijas de la realidad mediante la acción de la luz sobre una superficie sensible o sobre un sensor” (RAE, 2018). Ejemplos de Fotografías (sin y con signos -como palabras, líneas, escalas-) se presentan en la Figura 25.

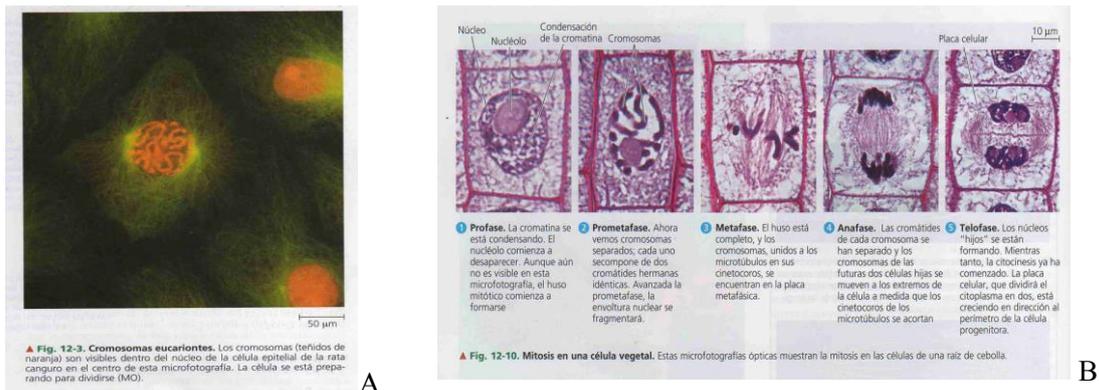
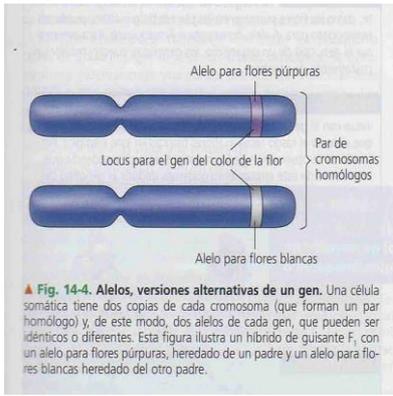


Figura 25. Ejemplos de Fotografías. A. Sin signos, Tb1 (p.219). B. Con signos, Tb1 (p.226).

Dibujo figurativo (con signos y/o símbolos). En ellos se realiza una representación orgánica del objeto o proceso imitando la realidad, ya sea este macroscópico o microscópico. Estos dibujos pueden contener signos, como representaciones objetivas e indicadoras (*eg.* palabras –*cromosomas, célula madre*-, flechas \rightarrow , llaves $\}$, entre otros); también símbolos, como representaciones gráficas acordadas por la comunidad científica de la especialidad (*eg.* σ como símbolo que representa el sexo masculino y ρ el femenino; un alelo dominante simbolizado mediante una letra convenida y en mayúscula, por ejemplo, *B*, y un alelo recesivo, siguiendo la misma convención, por esa letra en minúscula –*b*-). En la Figura 26 se muestran ejemplos de dibujos figurativos (con signos y/o símbolos).



A

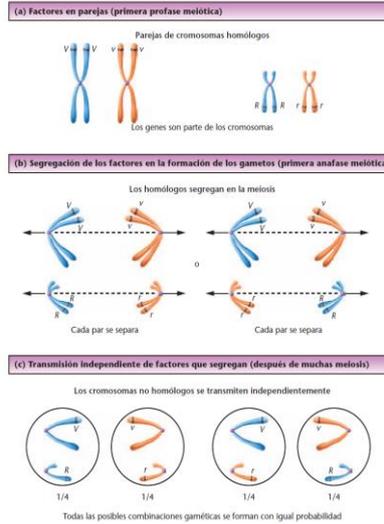


FIGURA 3.11 Correlación entre los postulados mendelianos de (a) parejas de factores, (b) segregación y (c) transmisión independiente con la presencia de genes localizados en cromosomas homólogos y su comportamiento en la meiosis.

B

Figura 27. Dibujo esquemático. A. Con signos, Tb1 (p.255). B. Con signos y símbolos, Tc2 (p. 56).

- Diagramas

Organigrama. Los diagramas del tipo organigrama son representaciones donde los elementos que lo componen son recuadros/círculos a modo de cajas/bloques, relacionadas mediante ciertas conexiones lógicas; permiten el análisis de las relaciones que se establecen entre ellas. Ejemplos: herencia de un rasgo mediante cruzamientos genéticos, relaciones de parentesco y patrones de herencia en una familia o pedigrí (Figuras 28 y 29).

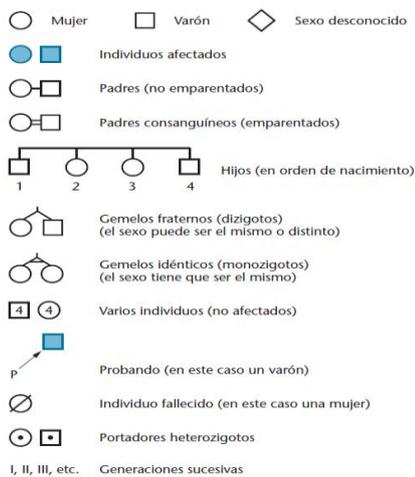


FIGURA 3.13 Convenciones que se encuentran normalmente en genealogías humanas.

A

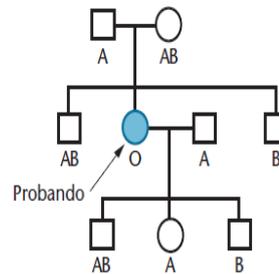


FIGURA 4.3 Genealogía parcial de una mujer que presenta el fenotipo Bombay. Funcionalmente, su grupo sanguíneo ABO se comporta como del tipo O. Genéticamente ella es del tipo B.

B

Figura 28. Organigramas. A. Convenciones típicas para árboles familiares, genealogías o pedigrí, Tc2, p.63. B. Pedigrí de enfermedad hereditaria de la sangre –fenotipo Bombay- en humanos (Tc2, p. 80).

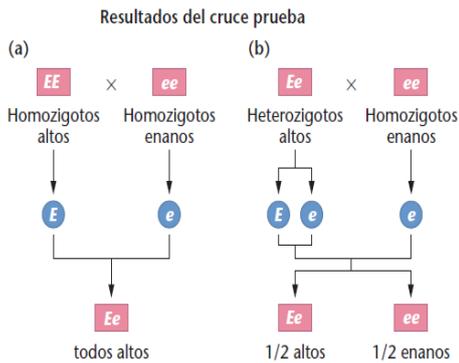


FIGURA 3.4 Cruce prueba para un solo carácter. En (a) el padre alto es homocigoto. En (b) el padre alto es heterocigoto. Se puede determinar el genotipo de cada padre alto examinando los descendientes del cruce con una planta enana homocigota recesiva.

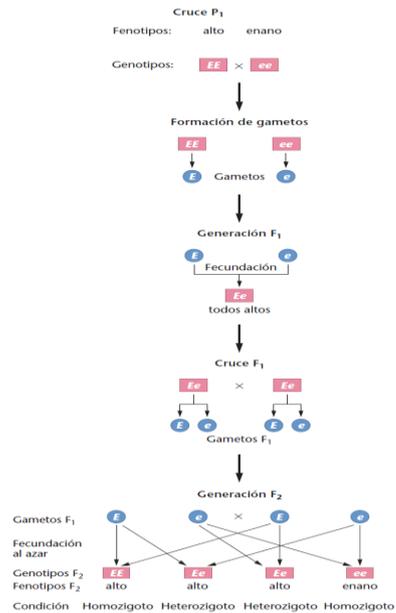


FIGURA 3.2 El cruce monohíbrido entre plantas de guisante altas y enanas. Los símbolos *E* y *e* se utilizan para designar a los factores alto y enano, respectivamente, en los genotipos de las plantas adultas y de los gametos. Todos los individuos se muestran dentro de un rectángulo, y los gametos dentro de un círculo.

Figura 29. Ejemplos de organigrama. A. Cruzamiento de prueba para un solo carácter (Tc2, p. 49). B. Cruzamiento monohíbrido en plantas de guisante (Tc2, p. 47).

- **Combinaciones.** Corresponden a imágenes en las que se combinan algunas de las cuatro categorías anteriores.

Ejemplos de combinaciones:

- Dibujo figurativo con signos/símbolos + dibujo esquemático con signos/símbolos (Figura 30).

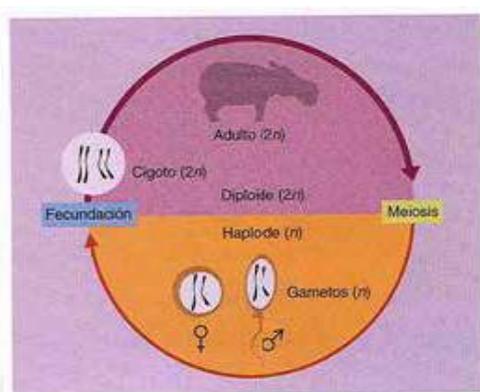


Fig. 7-12. LA REPRODUCCIÓN SEXUAL: FECUNDACIÓN Y MEIOSIS. La reproducción sexual se caracteriza por dos hechos: la meiosis y la unión de los gametos, o fecundación. Las células resultantes de la meiosis tienen una sola dotación cromosómica, o sea, un número haploide de cromosomas (*n*). Luego de la fecundación, el cigoto tiene una dotación cromosómica doble, o sea, un número diploide (*2n*).

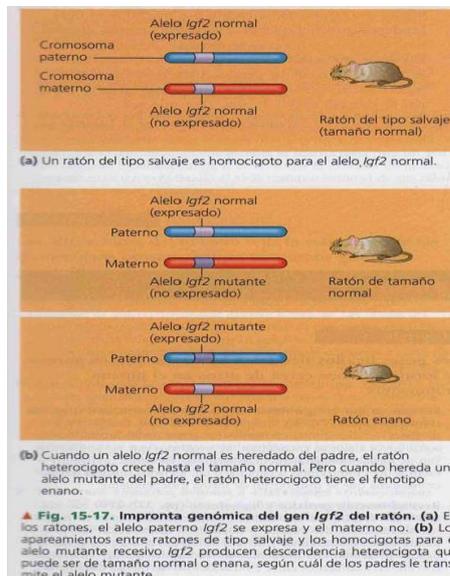


Fig. 15-17. Impronta genómica del gen *Igf2* del ratón. (a) En los ratones, el alelo paterno *Igf2* se expresa y el materno no. (b) Los apareamientos entre ratones de tipo salvaje y los homocigotos para el alelo mutante recesivo *Igf2* producen descendencia heterocigota que puede ser de tamaño normal o enana, según cuál de los padres le transmite el alelo mutante.

Figura 30. Dibujo figurativo (con signos/símbolos) + Dibujo esquemático (con signos/símbolos). A. Tb2, p. 137. B. Tb1, p.289.

- Dibujo figurativo + signos/símbolos + Fotografía (Figura 31, A).
- Dibujo figurativo con signos/símbolos + Dibujo esquemático con signos/símbolos + Fotografía (Figura 31, B).

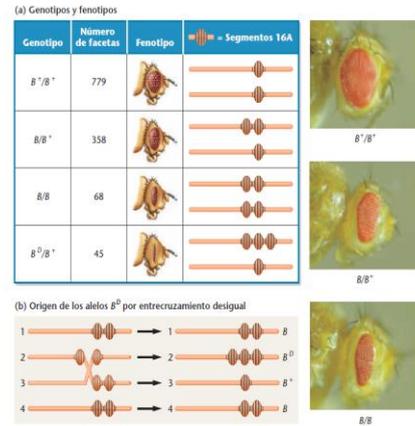
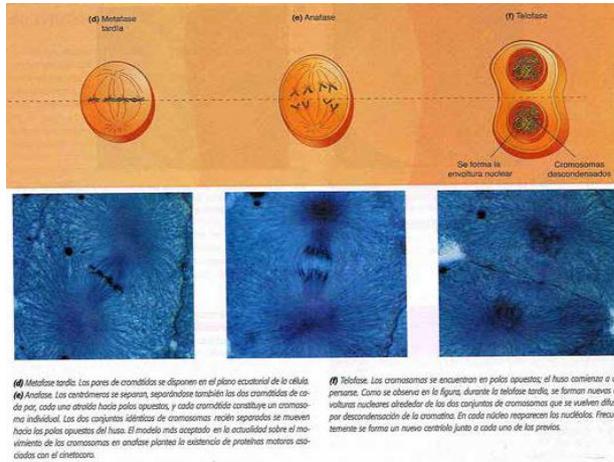


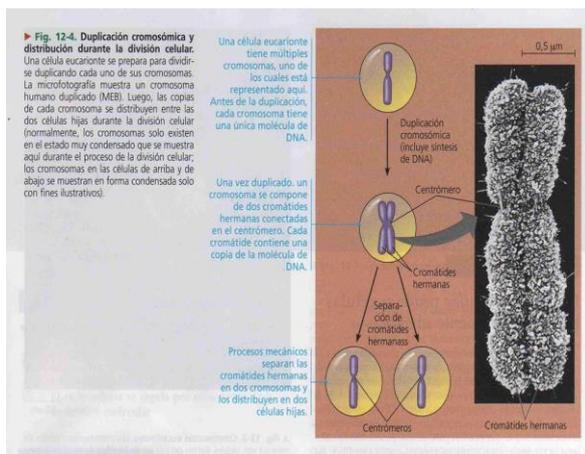
FIGURA 8.18. Los genotipos duplicados dan lugar al fenotipo ojo Bar en *Drosophila*. Las fotografías muestran los dos fenotipos de ojos Bar y el de tipo silvestre (B^+/B^+). (b) Origen del alelo B^P (doble Bar).

A

B

Figura 31. Dibujo figurativo + signos + Fotografía (Tb2, p.135). B. Dibujo figurativo con signos/símbolos + Dibujo esquemático con signos/símbolos + Fotografía (Tc2, p. 230).

- Dibujo esquemático + signos/símbolos + Fotografía (Figura 32, A).
- Organigrama + signos/símbolos + Gráfico (Figura 32, B).



A

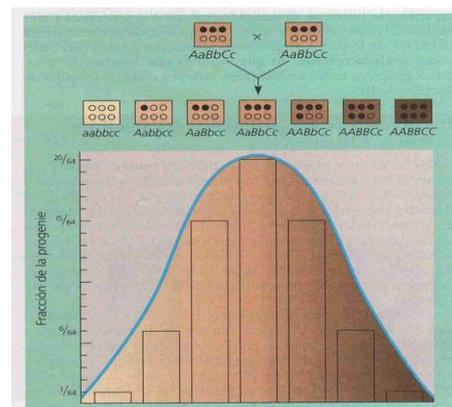


Fig. 14-12. Modelo simplificado para la herencia poligénica del color de la piel. De acuerdo con este modelo, tres genes afectan de forma separada al color de la piel. Los individuos heterocigotos ($AaBbCc$), representados por los dos rectángulos de la parte superior de esta figura, son portadores de tres alelos de piel oscura (círculos negros) y tres de piel clara (círculos claros). Por encima del gráfico se muestran las variaciones en el genotipo y el color de la piel que se pueden presentar en la descendencia de un gran número de apareamientos hipotéticos entre estos heterocigotos. El eje y representa la fracción de la progenie con cada color de piel. Los factores ambientales que afectan el color de la piel nivelan el histograma resultante que es una curva con forma de campana.

B

Figura 32. Ejemplos de dibujos esquemáticos con signos/símbolos combinados con fotografías o con gráficos. A. Dibujo esquemático + signos + Fotografía, con referencia a tipo de microscopía utilizada donde se referencia que esta corresponde a MEB -Microscopía Electrónica de Barrido- (Tb1 p. 220). B. Organigrama + signos/símbolos + Gráfico (Tb1, p. 263).

- Organigrama + Fotografía (Figura 33).

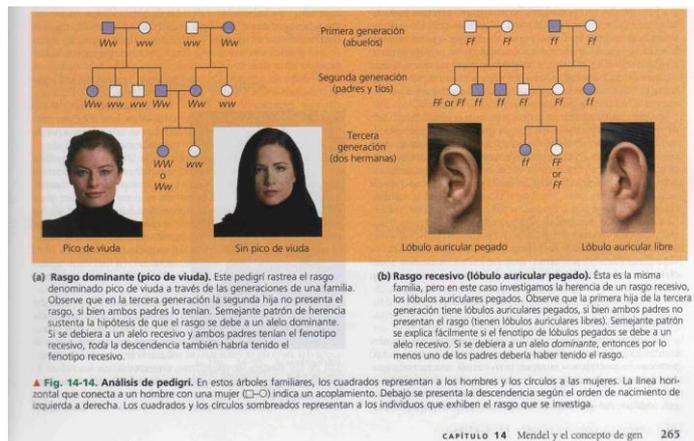


Figura 33. Ejemplo de Diagrama/Organigrama + Fotografía. Árboles familiares o pedigrí en la especie humana (Tb1, p.265).

Si bien los desarrollos precedentes resultan explicativos, con la intención de otorgar fiabilidad a la investigación y de soslayar la subjetividad, en el capítulo correspondiente a los resultados (Capítulo 3), se presentan imágenes de los textos analizados, asistiendo al proceso de análisis.

Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto

Las imágenes sobre gameto se examinaron en primer lugar, siguiendo los cuestionamientos presentes en la ficha o protocolo específico, orientador del estudio. En el mismo se contempla:

1. ¿Se presentan imágenes en forma de dibujos, fotografías que representan a los gametos? Si/NO
2. ¿Cuáles son sus características? (¿tienen detalles/referencias/diferencias de tamaño?)
 - Imagen con detalles y referencias:
 - A. Células de distinto tamaño.
 - B. Células de igual tamaño.
 - C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto.
 - Imagen sin detalles ni referencias:
 - A. Células de igual tamaño.
 - B. Células de distinto tamaño.
 - C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto.

3. ¿A qué especies o grupos remiten o vinculan? (al hombre, a los mamíferos, a otras especies).

Con estas cuestiones se trata de averiguar el contexto en el que aparecen estos conceptos o si éstos se presentan de forma aislada sin una vinculación clara a otros procesos. También se trata de conocer si se describen procesos concretos y si los autores dan explicaciones, más o menos amplias, más allá de la simple descripción.

Para el análisis de las imágenes de gameto presente en los textos se siguió además una taxonomía de elaboración propia y específica para estas temáticas (Tabla 22), siguiendo las clasificaciones de Postigo y Pozo (2000), Perales y Jiménez (2002), entre otros autores. La misma resultó de un proceso de adaptación a las características de las imágenes sobre temas genéticos y es la misma que se utilizó para el análisis de las representaciones gráficas presentes en los textos sobre meiosis, simbología y cruzamientos genéticos; por esta razón sus fundamentos se desarrollan en los apartados siguientes.

Tabla 22. Taxonomía seguida para el análisis de las imágenes

Iconicidad	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Fotografía (sin y con signos)					
Dibujo Figurativo + Signos/Símbolos					
Dibujo Esquemático + Signos/Símbolos					
Dibujo Figurativo + Signos + Fotografía					
Dibujo Esquemático + Signos + Fotografía					
[Dibujo Figurativo + Signos/Símbolos] + [Dibujo Esquemático + Signos/Símbolos]					
Dibujo Esquemático + Signos + Gráfica					

Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis.

Aquí, siguiendo el protocolo o ficha, se observó:

- ¿Cuáles son las características de las imágenes utilizadas en el texto y en qué orden son presentadas de acuerdo a su complejidad? (Adecuada/Creciente, inadecuada).
- ¿Cuál es su relación con el texto escrito? (adecuada, inadecuada, ausente)
- ¿Se recurre a las imágenes para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos? Si (describir)/No
- ¿Se establecen relaciones entre estas temáticas mediante el uso de imágenes? Si (describir)/No

Además, se extractó otro tipo de información cualitativa sobre las ilustraciones encontradas en los apartados que abordan el proceso meiótico en los textos analizados, como el orden en que se presentan las imágenes según su complejidad, la relación de las imágenes con el texto escrito. También el uso que se hace de las imágenes para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos.

Toda la información obtenida se recopiló en forma de una tabla contenedora de las características encontradas en las ilustraciones sobre meiosis presentes en los textos (Tabla 23).

Tabla 23. Características de las ilustraciones sobre meiosis presentes en los textos.

Imágenes Meiosis	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Características vinculadas a su iconicidad					
Relación con el texto principal (connotativa, denotativa o sinóptica)					
Funcionalidad (inoperante, operativa, sintáctica)					
Etiquetas verbales (con etiqueta verbal –nominativa o relacional- y sin etiqueta verbal)					
Orden y ubicación en que se presentan las imágenes según su complejidad					
Uso de las imágenes para interpretar las leyes de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos					
Relaciones establecidas entre información genética, meiosis y gametos					

Representaciones no textuales. Simbología y cruzamientos genéticos/problemas

Simbología

Cuando se hace referencia a un símbolo se indica un término, un nombre o una imagen que puede ser conocido por poseer un significado común o corriente, propio de la vida, pero que además puede ser tomado como representativo de connotaciones específicas y significativo de las mismas. También se denominan símbolos a las abreviaciones constituidas mediante grafías o letras. Los símbolos, a diferencia de las abreviaturas, no se escriben con un punto pospuesto. Consisten en la representación no verbal de una idea y sintetizan dicha idea; surgen de un proceso de convención entre los actores de un grupo social que le otorgan un mismo significado a dicho símbolo. Este puede ser de un elemento gráfico, visual, auditivo o figurado y, a diferencia de los signos, no guardan una relación de semejanza con la idea a representar, sino una relación conceptual y metafórica (RAE, 2018). En el ambiente científico y técnico por símbolo se alude a una representación gráfica de nociones científicas que describen operaciones, abstracciones de un concepto de carácter científico o técnico que

puede estar constituida por una o más letras u otros signos no alfabetizables con difusión internacional. Tal es el caso de los símbolos químicos (ej. C, Na, Fe, H), símbolos matemáticos ($\%$, $=$, $+$, $f(x)$, \neq , ∞), las unidades (ej. m, kg, l), los puntos cardinales (ej. N, S, E, O), los símbolos de monedas (ej. \$, €), los símbolos biológicos (σ , ρ , I, *, Rh+, Rh-), entre otros. Su fin fundamental es simplificar la escritura en la comunicación de ideas relativas a conocimientos generados y en circulación que surgen de áreas disciplinares concretas.

Sobre la base de lo expresado, en este apartado se contemplaron las siguientes cuestiones establecidas en el protocolo de análisis para la simbología:

- a. ¿Cuáles son las características de los símbolos y otras representaciones no textuales utilizadas en el texto? ¿Y su relación con las representaciones textuales?
- b. ¿Se identifica en ellos, o ejemplifican claramente las vinculaciones entre meiosis, formación de gametos, segregación de caracteres y distribución independiente de los alelos? Si (describir)/No
- c. ¿Se establecen relaciones con las mismas que sienten las bases para interpretar las leyes de la herencia? Si (describir)/No

Se observó en particular el uso de la simbología propia de la genética como modo de representación gráfica, las imágenes asociadas a ellos y los modos de vinculación con los componentes textuales y no textuales. Toda la información extractada fue reunida en una tabla con el objeto facilitar su análisis (Tabla 24).

Tabla 24. Características relacionadas al uso de símbolos e imágenes asociadas en los textos básicos y complejos.

Símbolos e imágenes asociadas	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Modo de introducción de la simbología					
Relación con el texto principal de la imagen que introduce la simbología					
Funcionalidad de la imagen que introduce la simbología					
Etiquetas verbales de la imagen que introduce la simbología					
Uso de estas representaciones simbólicas para establecer vinculaciones entre meiosis, formación de gametos, segregación de caracteres y distribución independiente de los alelos					
¿Se relacionan texto e imagen en función de interpretar las leyes de la herencia?					
Si (describir)/No					

Cruzamientos genéticos/problemas

Para este núcleo el protocolo contempló:

- a. ¿Cuáles son las características, rasgos o caracteres utilizados en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos?
- b. ¿Se presentan a modo de ejemplos, desarrollos de resolución de problemas de diferente tipo?
- c. Cuáles son las modalidades de problema utilizados? (problemas cerrados, problemas abiertos) ¿En qué parte del capítulo se presentan? ¿Qué características sobresalen en ellos?

Atendiendo a la caracterización de problemas abiertos o efecto-causa y cerrados o causa-efecto realizada en el Capítulo 1 (Marco Teórico), para agrupar los problemas presentes en los textos se procedió a clasificarlos en modalidades de diferente tipo en relación a la forma de resolución y demanda cognitiva que requieren, siguiendo la clasificación establecida por Stewart (1988) y las recomendaciones realizadas por Ibañez Orcajo (2002); en este sentido, observando los requerimientos observados en los problemas formulados en los textos bajo análisis, se estableció una tercer modalidad que permitiera ubicar allí a los problemas de modalidad mixta, es decir que contuvieran ítems abiertos y cerrados y que se proponen como parte de las propuestas para el lector (Tabla 25).

Tabla 25. Modalidad o tipo de problemas genéticos presentes en los textos bajo análisis.

Modalidad o tipo de problema	Definición
Tipo I	Es un problema cerrado de modalidad directa o causa efecto
Tipo II	Es un problema abierto de modalidad más compleja o efecto causa
Tipo III	Combinación de problema cerrado y abierto

En las obras se analizó también el uso de árboles genealógicos o pedigrís, los cuales han sido destacados por su valor didáctico en relación a desarrollos abiertos de problemas (Iñiguez Porras, 2005). La información obtenida de esta valoración cualitativa fue almacenada en tablas, una más general (Tabla 26) que recopila las características utilizadas en los textos para ejemplificar cruzamientos genéticos y otra, contenedora, además, de los sectores (capítulos, páginas) de cada obra portadores de esos datos de interés (Tabla 27).

Tabla 26. Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos

Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
---	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 27. Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos.

Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos	Sectores portadores de información en Tb1	Sectores portadores de información en Tb2	Sectores portadores de información en Tb3	Sectores portadores de información en Tc1	Sectores portadores de información en Tc2
---	---	---	---	---	---

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Introducción

En este capítulo se presentan los resultados del estudio realizado; los mismos se han ordenado, agrupado y relacionado de acuerdo a los objetivos de la investigación. Teniendo en cuenta que los datos recogidos en el trabajo de campo son susceptibles de diversas clasificaciones, la que se presenta es una síntesis de los hechos observados, que no es única, pero que se ha dispuesto de la forma que se ha creído conveniente a los fines de este trabajo. Sobre esta base, la información recogida no agota el proceso de investigación, destacándose sus características respecto a las finalidades del presente estudio, estableciendo predicciones que se pueden deducir a partir de ella. La agrupación de los datos recogidos a través de las distintas fuentes pone de manifiesto las características del objeto de esta investigación.

La Primera Sección de Resultados refleja desde un punto de vista comparativo la realidad que nos muestra el grupo bajo estudio a partir de los datos que brindó el cuestionario. El objeto fue deducir resultados de interés para el trabajo, observando los datos obtenidos según el nivel de la carrera de los sujetos que participaron de la investigación. Durante el análisis se buscó hacer explícitas las propiedades, notas o rasgos significativos atendiendo a las finalidades de este estudio, por ello se presentan también los hallazgos referidos a aspectos de índole subjetiva y vinculada a la toma de decisiones de los alumnos consultados en relación a los procesos de enseñanza y aprendizaje de los temas objeto análisis. En los casos en que se consideró oportuno, se incluyeron respuestas (o fragmentos de estas), con el fin de ilustrar algunos de los puntos. En esta instancia es preciso adelantar que se van a presentar dichos resultados con interpretaciones parciales de los mismos, las cuales serán retomadas en el Capítulo 4 (Discusión).

En la Segunda Sección se expone la información obtenida a partir del análisis de bibliografía específica, respecto al tratamiento o abordaje de los fundamentos de Genética en los libros de texto de uso habitual en la Enseñanza Superior.

Primera sección. El cuestionario

Los conceptos centrales del campo de la genética a partir de los saberes detectados en los estudiantes mediante la técnica de encuesta modalidad cuestionario

Como se expuso en el capítulo anterior (Metodología), los cuestionarios se administraron a estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE (UNLP), sobre una población de 53 alumnos que cursan diferentes años de la carrera. Los estudiantes fueron agrupados en dos niveles (“alumnos noveles o novatos” y “alumnos avanzados”); como también se anticipó en el mismo capítulo, se construyeron categorías en base a los aspectos mencionados por los estudiantes. Estas categorías fueron definidas y codificadas de acuerdo a las características de cada ítem. En lo que sigue, y atendiendo a lo ya expresado, se desarrollarán los resultados obtenidos para cada punto del cuestionario.

En el enunciado del punto 1 del cuestionario se planteó a los estudiantes:

El concepto gameto/gameta es básico para la comprensión de otros conceptos de mayor complejidad.

- a) *Si tuvieras que explicar a tus alumnos qué es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?*
- b) *¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?*
- c) *¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?*
- d) *Dibuja un gameto masculino y uno femenino*

Para el ítem 1.a. *Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?*, como resultado del proceso de transcripción y análisis de las respuestas de los estudiantes, se obtuvo la secuencia de categorías que se presenta en la Tabla 28, en la que figuran la cantidad de respuestas para cada nivel o categoría discriminadas según frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual:

Tabla 28. Concepto de gameto/gameta. Respuestas de los alumnos al ítem 1.a. *Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 2. Tipo de célula de que se trata. Nivel 3. Nivel 2 + ploidía de la célula y/o procesos implicados. Nivel 4. Ausencia de respuesta.

Categoría	Frecuencia total del respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia de estudiantes noveles	Frecuencia porcentual de estudiantes noveles	Frecuencia estudiantes avanzados	Frecuencia porcentual estudiantes avanzados
Nivel 1	8	15	6	15	2	14
Nivel 2	26	49	21	54	5	36
Nivel 3	18	34	11	28	7	50
Nivel 4	1	2	1	3	0	0
N=	53		39		14	

En la Figura 34 se observa que de todos los estudiantes encuestados sólo uno novel se ubica en la categoría de nivel 4, dado que no responde al punto 1.a, en tanto que la categoría de nivel 1 se encuentra representada con baja frecuencia sobre el total, con un leve predominio de alumnos noveles sobre avanzados; aquí se agruparon diversas expresiones (incorrectas, vagas, imprecisas o poco concretas) que se catalogaron como respuestas indecuadas (RI) tales como *“Comenzaría explicando su función y su composición”*, *“es una célula sexual que contiene toda la información genética y la cual va a permitir por medio de la fecundación”*, *“una célula que ayuda a la fecundación”*, *“Las gametas son células sexuales haploides que se producen por medio de la meiosis en los organismos pluricelulares y por medio de la mitosis en los organismos unicelulares”*. Por otra parte, más de la mitad del alumnado novel se ubica en la categoría 2, de nivel más simple en relación a la categoría de nivel 3 que tiene un predominio de estudiantes avanzados; para la categoría 2 se definen los gametos considerando sólo un aspecto, que corresponde al tipo de célula de que se trata. Así, con matices, la señalan como una célula reproductora o sexual (óvulo y espermatozoide o gametos femeninos y masculinos) que al unirse forman un cigoto y originan un nuevo individuo. La categoría 3, con un nivel mayor de complejidad en la respuesta, es citada por poco más de la cuarta parte de los estudiantes noveles y la mitad de los alumnos avanzados; ellos indican que se trata de una célula sexual con una ploidía particular, pero además aluden a su importancia dado que contiene la información genética del progenitor. En las respuestas que emiten refieren que *“Las gametas son células reproductoras con la mitad del número de cromosomas, que se obtiene a partir del proceso de meiosis, el número de cromosomas se restituirá, en el momento de la fecundación, la cual dará lugar a diferentes procesos que llevarán a la formación de un nuevo individuo”*, *“Son células sexuales que poseen la mitad del número cromosómico que caracteriza a la especie, condición denominada haploide (n). De esta manera portan la información hereditaria de los progenitores para combinarse y formar un nuevo individuo”*, entre otras expresiones. Las expresiones dan cuenta de respuestas de elaboración más compleja y de tipo integral.

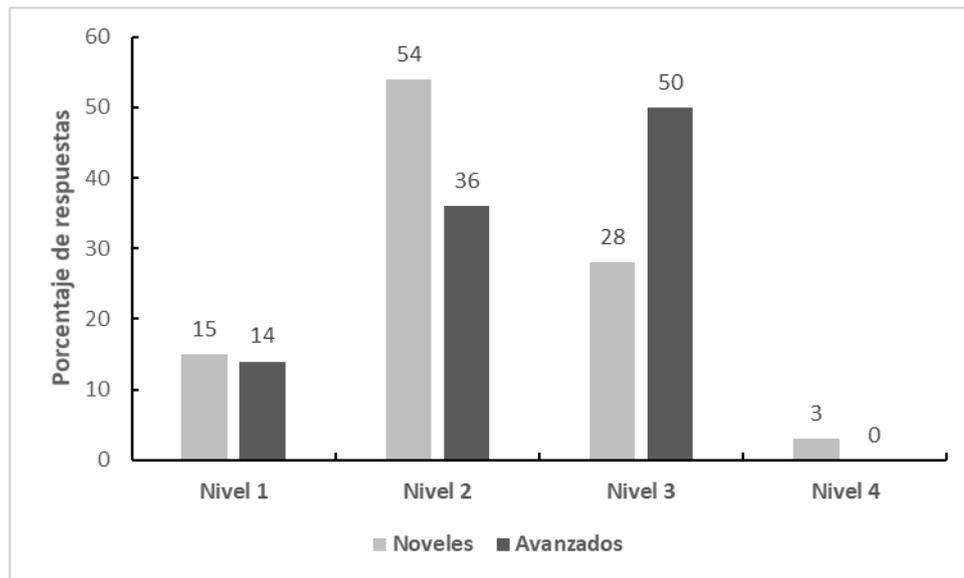


Figura 34. Concepto de gameto/gameta. Respuestas de los alumnos al ítem 1.a. *Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto/gameta ¿Qué les dirías?* (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 2. Tipo de célula de que se trata. Nivel 3. Nivel 2 + ploidía de la célula y/o procesos implicados. Nivel 4. Ausencia de respuesta. Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

Como síntesis se observa que la mayoría de los estudiantes se ubican en las categorías 2 y 3. La prevalencia de respuestas que corresponden al nivel 2 se da en los alumnos que transitan los primeros años de la carrera; estas son más simples que las emitidas por una mayoría de estudiantes del último tramo que, por su complejidad, resultan de nivel 3.

En el caso del ítem 1.b. *¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?*, la secuencia de categorías obtenida para la función de los gametos se presenta en la Tabla 29, en la que figuran la cantidad de respuestas para cada nivel o categoría discriminadas según frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual.

Tabla 29. Función de los gametos. Respuestas de los alumnos al ítem 1.b. *¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuestas Inadecuadas (RI). Nivel 2. Relativas al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión/fusión/fecundación y/o a sus consecuencias inmediatas (origen de un cigoto/nuevo individuo, determinar el sexo). Nivel 3. Vinculadas a su rol en la transmisión de información hereditaria/ genética, variabilidad genética en la descendencia. Nivel 4. Nivel 2 y/o 3 incluyendo otros aspectos como la continuidad de la vida y su importancia para la especie (mantener el número diploide característico de una especie, supervivencia, perpetuación de la especie). Nivel 5. Ausencia de respuesta.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	2	4	2	5	0	0
Nivel 2	24	45	22	56	2	14
Nivel 3	13	25	7	18	6	43
Nivel 4	13	25	7	18	6	43
Nivel 5	1	2	1	3	0	0
N=	53		39		14	

La frecuencia porcentual se representa en el Figura 35.

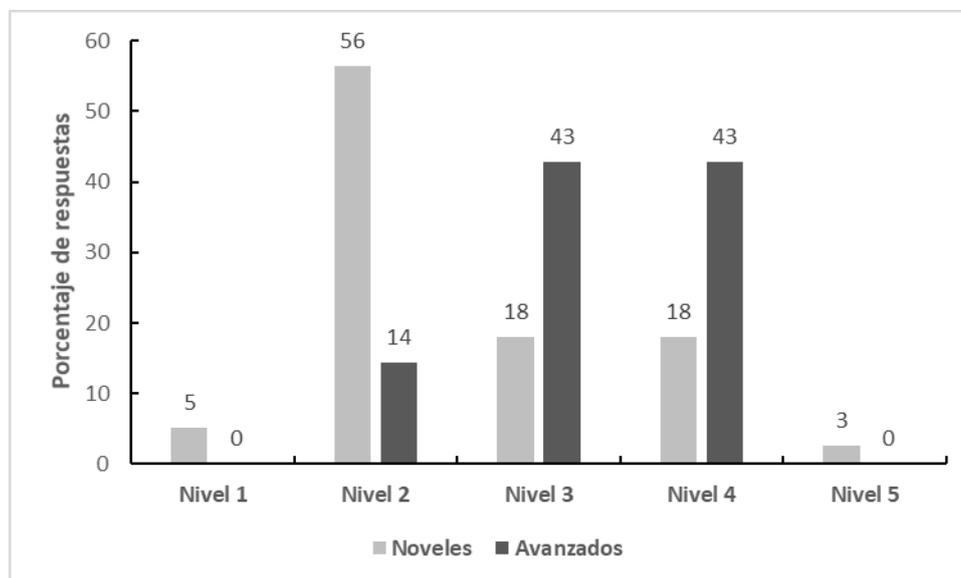


Figura 35. Función de los gametos. Respuestas de los alumnos al ítem 1.b. *¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?* (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuestas Inadecuadas (RI). Nivel 2. Relativas al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión/fusión/fecundación y/o a sus consecuencias inmediatas (origen de un cigoto/nuevo individuo, determinar el sexo). Nivel 3. Vinculadas a su rol en la transmisión de información hereditaria/ genética, variabilidad genética en la descendencia. Nivel 4. Nivel 2 y/o 3 incluyendo otros aspectos como la continuidad de la vida y su importancia para la especie (mantener el número diploide característico de una especie, supervivencia, perpetuación de la especie). Nivel 5. Ausencia de respuesta. Prueba exacta de Fisher $P < 0,05$.

La categoría de Nivel 1 (RI), es considerada en un pequeño porcentaje (5%) por los estudiantes noveles; para el caso de la categoría de Nivel 2, que nuclea respuestas relativas al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión, fusión o fecundación y a

sus consecuencias inmediatas como son el origen de un cigoto, de un nuevo individuo o determinar el sexo, se observan diferencias en ambos niveles encuestados. Los mayores porcentajes de adhesión se dan en estudiantes noveles (56%), siendo menores en los alumnos avanzados en la carrera (14%). Son variadas las expresiones utilizadas por los alumnos que los ubican en dicho nivel: *“La función es la creación de un nuevo individuo. A partir de la unión de los gametos se forma el cigoto y de él el individuo”*, *“Los gametos contienen toda la información necesaria para que, al unirse a la gameta del otro sexo, se pueda crear un nuevo ser”*. El 18% de los estudiantes noveles y el 43% de los avanzados se ubican en la categoría de Nivel 3, donde se agrupan respuestas vinculadas al rol de los gametos en la transmisión de información hereditaria/genética, variabilidad genética en la descendencia (*“La transmisión de la información genética y con esto propiciando la variabilidad genética”*). La categoría de Nivel 4 comprende respuestas de nivel 2 y/o 3 que además incluyen otros aspectos de interés como el valor de los gametos para la continuidad de la vida y su importancia para la especie asociada a mantener el número diploide característico de una especie, a su supervivencia y perpetuación (*“La función de los gametos es la de intervenir en la reproducción sexual de un organismo, aumentando la variabilidad genética (y con ella la posibilidad de supervivencia) dado que a partir de la unión de un gameto de cada sexo se produce un organismo diferente del progenitor”*, *“Su función es que la unión con otra gameta perpetúa la especie y produce una mayor variabilidad”*); se sitúan en esta categoría el 18% de los estudiantes noveles y el 43% de los avanzados. La categoría de Nivel 5 (ausencia de respuesta) se presentó con un porcentaje bajo en el grupo de noveles.

Se destaca entonces aquí, que en la categoría de Nivel 2, de grado más simple, se encuentra a un poco más de la mitad de los alumnos noveles; en las categorías de Nivel 3 y 4, que incorporan aspectos más complejos (especialmente la categoría 4) se distribuyen el 36 % de los noveles y el 86 % de los avanzados, prevaleciendo los noveles en la categoría de nivel 3 y los avanzados en la de nivel 4.

Con respecto al ítem 1.c. *¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?*, orientado a explorar saberes relacionados a modalidades de abordaje para tratar el origen de los gametos, las respuestas para cada nivel o categoría se presentan discriminadas según frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual en la Tabla 30.

Tabla 30. Origen de los gametos. Respuestas de los alumnos al ítem 1.c. *¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1.

Respuestas Inadecuadas (RI). 2. Mediante el proceso de Meiosis/ Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis) / células resultantes de Meiosis/Gametogénesis. 3. Mediante el proceso de Meiosis (ovogénesis y espermatogénesis) mencionando o describiendo algún aspecto importante como reducción cromosómica, entrecruzamiento, distribución al azar de los genes. 4. Respuesta concreta respecto al abordaje didáctico con los alumnos. 5. Ausencia de respuesta.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	11	21	8	21	3	21
Nivel 2	12	23	10	26	2	14
Nivel 3	15	28	11	28	4	29
Nivel 4	12	23	7	18	5	36
Nivel 5	3	6	3	8	0	0
N=	53		39		14	

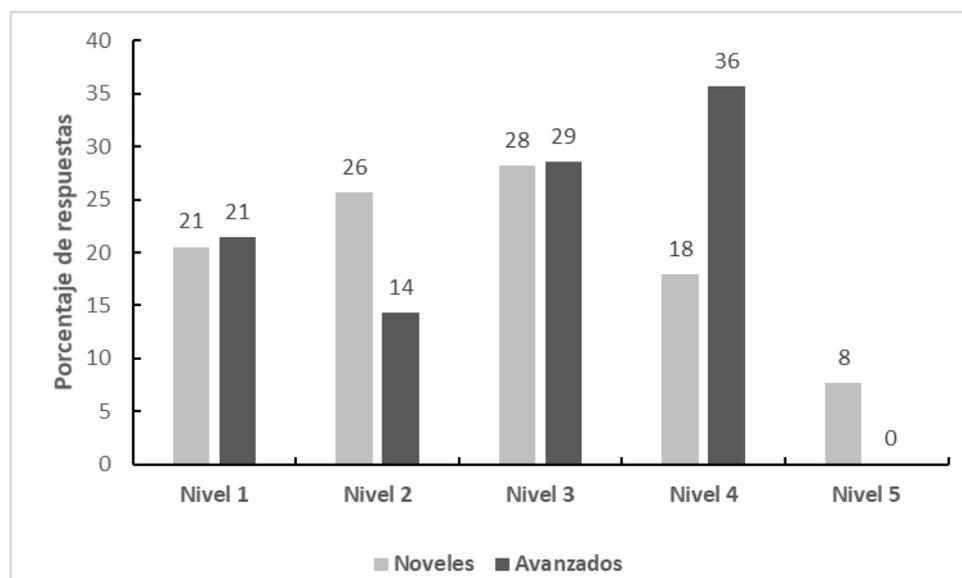


Figura 36. Origen de los gametos. Respuestas de los alumnos al ítem 1.c. *¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?* (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuestas Inadecuadas (RI). Nivel 2. Mediante el proceso de Meiosis/ Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis) / células resultantes de Meiosis/Gametogénesis. Nivel 3. Mediante el proceso de Meiosis (ovogénesis y espermatogénesis) mencionando o describiendo algún aspecto importante como reducción cromosómica, entrecruzamiento, distribución al azar de los genes. Nivel 4. Respuesta concreta respecto al abordaje didáctico con los alumnos. Nivel 5. Ausencia de respuesta. Prueba exacta de Fisher >0,05.

Al analizar la Figura 36, se encuentra que la frecuencia correspondiente a la categoría de Nivel 1 correspondiente a manifestaciones inespecíficas, confusas o incorrectas que se

tipificaron como respuestas inadecuadas (RI), corresponden al 21% en ambos casos. Para el 26% de los estudiantes noveles y el 14% de los avanzados los gametos se originan mediante el proceso de Meiosis o de Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis), o son células resultantes de la Meiosis o de la Gametogénesis (categoría de Nivel 2); esta modalidad de respuesta, ajustada desde el conocimiento disciplinar, centra adecuadamente el origen de los gametos en la gametogénesis y en el proceso meiótico como mecanismo necesario para que se formen este tipo de células; entre sus expresiones se pueden mencionar *“Se forman mediante un proceso llamado meiosis donde una célula madre (2n) se divide en dos células hijas (n)”*, *“Mediante un proceso llamado gametogénesis, diversas divisiones meióticas”*. Las respuestas catalogadas en la categoría de Nivel 3, presentan un contenido más complejo desde un punto de vista teórico o disciplinar ya que, además de mencionar lo considerado en las respuestas de Nivel 2 (mediante el proceso de Meiosis o Gametogénesis), incorporan o describen algún aspecto importante como la reducción cromosómica, el entrecruzamiento o crossing over, o la distribución al azar de los genes. Esta categoría está representada en porcentajes cercanos al 30% de los encuestados de ambos estratos. Un ejemplo de estas respuestas de elaboración compleja es la que ofrece A7: *“Por un tipo de división celular especial llamado meiosis, donde se producirá un entrecruzamiento y reducción cromosómica a lo largo de sus fases dando como resultado 4 células con la mitad de cromosomas que las células somáticas”*. En la categoría de Nivel 4, que corresponde a una respuesta concreta respecto al abordaje didáctico con los alumnos, se ubica el 18% de alumnos noveles y el 36% de los avanzados a través de enunciados como *“Mediante un proceso especial de división celular, la meiosis, explicaría las características de la división de una forma general, sin muchos detalles ya que no es fácil de comprender. Teniendo en cuenta el curso que tenga y la edad de los chicos. Haciendo hincapié en las diferencias e/ mitosis y meiosis, en la cual ocurre una variabilidad genética y una reducción de cromosomas, haciendo que las células hijas sean diferentes”*, *“Lo explicaría mediante gráficos y varios dispositivos”*, *“Antes que nada buscaría en libros ya que mucho no me acuerdo ahora, explicaría los pasos de las diferentes divisiones y de intercambio de material genético. Y buscaría nombres para cada paso, que sean fáciles de relacionar. También podría hacer una canción con un versito para que eso se les grabe más fácil y sea más entretenido, en youtube hay unos videos re lindos sobre ese tema que se les puede mostrar”*. Por último, el 8% de los estudiantes novatos se inscriben en la categoría de Nivel 5 (Ausencia de respuesta), no estando representados aquí los alumnos avanzados.

En definitiva, el grupo estudiado se distribuye en los distintos niveles destacándose que en los alumnos próximos a egresar se observa un grupo donde prevalece una combinación de saberes académicos y didácticos que los ubica en la categoría 4, en la que también se encuentran representantes noveles.

En relación al punto 1.d. *Dibuja un gameto masculino y uno femenino*, que intenta rastrear las representaciones icónicas de los estudiantes, partiendo del examen de los esquemas de un gameto masculino y otro femenino generados se pudieron identificar diferentes modelos que fueron tomados como categorías de análisis (Tabla 31 y 32).

Tabla 31. Modelos identificados para la consigna 1.d (*Dibuja un gameto masculino y uno femenino*).

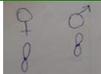
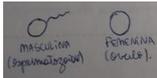
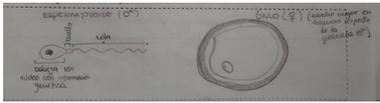
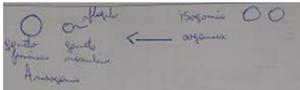
Modelo	Característica o descripción	Esquema representativo
Modelo 1. Inadecuado	Se elaboran esquemas inespecíficos o incorrectos	
Modelo 2. Adecuado, sin detalles	Sin detalles y con variantes respecto al tamaño: A. Células de igual tamaño B. Células de distinto tamaño	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Igual tamaño</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Distinto tamaño</p>  </div> </div>
Modelo 3. Adecuado, con detalles	Con detalles y con variantes respecto al tamaño: A. Células de igual tamaño B. Células de distinto tamaño	<p>Igual tamaño</p>  <p>Distinto tamaño</p> 
Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética	1. Con indicaciones sobre variantes gaméticas según especies o grupos: A. Con detalles B. Sin detalles	<p>Sin detalles</p>  <p>Con detalles</p> 

Tabla 32. Ubicación de los estudiantes en el sistema de categorías para el punto 1.d. del cuestionario.

Punto 1.d. del cuestionario.	Categorías de respuestas	Respuestas estudiantes
Dibuja un gameto masculino y uno femenino	Modelo 1. Inadecuado	N3
	Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles	Igual tamaño N2, N18, N23, N24 Distinto tamaño N1, N4, N14, N15, N21, N25, N27, N28, N29, N30, N31, N32, N34, N35, N39, A1, A3, A5
	Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles	Igual tamaño A2 Distinto tamaño N5, N6, N7, N8, N9, N12, N13, N16, N17, N19, N20, N22, N26, N33, N36, A4, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13
	Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética	Sin detalles N10, N37, A6, A14 Con detalles N38
	No esquematiza	N11

Las producciones de los estudiantes (Tabla 33 y Figura 37) mostraron que la categoría 1, correspondiente a un modelo inadecuado (Modelo 1), se encuentra presente solamente en un estudiante novel (Figura 38, A). Los modelos 2 y 3 resultaron las categorías con mayores niveles de adhesión en los dos grupos de estudiantes; las mismas se caracterizan por un esquema adecuado de tipo heterogameto, en algunos casos sin detalles ni referencias (Figura 38, B), y en otros con detalles y referencias (Figura 38, C y D). Si bien todos se asocian a la tipología oogámica, algunos resultan muy logrados como los dibujos generados por N16 y N33 que contienen elementos de significado que enriquecen la producción resultante. Los alumnos que se inscriben en el Nivel 4 establecen un modelo más dinámico que considera la diversidad gamética en los distintos grupos de seres vivos (Figura 38, E y F).

Tabla 33. Respuestas de los alumnos al ítem 1.d. *Dibuja un gameto masculino y uno femenino*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Modelo 1. Inadecuado. Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles. Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles. Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética. 5. No esquematiza.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia de porcentual de respuesta	Frecuencia de Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual de Estudiantes Noveles	Frecuencia de Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual de Estudiantes Avanzados
Modelo 1.	1	2	1	2	0	0
Modelo 2.	22	42	19	36	3	6
Modelo 3.	24	45	15	28	9	17
Modelo 4.	5	9	3	6	2	4
5.No esquematiza	1	2	1	2	0	0
N=	53		39		14	

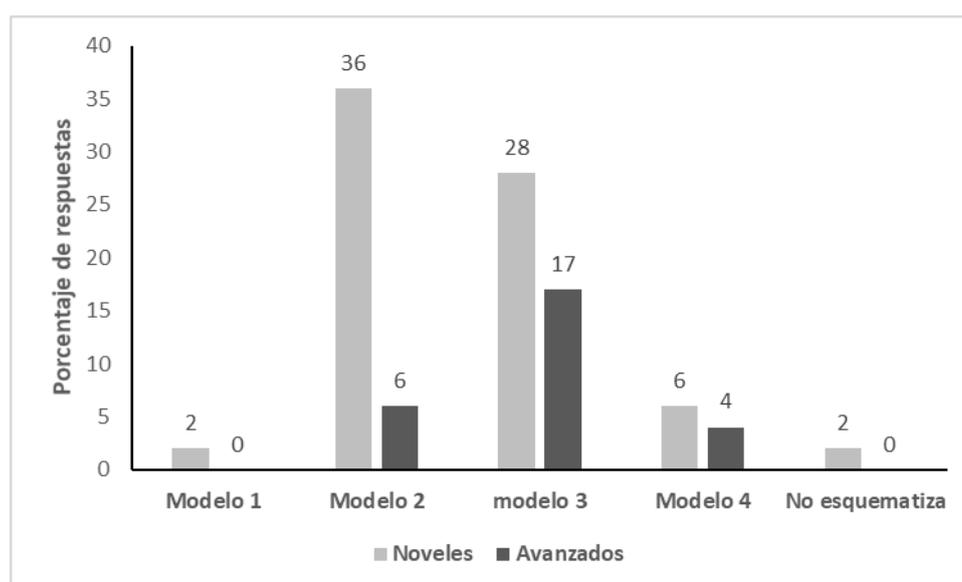


Figura 37. Respuestas de los alumnos al ítem 1.d. *Dibuja un gameto masculino y uno femenino*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Modelo 1. Inadecuado. Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles. Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles. Modelo 4. Adecuado, con diversidad gamética. 5. No esquematiza. Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

Se observa para este ítem un predominio del modelo 2 en estudiantes noveles, aunque el modelo 3 también está representado con valores altos. En alumnos avanzados predominan las producciones correspondientes al modelo 3.

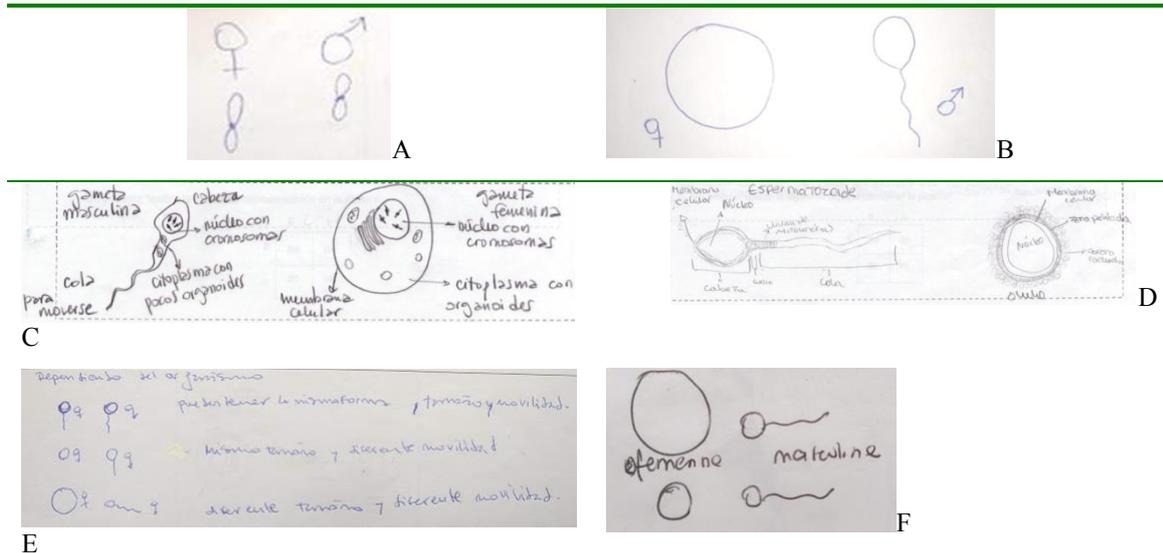


Figura 38. Ejemplos de dibujos de gametos femeninos y masculinos generados por los estudiantes. A. Modelo 1. Inadecuado (N3). B. Modelo 2. Adecuado, heterogameto sin detalles (A5). C y D. Modelo 3. Adecuado, heterogameto con detalles (C. N16 y D. N33). E y F. Modelo 4. Adecuado con diversidad gamética (E. A6 y F. A14).

En el enunciado del punto 2 se planteaba:

Habiendo terminado de explicar la Meiosis, quieres comprobar si los alumnos han comprendido ciertos puntos clave del proceso. Les presentas el problema de una especie hipotética en cuyas células somáticas hay 3 pares de cromosomas, indicándoles que respondan las siguientes preguntas:

- a- *¿Cuántos cromosomas tendrán los gametos?*
 - b- *Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?*
 - c- *¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?*
- ¿Cuáles serían, a tu criterio, las mejores respuestas que podrían dar los alumnos a estas preguntas?**

a-
b-
c-

Las respuestas fueron compiladas en la Tabla 34, y sus frecuencias porcentuales representadas en la Figura 38; allí se observa que el 93 % de los encuestados avanzados y el 72 % de los noveles responden adecuadamente, señalando que las gametas tendrán 3 cromosomas o la mitad del número cromosómico de la célula original (categoría de Nivel 1, RA).

Tabla 34. Respuestas de los alumnos al ítem 2.a. *¿Cuántos cromosomas tendrán los gametos?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Adecuada (RA). Los gametos tendrán 3 cromosomas / un par y medio de cromosomas. Nivel 2. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 3. Ausencia de Respuesta (AR).

Categoría	Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	41	77	28	72	13	93
Nivel 2	7	13	6	15	1	7
Nivel 3	5	9	5	13	0	0
N=	53		39		14	

El 15% de estudiantes noveles y el 7% de los avanzados, emite diferentes respuestas de Nivel 2, inadecuadas (RI): “Los gametos tendrán 6 cromosomas”, “Son tres pares de cromosomas para las gametas”, “Un cromosoma”. Dentro de esta categoría destacan algunas expresiones de 8 alumnos noveles y uno avanzado en las que, además de responder correctamente se ofrece alguna explicación, ampliación o detalle sobre lo que se está preguntando: “Tendrán 3 cromosomas cada gameto ya que se reduce la carga genética” (N9), “Las gametas tendrán 3 cromosomas, ya que serán haploides y contarán con un único juego de cromosomas” (N38), “Si las células somáticas tienen n° diploide y las células sexuales n° haploide, entonces éstas últimas tendrán 3 cromosomas. Células somáticas $2n=6$. Células sexuales $n=3$ ” (A10). Finalmente, la categoría de Nivel 3, con ausencia de respuesta (AR), se presenta solo en alumnos novatos (13%), no estando representada por estudiantes avanzados.

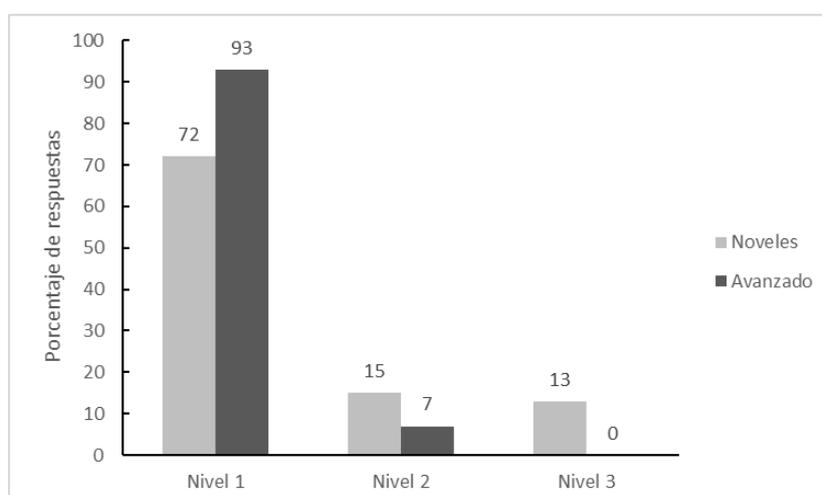


Figura 38. Respuestas de los alumnos al ítem 2.a. (N=53). Categorías: 1. Respuesta Adecuada (RA). Los gametos tendrán 3 cromosomas / un par y medio de cromosomas. 2. Respuesta Inadecuada (RI). 3. Ausencia de Respuesta (AR). Prueba exacta de Fisher $>0,05$.

Se destacan en este caso, las respuestas adecuadas en porcentajes altos, en los dos grupos encuestados, con valores mayores en estudiantes avanzados en la carrera.

Para el ítem 2.b. *Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?* Se encontró que el 69% de estudiantes de los primeros años y el 86 % de los alumnos avanzados en la carrera, responden adecuadamente (RA), indicando que los cromosomas serán simples, es decir formados por una sola cromátida (Tabla 35 y Figura 39).

Tabla 35. Respuestas de los alumnos al ítem 2.b. *Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Adecuada (RA). Los cromosomas serán simples, (formados por una sola cromátida). Nivel 2. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 3. Ausencia de Respuesta (AR).

Categoría	Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	39	74	27	69	12	86
Nivel 2	9	17	7	18	2	14
Nivel 3	5	9	5	13	0	0
N=	53		39		14	

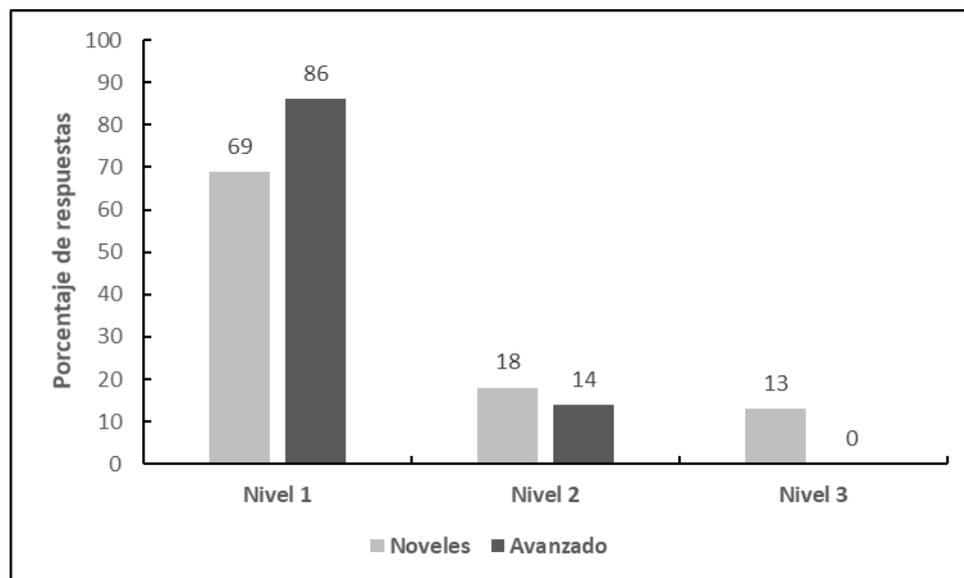


Figura 39. Respuestas de los alumnos al ítem 2.b. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Adecuada (RA). Los cromosomas serán simples, (formados por una sola cromátida). Nivel 2. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 3. Ausencia de Respuesta (AR). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

Un porcentaje bajo (17%) de estudiantes de ambos grupos emite respuestas de Nivel 2, inadecuadas (RI), manifestando que los cromosomas serán dobles, es decir formados por dos cromátidas (18% noveles, 14% avanzados). La categoría de Nivel 3, ausencia de respuesta (AR), se encuentra representada solamente por estudiantes noveles en un 13 %.

En este caso se destaca también la prevalencia de respuestas adecuadas en porcentajes elevados en ambos grupos, con valores más altos en estudiantes próximos al egreso.

En lo que respecta al ítem 2. c. *¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?* el 86 % de los estudiantes avanzados en la carrera, y el 64 % de los alumnos noveles, se ubican en el Nivel 1 indicando adecuadamente (RA) que los gametos serán diferentes a la célula que les dio origen por varios motivos, entre ellos por la reducción cromosómica (poseen la mitad de cromosomas que la célula progenitora o N° haploide de cromosomas), porque generan variabilidad y son diferentes genéticamente; también porque los cromosomas están recombinados a causa del crossing - over que ocurre en la Meiosis I, proceso en el que los cromosomas homólogos intercambian información genética (Tabla 36 y Figura 40).

Tabla 36. Respuestas de los alumnos al ítem 2.c. *¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53).* Categorías: 1. Respuesta Adecuada (RA). Las células hijas serán diferentes a la célula progenitora. Durante su formación en el proceso meiótico se produce la recombinación entre cromosomas homólogos y la segregación independiente de los cromosomas. 2. Respuesta Inadecuada (RI). 3. Ausencia de Respuesta (AR).

Categoría	Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	37	70	25	64	12	86
Nivel 2	6	11	5	13	1	7
Nivel 3	10	19	9	23	1	7
N=	53		39		14	

Un bajo porcentaje (11%) de ambos grupos (13% noveles, 7% avanzados) elabora respuestas inadecuadas (RI), expresando que los gametos conservan las mismas características que las células originales o características parecidas a la célula madre, en tanto que el 23 % de los estudiantes noveles y un 7 % de los alumnos avanzados no responde a este punto (AR).

Una vez más, al igual que para los ítems anteriores, sobresale la categoría de Nivel 1 con respuestas adecuadas en altos porcentajes en los dos grupos, y con valores mayores en estudiantes avanzados en la carrera.

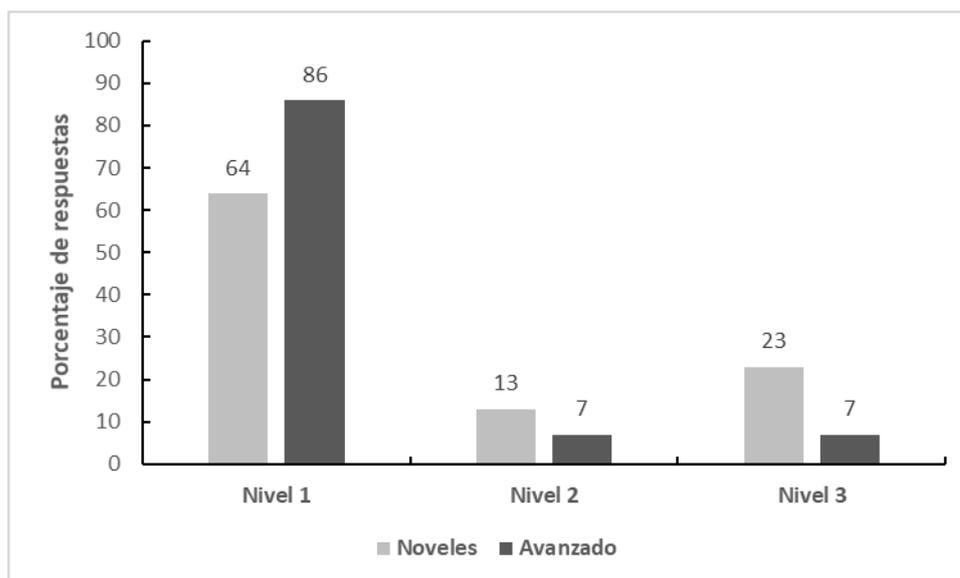


Figura 40. Respuestas de los alumnos al ítem 2.c. (N=53). Categorías: Nivel 1. Respuesta Adecuada (RA). Las células hijas serán diferentes a la célula progenitora. Durante su formación en el proceso meiótico se produce la recombinación entre cromosomas homólogos y la segregación independiente de los cromosomas. Nivel 2. Respuesta Inadecuada (RI). Nivel 3. Ausencia de Respuesta (AR). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

En el punto 3 del instrumento se presentaron a los estudiantes dos imágenes diferentes tomadas de Curtis et al. (2000); en la primera se representan las distintas etapas del proceso meiótico, y en el segundo la fusión de un gameto masculino y otro femenino y la formación del cigoto como resultado de la fecundación. Estas imágenes son utilizadas para presentar una serie de planteos a los alumnos encuestados. Al preguntar *¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas? ¿Por qué? ¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?*, se enfrenta a los estudiantes ante la situación de seleccionar una de las imágenes en función de sus ideas para facilitar o esclarecer la relación entre información genética, meiosis y gametos; se privilegia, además, la expresión de los fundamentos o razones de esta elección y recabar así, información sobre aspectos adecuados o inadecuados que valoran en las imágenes en relación a su función didáctica.

En la Tabla 37 y Figura 41 se observa que al tener que decidir respecto a cuál de las imágenes resulta más apropiada como estrategia, las opciones del alumnado se vuelcan por recurrir a la primera imagen (32%) o al uso combinado de ambas (28%); en este sentido, aproximadamente un tercio de ambos grupos selecciona la imagen del primer esquema (etapas del proceso meiótico) ubicándose en la categoría de Nivel 1 (I1); fundamentan que lo prefieren porque es claro y relaciona los conceptos mencionados. Por ejemplo, N4 indica *“Me parece mucho más fácil y práctico el primer esquema. Está por pasos y es más fácil de entender”*, y A5 dice *“Porque creo que se ve gráficamente y de manera clara el proceso”*.

Tabla 37. Respuestas de los alumnos al punto 3. a. del cuestionario *¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas?* Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. De acuerdo con la estrategia del colega 1. Uso de la 1° imagen: etapas del proceso meiótico (I1). Nivel 2. De acuerdo con la estrategia del colega 2. Uso de la 2° imagen: proceso de fecundación (I2). Nivel 3. De acuerdo con ambas estrategias (I1,2). Nivel 4. No acuerda con la estrategia de ninguno de los colegas (NA). Nivel 5. No responde (NR).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	17	32	12	31	5	36
Nivel 2	11	21	6	15	5	36
Nivel 3	15	28	12	31	3	21
Nivel 4	2	4	1	3	1	7
Nivel 5	8	15	8	21	0	0
N=	53		39		14	

El 15% de los alumnos noveles y el 36% de los avanzados se inclinan por el segundo esquema presentado (proceso de fecundación), correspondiente a la segunda categoría de Nivel 2 (I2); las razones que esgrimen para justificar esta elección son diversas y entre ellas señalan que en la misma se observan los gametos, los que al fecundarse originan una célula con la mitad de la información de cada padre; que el esquema es pertinente para explicar la relación solicitada; valen para ilustrar estas posturas algunas de las argumentaciones de los estudiantes, como *“El segundo esquema me parece más simple, para que se entienda lo fundamental”* (N8), *“Me parece mucho más simple el 2° recuadro, porque en el dibujo tenemos: el espermatozoide con su estado haplonte, en el mismo caso el óvulo (gametos), la separación de cromosomas y la información genética que el cigoto va a tener es un par de cromosomas del padre y un par de la madre”* (N30), *“A mi criterio clarifica concepto de haploide, diploide y la función de las gametas”* (A4). Se observa también que casi un tercio del total de estudiantes se sitúa en la categoría de Nivel 3, representado por quienes acuerdan con ambas estrategias de trabajo (I1,2, 31% noveles y 21 avanzados); algunos de los fundamentos que ofrecen para respaldar esta postura son *“Porque ambos cuadros relacionan dichos temas”* (N3), *“Rescato cosas de ambos esquemas. El primero es importante para ver como se originan las gametas, aunque tal vez sea muy complejo. El segundo es importante para ver la importancia de que las gametas sean haploides y que cuando ocurre la fecundación la célula vuelve a ser diploide”* (N6), *“Uno me muestra como es el proceso de fecundación y que es lo que aporta cada gameto, pero el otro me está mostrando el proceso*

de formación de esos gametos y toda la parte genética” (N27), “Cada esquema representa dos momentos distintos pero sucesivos” (N39); “Ambas estrategias son buenas, pero para explicar temas diferentes” (A2); en tanto un mínimo porcentaje, representado por un integrante de cada grupo, no manifiesta acuerdo con ninguno de los docentes (Nivel 4, NA), como N5, que señala “Ninguno de los dos me explica claramente la relación”, o A1, quien indica “Cada una de las estrategias aporta información de diferentes características del proceso”). Por último, un 21% de alumnos noveles no responde (NR) a esta consigna (Nivel 5).

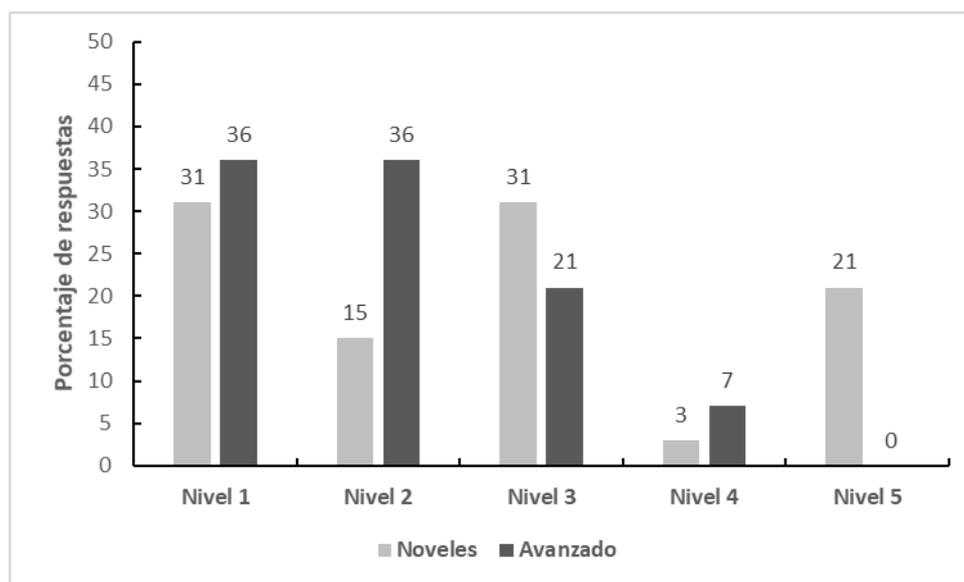


Figura 41. Respuestas de los alumnos al punto 3. a. del cuestionario *¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas?*. Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Nivel 1. De acuerdo con la estrategia del colega 1. Uso de la 1° imagen: etapas del proceso meiótico (I1). Nivel 2. De acuerdo con la estrategia del colega 2. Uso de la 2° imagen: proceso de fecundación (I2). Nivel 3. De acuerdo con ambas estrategias (I1,2). Nivel 4. No acuerda con la estrategia de ninguno de los colegas (NA). Nivel 5. No responde (NR). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

Una mirada más general permite afirmar que las preferencias de los estudiantes noveles se inclinan por la estrategia de uso de la 1° imagen con las etapas del proceso meiótico (I1) o por el uso combinado de las dos imágenes (I1,2), con una buena parte de ellos que no emite respuestas; en cambio la mayoría de los avanzados se orientan por el uso de una (I1) u otra (I2) imagen, con un grupo menor que recurriría al uso de ambas (I1,2).

Las respuestas obtenidas a la pregunta *¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?* resultaron diversas; algunos insisten, en particular estudiantes noveles con lo expresado en el punto anterior respecto a inclinarse por una de las imágenes o por el uso de las dos. Otros destacan aspectos positivos de las mismas, como lo expresado por N20, que sintetiza así el valor potenciado del uso conjunto de ambas imágenes: *“Utilizaría los dos porque uno sería la continuación del otro; el primero explica el proceso de meiosis y como se llega a las células de los gametos y el otro muestra que pasa cuando se unen dos gametos de la misma especie y distinto sexo”*.

También resultan de interés expresiones en cuanto a planteos posibles para trabajar en el aula: *“Primero una definición fácil de lo que significa cada cosa y luego establecería una red conceptual con detalles más específicos”* (N5); *“Presento dos personas, X e Y, ambas poseen células en cuyo núcleo portan la información genética propia, para poder reproducirse deben reducir su carga en el núcleo a la mitad, ya que de otra forma la unión con otra célula opuesta se dificultaría, esta reducción la realiza por medio de la meiosis que da por resultado las gametas, estas gametas ya con la mitad de carga están aptas para unirse con una gameta opuesta también con mitad de carga por intermedio de la fecundación y finaliza con la formación de un cigoto con el n° de carga original dado por la suma de ambas gametas”* (N6); *“Creo que primero hablaría de cada término en particular. ADN-Meiosis-Mitosis-Gametogénesis. Luego relacionaría estos términos entre sí por medio de gráficos, dibujos, etc.”* (N35) *“Utilizaría diferentes herramientas como proyección animada de un video de meiosis, el armado de un esquema de las diferentes etapas con diversos materiales”* (A3); *“A través de gráficos, dibujos y esquemas, para que el alumno pueda ir viendo paso a paso que es lo que va sucediendo con cada cromosoma/ cromátide y pueda comprender el proceso de manera clara y ordenada”* (A4); *“Utilizaría algún juego con plastilinas para armar todas las secuencias con diferentes colores mostrando la relación de cantidad de plastilina con la de ADN, la recombinación con los colores y usaría el esquema como guía”* (A5).

La formulación de estrategias de este tipo, donde se integran saberes y se articulan pensando en una posible intervención didáctica, están mayoritariamente presentes en los planteos de estudiantes avanzados, cuyas respuestas se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Respuestas de estudiantes avanzados al ítem ¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?

ALUMNO	¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?
A1	Se podría combinar ambos cuadros para realizar una explicación más detallada y así se podría modelizar con colores las diferentes partes del ADN (genes) y como terminan formando parte del ADN final del nuevo organismo.
A2	Utilizaría el primer esquema para explicar meiosis y el segundo para relacionar la fecundación con las gametas y la información genética. Ambos esquemas se complementan entre si
A3	Utilizaría diferentes herramientas como proyección animada de un video de meiosis, el armado de un esquema de las diferentes etapas con diversos materiales.
A4	Yo utilizaría el 1° esquema para explicar meiosis. Suponiendo que eso queda claro les presentaría el 2° esquema y les pediría que lo interpreten para ver si entendieron que el resultado de la meiosis son 4 células con la mitad de la información genética (n) y que los gametos se unieron para formar un nuevo individuo 2n. esperando esto como posible conclusión.
A5	A través de gráficos, dibujos y esquemas, para que el alumno pueda ir viendo paso a paso que es lo que va sucediendo con cada cromosoma/ cromátide y pueda comprender el proceso de manera clara y ordenada
A6	Utilizaría algún juego con plastilinas para armar todas las secuencias con diferentes colores mostrando la relación de cantidad de plastilina con la de ADN, la recombinación con los colores y usaría el esquema como guía.
A7	Por medio del esquema citado antes y con un gráfico que relacione dotación o carga genética en relación a cada fase del ciclo
A8	Primero empezaría explicando que son los cromosomas, como están formados, de que hablamos cuando hablamos de genes para luego poder explicar el proceso de meiosis ya que a lo que realmente hay que prestarle atención en este proceso es saber qué pasa con la información genética y por lo tanto que es lo que están recibiendo las gametas.
A9	Lo presentaría como el 2° ejemplo
A10	Utilizaría el 2° esquema a partir del cual puedo explicar la dotación simple (n° de cromosomas) de cada gameta, la información genética de c/u y durante la F! (unión de ambas gametas) se restituye o recupera la condición diploide (que presentaba la célula madre que forma cada gameta). Y en el cigoto hay una combinación de la información genética de una gameta y la otra. Por lo tanto el cigoto tendrá la información contenida en ambas gametas.
A11	SIN RESPUESTA
A12	Con el esquema 2 a partir de los conceptos básicos de célula con carga genética completa (2n), gametas (n) ovocito y espermatozoide, cigoto completo. Luego se puede desarrollar el concepto de las fases de la meiosis, proceso por el cual se producen las gametas. Además del concepto FECUNDACIÓN y formación de un nuevo individuo de la misma especie
A13	Usaría ambos esquemas, en primer lugar usaría el esquema 1 para explicar como se llega a reducir el material genético y posteriormente el esquema 2 para mostrar como se reestablece el n° cromosómico que tienen las células somáticas.
A14	Para explicar la relación entre material genético utilizaría el 2° esquema porque clarifica más la combinación entre el padre y la madre al momento de la fecundación. Pero para explicar el proceso de meiosis utilizaría el 1° esquema ya que es bien explicativo luego de la fecundación

En el punto 4 del instrumento se presenta un cruzamiento monohíbrido donde se presenta a un profesor ante la situación de asegurarse si los alumnos comprenden la representación que realizó en el pizarrón; en la misma se interpela a los futuros docentes respecto a lo que debería decirles el profesor acerca de ciertos temas que se están trabajando y como los representaría. En la parte 4.a. del instrumento se indaga respecto a ¿qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”? Las respuestas a este interrogante se agruparon en tres niveles de categorías (Tabla 39 y Figura 42). Se encontró que el 46% de las respuestas de los estudiantes noveles y el 36% de los avanzados corresponden a la categoría A (RA), nivel de respuestas donde *B* y *b* representan alelos de un mismo gen (*B* el alelo dominante y *b* el recesivo) y que conciben con una conceptualización adecuada del contenido. Por su parte el 49% de los alumnos noveles y el 64% de los avanzados, expresa una variedad de respuestas que se enmarcan en la categoría B (RI), en las que se asocian, inadecuadamente, los símbolos *B* y *b* con términos tales como cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo; algunas expresiones de los encuestados son: “*B* representa el gen dominante y *b* el recesivo”; “*B* es homocigota dominante y *b* homocigota recesivo”; “*B* es un cromosoma que codifica para...”. En la categoría C se ubica el 5% de alumnos noveles que no responde a la consigna (NR).

Tabla 39. Respuestas de los alumnos al ítem 4.a. ¿Qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”? Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: A. aquellas que mencionan que B es el alelo dominante y b el recesivo o variantes de un gen, alelos (RA). B. las que refieren a cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo (RI). C. No responde (NR).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría A	23	43	18	46	5	36
Categoría B	28	53	19	49	9	64
Categoría C	2	4	2	5	0	0
N=	53		39		14	

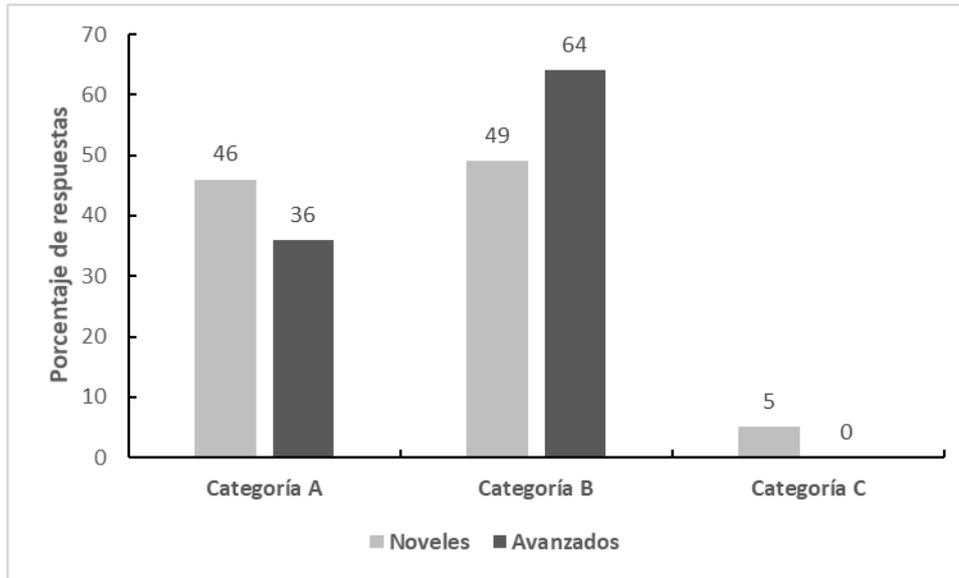


Figura 42. Respuestas de los alumnos al ítem 4.a. ¿Qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”? Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: A. aquellas que mencionan que B es el alelo dominante y b el recesivo o variantes de un gen, alelos (RA). B. las que refieren a cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo (RI). C. No responde (NR). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

En el ítem 4.b., que intenta rastrear las representaciones icónicas de los estudiantes, se les plantea: “Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?”. Partiendo del análisis de los esquemas generados se pudieron identificar diferentes modelos de representación (Figura 43).

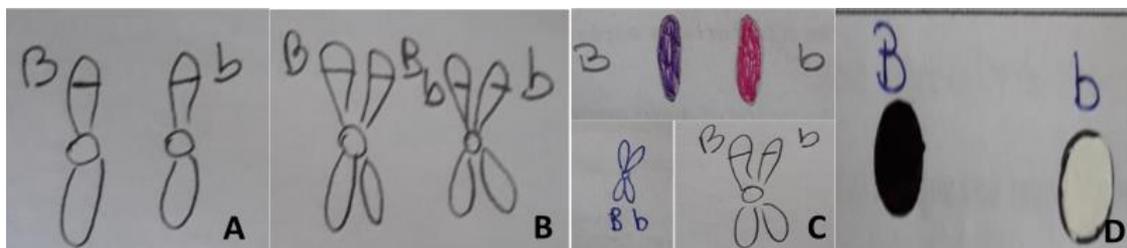


Figura 43. Modelos de representación de alelos generados por los alumnos A. Modelo 1: Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (MA). B. Modelo 2: Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (MI1). C. Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (MI2).

Estos modelos fueron tomados como categorías de análisis (Tabla 40 y Figura 44), destacándose que el 64% de los estudiantes avanzados elaboraron esquemas que corresponden al modelo 1, ubicándose en esta categoría, con un porcentaje menor (10%), los

alumnos noveles. Los valores porcentuales para el modelo 2 fueron 33% de estudiantes noveles y 14% de avanzados. Para el modelo 3 solo se encontraron respuestas de alumnos noveles (13%); estos a su vez no realizaron el esquema solicitado (NR) en un 44%, respecto de los avanzados que no lo hicieron en un 21%. El análisis estadístico (Prueba exacta de Fisher $P < 0,05$) indica asociación entre la trayectoria de los estudiantes y el tipo de respuesta generada.

Tabla 40. Respuestas de los alumnos al ítem 4.b. *Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?* Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Modelo 1. Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (MA). Modelo 2. Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (MI1). Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (MI2). N/C. No contesta o esquematiza (NR).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Modelo 1	13	25	4	10	9	64
Modelo 2	15	28	13	33	2	14
Modelo 3	5	9	5	13	0	0
N/C	20	38	17	44	3	21
N=	53		39		14	

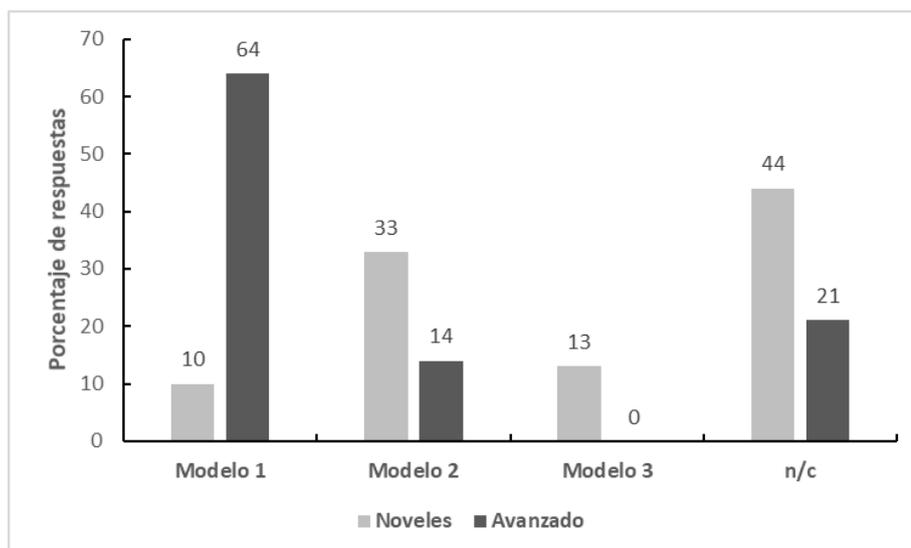


Figura 44. Respuestas de los alumnos al ítem 4.b. *Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?* Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: Modelo 1. Constituye el modelo esperado, donde cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (MA). Modelo 2. Cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (MI1). Modelo 3: Cada símbolo (alelo) corresponde a una letra o un círculo (MI2). N/C. No esquematiza (NR). Prueba exacta de Fisher $P < 0,05$.

Resultan de interés los esquemas inadecuados generados por los alumnos, entre los que predomina el esquema de un cromosoma duplicado, formado por una cromátida identificada como B y la otra como b ; también vale como ejemplo, el esquema de un cromosoma duplicado con una cromátida pintada de un color y otra de otro color (Figura 45).

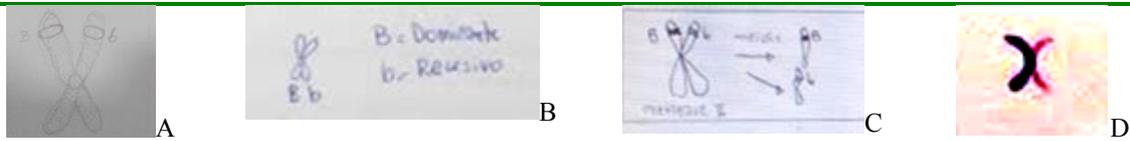


Figura 45. Modelos inadecuados generados por los estudiantes correspondientes al ítem 4.b, *Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?* A. Esquema de N36. B. Esquema de N4. C. Esquema de A7. D. Esquema de N31.

En lo que respecta al ítem c (*¿Qué representa Bb?*), las respuestas fueron categorizadas de la siguiente manera:

Categoría A: Corresponde a la respuesta esperada, donde Bb representa un genotipo heterocigota para esa característica (RA).

Categoría B: Respuestas que refieren a un individuo, a un gen, a un par de cromosomas, un rasgo (RI).

No responde (NR)

Los resultados (Tabla 41 y Figura 46) muestran que hay independencia en las respuestas de los alumnos noveles y avanzados (Prueba exacta de Fisher; $P=0,731$). Se observa, además, que los valores porcentuales más altos de noveles y avanzados están ubicados en la categoría A (36% y 50% respectivamente) con la emisión de respuestas adecuadas. Por su parte, el 33% de los alumnos noveles y el 29% de los avanzados dan respuestas de categoría B (RI). Algunas de las expresiones de esta categoría son: *“Representa un individuo con genes heterocigotos”* (N1), *“Gen heterocigota”* (N8), *“Alelo heterocigota donde la dominancia es del alelo B”* (N12), *“Un cromosoma de un individuo, una característica”* (N14), *“Bb es un par de cromosomas homólogos que codifican para una característica”* (N33), *“La expresión de un rasgo sobre el otro”* (A3),

“Son un par de cromosomas que codifican para una misma característica, representan las variables de esa característica. A estos cromosomas se los denomina cromosomas homólogos (variable=alelos)” (A4). Finalmente, el 31% de los alumnos noveles y el 21% de los alumnos avanzados no respondieron (NR).

Tabla 41. Respuestas de los alumnos al ítem 4.c. *¿Qué representa Bb?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Categoría A: Corresponde a la respuesta esperada, donde Bb representa un genotipo heterocigota para esa característica (RA). 2. Categoría B: Respuestas que refieren a un individuo, a un gen, a un par de cromosomas, un rasgo (RI). 3. N/C. No responde (NR).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría A	21	40	14	36	7	50
Categoría B	17	32	13	33	4	29
N/C	15	28	12	31	3	21
N=	53		39		14	

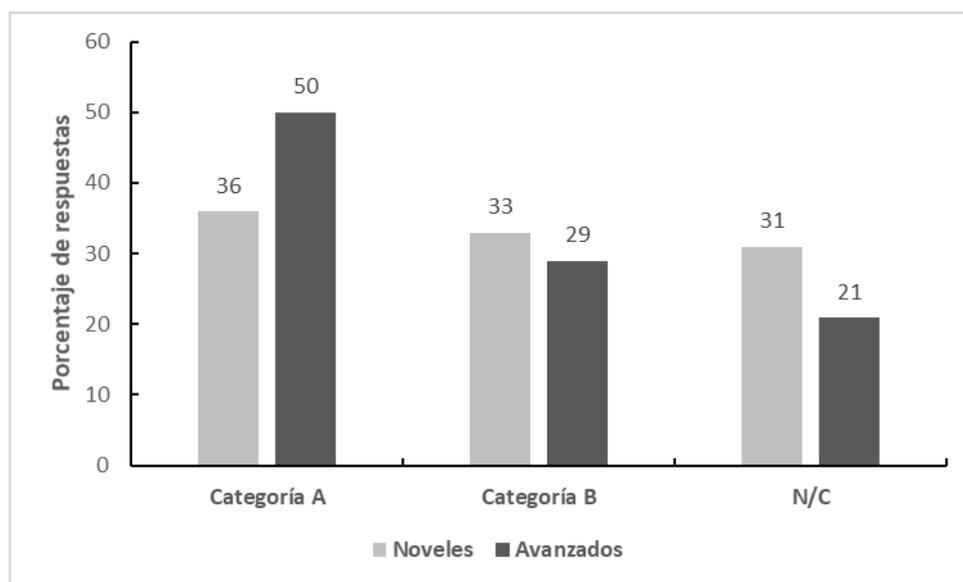


Figura 46. Respuestas de los alumnos al ítem 4.c. *¿Qué representa Bb?*: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Categoría A: Corresponde a la respuesta esperada, donde Bb representa un genotipo heterocigota para esa característica (RA). 2. Categoría B: Respuestas que refieren a un individuo, a un gen, a un par de cromosomas, un rasgo (RI). 3. N/C. No responde (NR). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

En relación al punto 4d *¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas?* Las respuestas fueron agrupadas dentro de las siguientes categorías:

Modelo 1: Corresponden a un esquema adecuado (RA) donde los alelos que conforman el estado heterocigota tienen una ubicación específica en un mismo locus en los cromosomas homólogos (Figura 47, A).

Modelo 2: Respuestas en las cuales la representación del estado heterocigota posee una ubicación física inadecuada (RI1), ya que lo asignan a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado, o lo ubican en un locus situado en cromátidas hermanas o bien en locus diferentes de cromátidas hermanas (Figura 47, B, C y D).

Modelo 3: El genotipo no posee una ubicación específica (RI2) en los cromosomas, es una letra o un círculo (Figura 47, E).

No realiza ninguna representación.

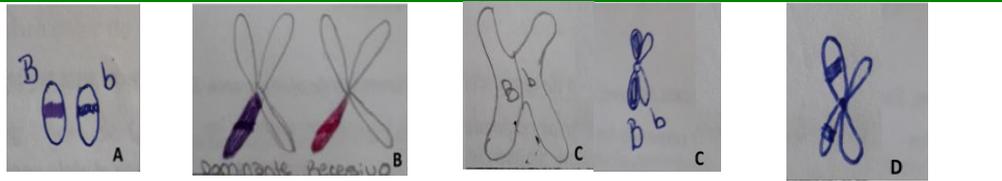


Figura 47. Representaciones de Bb en los cromosomas. A. Modelo 1 (RA) generado por N2. B, C y D. Modelo 2 (RI) generado por N12 (B), por N13 (C) y por N4.

Considerando el total de estudiantes, la cuarta parte realiza modelos adecuados (RA) y las tres cuartas partes elaboran modelos inadecuados o no realizan esquemas. Los resultados indican que los esquemas mejor logrados (Modelo 1) corresponden a los estudiantes avanzados (43%), en tanto que los noveles estuvieron representados por el 18%. Por otro lado, en el modelo 2 se ubicó el 33% de los estudiantes noveles y el 43% de los estudiantes avanzados. Finalmente, el 49% de los estudiantes noveles y el 14% de los estudiantes avanzados no realizaron ninguna representación (Tabla 42 y Figura 48). El análisis estadístico (Prueba exacta de Fisher $P < 0,05$) indica asociación entre la trayectoria de los estudiantes y el tipo de respuesta generada.

Tabla 42. Respuestas de los alumnos al ítem 4.d. ¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas?: Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Modelo 1: Esquema adecuado donde los alelos que conforman el estado heterocigota tienen una ubicación específica en un mismo locus en los cromosomas homólogos. 2. Modelo 2: La representación del estado heterocigota posee una ubicación física inadecuada, ya que lo asignan a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado, o lo ubican en un locus situado en cromátidas hermanas o bien en locus diferentes de cromátidas hermanas. 3. No realiza representación (NR).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Modelo 1	13	25	7	18	6	43
Modelo 2	19	36	13	33	6	43
No realiza representación	21	40	19	49	2	14
N=	53		39		14	

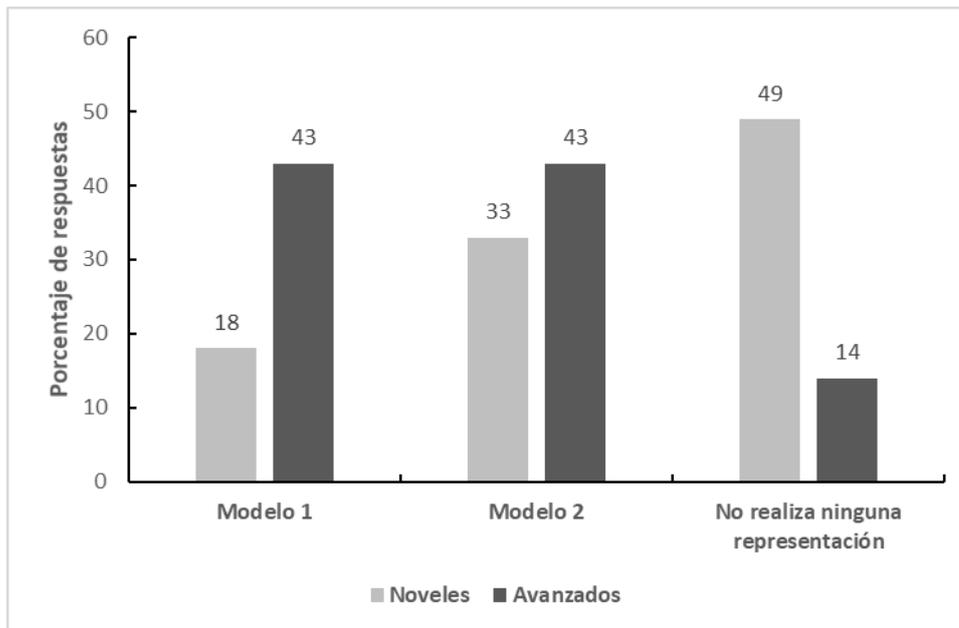


Figura 48. Respuestas de los alumnos al ítem 4.d. *¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas?*: (N=53). Categorías. Modelo 1: Esquema adecuado donde los alelos que conforman el estado heterocigota tienen una ubicación específica en un mismo locus en los cromosomas homólogos. 2. Modelo 2: La representación del estado heterocigota posee una ubicación física inadecuada, ya que lo asignan a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado, o lo ubican en un locus situado en cromátidas hermanas o bien en locus diferentes de cromátidas hermanas. 3. No realiza representación. Prueba exacta de Fisher $P < 0,05$.

En relación a los alumnos avanzados, y dadas su proximidad a egresar y las características de sus producciones, se decidió realizar un análisis particular de las mismas, para poder caracterizarlas en profundidad; a tal efecto, se analizaron las 14 producciones textuales y no textuales, se establecieron patrones generales de respuestas para la construcción de las categorías, y luego estas fueron analizadas cualitativamente y cuantitativamente. Respecto al ítem 4 del cuestionario, las respuestas se agruparon en dos categorías:

1. Respuestas adecuadas. Son aquellas consistentes con los conocimientos científicos actuales, que aluden que B es el alelo dominante y b el recesivo, que atribuyen que son variantes de un gen, o que refieren a alelos de un gen. El 36% de los estudiantes brindó respuestas de este tipo (eg. “Son los alelos (variantes) de un gen”, “son alelos segregados independientemente durante la formación de las gametas”).

2. Respuestas inadecuadas. Son aquellas que refieren que B y b son cromosomas, genes, características genéticas, caracteres, rasgos, genotipo y fenotipo. Corresponden al 64% de las respuestas. “B= gen dominante y b=gen recesivo”, “Representan un carácter B dominante sobre b que es recesivo y se expresa la información que tiene B”, “B y b, debería decir el profesor, son características que determinan un gen.”, “Cada letra representa un cromosoma

de una gameta que codifica para una característica determinada. En mayúscula se representa el carácter dominante”, son algunas de las expresiones de los alumnos.

Para el ítem b, se identificaron dos modelos a partir del análisis de los esquemas realizados por el alumnado:

El Modelo 1, corresponde al modelo esperado, un modelo adecuado y consistente con los conocimientos científicos actuales; en él, cada símbolo (alelo) es representado en el mismo locus en cromosomas diferentes (Figura 49, A y B). El 64% de los encuestados realiza esquemas de esta índole. El Modelo 2 corresponde a un modelo inadecuado, no consistente con los conocimientos científicos actuales; aquí, cada símbolo (alelo) es representado de maneras diferentes, ubicándolos físicamente de modo inadecuado (Figura 49, C y D). Este modelo es generado por el 14% de los alumnos, mientras que el resto de los estudiantes (21%) no realiza el dibujo solicitado.

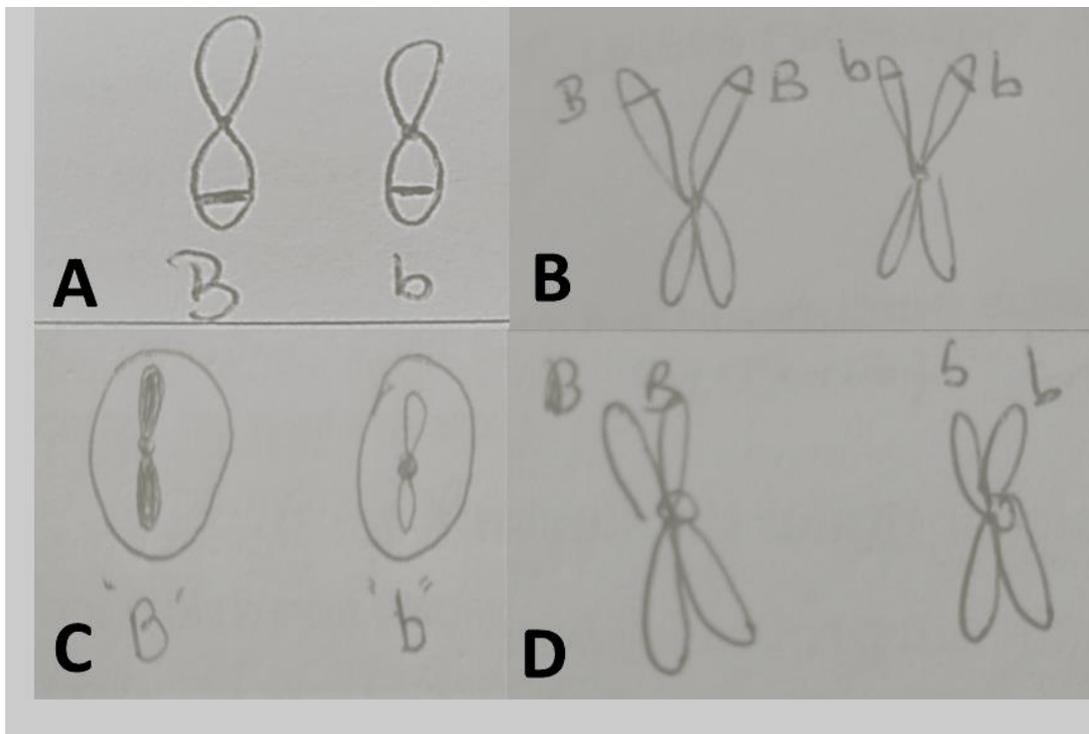


Figura 49. Diferentes tipologías de esquemas adecuados e inadecuados para representar a los alelos B y b en cromosomas. A y B: Modelos adecuados generados por los alumnos. C y D: Modelos inadecuados generados por los alumnos.

En relación a la parte c, el 50% de los futuros profesores elabora respuestas adecuadas, refiriendo que “Bb, es el heterocigota”, o “Les diría que este individuo es heterocigota, es decir, tiene alelos diferentes en sus cromosomas homólogos”; el 29% emite respuestas inadecuadas (“Son un par de cromosomas que codifican para una misma característica,

representan las variables de esa característica”, “La expresión de un rasgo sobre el otro”) y el 21% no responde. En cuanto al último apartado (d), los esquemas generados corresponden al modelo esperado o adecuado, en un 43% (Figura 50, A y B) y a un modelo inadecuado en un 43% (Figura 50, C, D y E); en cambio, el 14% de los estudiantes no realiza dibujo o esquema alguno.

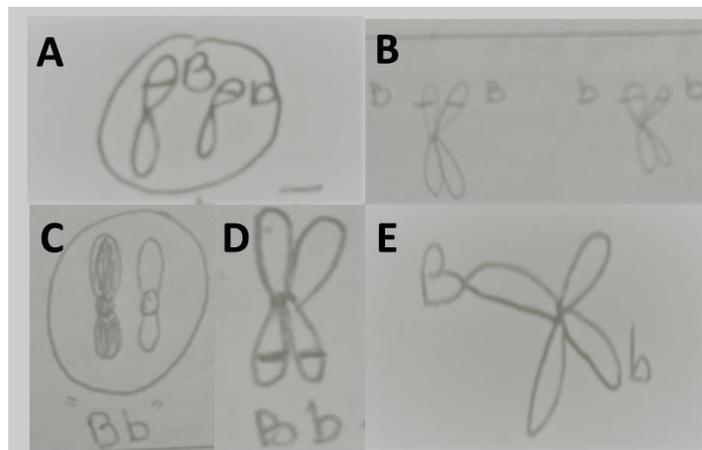


Figura 50. Esquemas adecuados e inadecuados generados por los estudiantes para representar el genotipo heterocigota Bb. A y B: Modelos adecuados. C, D y E: Modelos inadecuados generados por los alumnos.

En el punto 5 del cuestionario se presenta a los estudiantes, una lista de características entre las cuales optar para basar sus explicaciones sobre Leyes de Mendel y se les solicita que justifiquen su elección. Como se enunció en el capítulo de Metodología, las opciones fueron utilizadas como un nivel para definir distintas categorías. Las preferencias de los encuestados en base a los caracteres seleccionados, se compilan en la Tabla 43.

Tabla 43. Respuestas de los alumnos al ítem 5. (N= 175).

CARACTERES	ALUMNO
El color de las alas de una mariposa	N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, N10, N13, N20, N21, N26, N27, N28, N29, A1, A2, A3, A5, A6, A11, A12, A14
Grupos sanguíneos en el hombre	N1, N2, N8, N11, N14, N16, N18, N20, N23, N24, N25, N29, N31, N32, N34, N35, N36, N37, N39, A1, A3, A6, A10, A13
El sexo en los mamíferos	N3, N16, N21, N24, N31, N33, N36, N38, N39, A1, A3, A5, A6, A9, A10, A12, A13
El color de ojos en las moscas	N1, N2, N4, N6, N7, N9, N12, N13, N15, N17, N19, N20, N21, N22, N25, N26, N27, N28, N30, N37, N38, A2, A3, A5, A9, A10, A11, A13

El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza	N4, N5, N10, N16, N22, N27, N28, N30, A3, A5, A11, A14
La producción de toxinas en un hongo venenoso	N4,
Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona	N14, A1,
Una enfermedad hereditaria en el hombre	N1, N6, N7, N8, N11, N14, N21, N24, N25, N26, N29, N33, N34, N36, N37, A1, A2, A3, A5, A6, A9, A10, A12, A13
El tipo de pelo en el hombre	N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, N10, N11, N12, N13, N14, N16, N18, N20, N21, N23, N26, N27, N28, N29, N31, N32, N36, N37, N38, N39, A2, A3, A4, A5, A6, A11, A13, A14
Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales)	N10 (altura, inteligencia o capacidad para hacer ciertas cosas), N12 (color -de ojos, pelo, de piel- y tipo de pelo), N13 (flores), N33 (daltonismo), A7 (color de las flores de guisante o el color y textura de las semillas), A8 (color de semillas, textura de semillas y otras), A14 (2 caracteres – color y largo de pelo)

Las características seleccionadas por los estudiantes se presentan en la Tabla 44 con la frecuencia de respuestas (sobre 175 elecciones) expresada en porcentajes (se debe considerar aquí que se podía optar por más de una característica).

Tabla 44. Respuestas de los alumnos al ítem 5. *Lo que sigue es una lista de caracteres entre los que podrías elegir para basar tus explicaciones sobre las leyes de Mendel. Marca con una cruz los que utilizarías y fundamenta tu elección:* Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=175). Categorías: 1. El color de las alas de una mariposa. 2. Grupos sanguíneos en el hombre. 3. El sexo en los mamíferos. 4. El color de ojos en las moscas. 5. El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza. 6. La producción de toxinas en un hongo venenoso. 7. Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona. 8. Una enfermedad hereditaria en el hombre. 9. El tipo de pelo en el hombre. 10. Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales).

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Nivel 1	23	13	16	13	7	13
Nivel 2	24	14	19	15	5	10
Nivel 3	17	10	9	7	8	15
Nivel 4	28	16	21	17	7	13
Nivel 5	12	7	8	7	4	8
Nivel 6	1	1	1	1	0	0
Nivel 7	2	1	1	1	1	2
Nivel 8	24	14	15	12	9	17
Nivel 9	37	21	29	24	8	15
Nivel 10	7	4	4	3	3	6
N= 175	175		123		52	

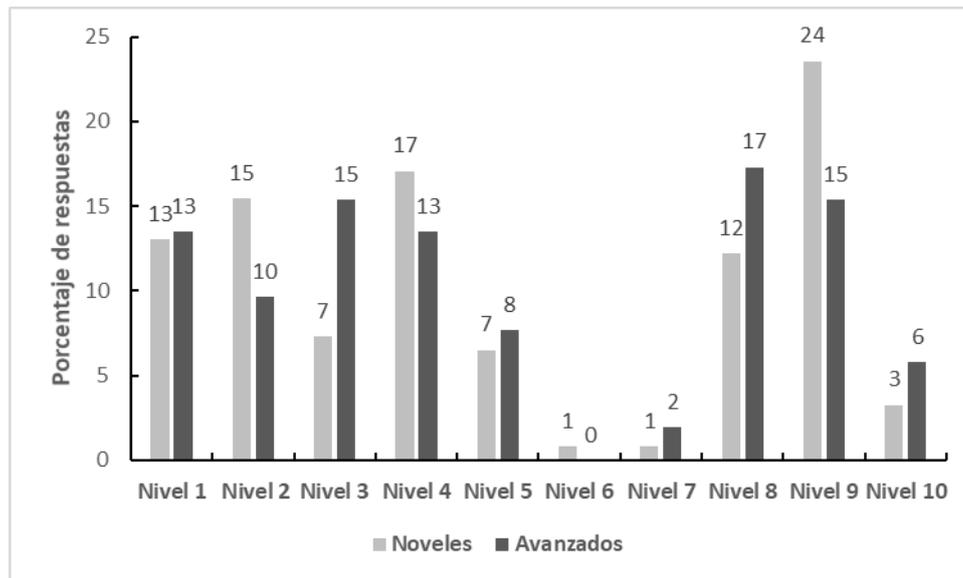


Figura 51. Respuestas de los alumnos al ítem 5. (N= 175). Categorías: 1. El color de las alas de una mariposa. 2. Grupos sanguíneos en el hombre. 3. El sexo en los mamíferos. 4. El color de ojos en las moscas. 5. El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza. 6. La producción de toxinas en un hongo venenoso. 7. Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona. 8. Una enfermedad hereditaria en el hombre. 9. El tipo de pelo en el hombre. 10. Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales). Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

Las preferencias de los futuros profesores se inclinan por recurrir a características como tipo de pelo en el hombre y color de ojos en las moscas; también por el color de las alas de una mariposa, los grupos sanguíneos en el hombre, una enfermedad hereditaria en el hombre y el sexo en los mamíferos (Figura 51). Los fundamentos que ofrecen los estudiantes para justificar sus elecciones muestran que los seleccionados son considerados caracteres de fácil observación, propios del ambiente cotidiano de los alumnos; también porque se pueden aplicar las Leyes de Mendel pudiéndose trabajar conceptos como dominancia, recesividad, homocigosis y heterocigosis, etc. Algunas de las expresiones de los alumnos a los efectos de fundamentar sus elecciones son por ejemplo las de:

- N5, quien selecciona el color de alas mariposa, tamaño del fruto en zapallo, tipo de pelo en el hombre y arguye que *“Son ejemplos más claros y más fáciles de entender a la hora de explicarlo y no requieren términos específicos”*.
- N27, que escoge el color de alas mariposa, color de ojos en las moscas, el tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza y el tipo de pelo en el hombre, fundamentando *“Elegí esas ya que cuando Mendel observó estas cosas todavía no tenía idea de la existencia de los genes y entonces se basó en el fenotipo (Características externas)”*
- A1, que señala que *“Los ejemplos elegidos fueron usados en textos”* haciendo referencia a los caracteres por los cuales optó: El color de las alas de una mariposa,

grupos sanguíneos en el hombre, el sexo en los mamíferos, una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona, una enfermedad hereditaria en el hombre.

- A2 opta por el color de las alas de una mariposa, el color de ojos de las moscas, una enfermedad hereditaria en el hombre y el tipo de pelo en el hombre, argumentando como sigue: *“Para explicar las Leyes de Mendel utilizaría el color de ojos de las moscas o el tipo de pelo del hombre ya que pueden demostrarse fácilmente incluso con imágenes. Los grupos sanguíneos o enfermedades hereditarias permiten explicar variaciones de las leyes de Mendel, y ampliar el tema.”*

En general existe diversidad de respuestas, pero muchas elecciones se fundamentan en la proximidad o cotidianeidad de las características, en que son fácilmente observables o en que resultan cercanos a los intereses de los alumnos. Sin embargo, algunas elecciones y expresiones de los estudiantes dan cuenta de comprensiones inadecuadas, las que son puestas en evidencia, por ejemplo, al optar por una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona (las mutaciones que afectan solamente a las células de la línea somática no se transmiten a la siguiente generación), o en expresiones como *“Porque los alelos indican caracteres como color de pelo, de ojos, etc.”* (N2); *“Elegí básicamente los que tienen que ver con color o tamaño de organismo u órgano porque es más fácil de ver como el genotipo se compone del carácter dominante y recesivo* (N10); *“Ya que cada gen está representado por estas características”* (N14); *“Para explicar la 1º ley usaría el sexo en mamíferos porque con un ejemplo se vería claro y fácil. Y para la 2º ley añadiría al anterior una enfermedad, como por ejemplo la madre es sana y el padre es Daltónico y ahí desarrollaría el ejercicio”* (N33); *“lo del tipo de pelo y los grupos sanguíneos pertenecen cada uno a la primera ley de Mendel y a la segunda respectivamente”* (N39); *“El color de ojos me parece una propuesta no complicada para que se pueda entender, y luego el sexo porque es un gran interrogante para ellos, es algo que preguntan siempre y en relación a esto saben que algunas enfermedades rigen la transmisión del cromosoma Y”* (A9); *“Elegí estas opciones porque son caracteres determinados genéticamente, por lo tanto puedo aplicar las leyes de Mendel”* (A10).

Con respecto al planteo que se les formuló a los estudiantes en el punto 6 del cuestionario, al presentarse como alternativas para utilizar en una clase uno de dos tipos de problemas, uno del tipo cerrado, causa-efecto (es decir, dados los genotipos, obtener los fenotipos), y el otro abierto, efecto-causa (a partir de los fenotipos deducir los genotipos), se encontró, como lo

muestran la Tabla 45 y la Figura 52, que la mayoría de los estudiantes optaron por el primer problema, cerrado (74% del total de noveles y 86% del total de avanzados). Por su parte, el resto de los alumnos se decidió por el segundo problema, abierto (26% del total de estudiantes noveles y el 14% del de avanzados).

Tabla 45. Respuestas de los alumnos al ítem a del punto 6 del cuestionario (*¿Por cuál de los problemas optarías?*). Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Optan por el 1º problema. Categoría 2: Optan por el 2º problema.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría 1	41	77	29	74	12	86
Categoría 2	12	23	10	26	2	14
Total de respuestas	53		39		14	

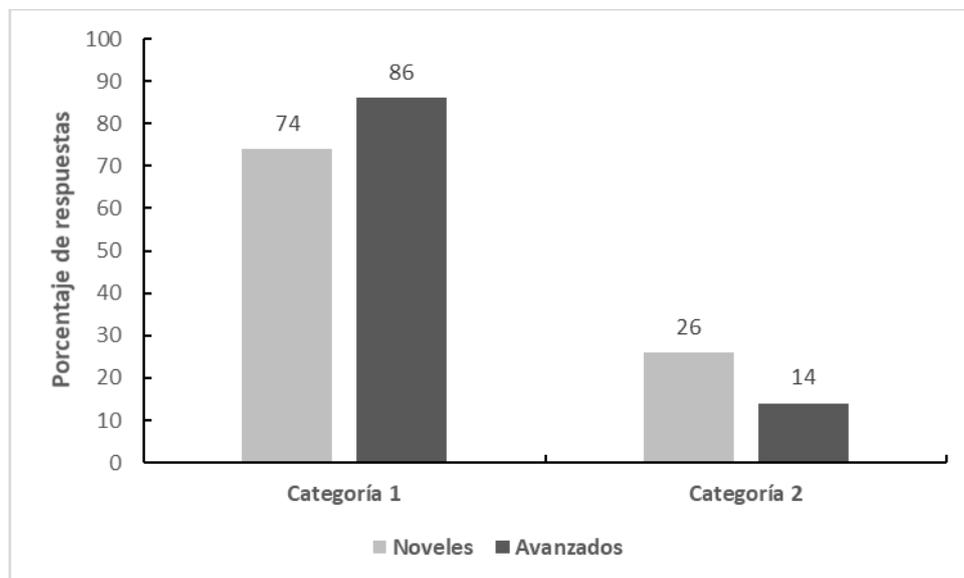


Figura 52. Respuestas de los alumnos al ítem a del punto 6 del cuestionario (*¿Por cuál de los problemas optarías?*). Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría. (N=53). Categorías: 1. Optan por el 1º problema. Categoría 2: Optan por el 2º problema. Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

El análisis de las respuestas dadas en la segunda parte de este punto del cuestionario, donde se consultó a los encuestados el porqué de su elección, permitió definir categorías (Tabla 46) asociadas a ideas como: El problema es fácil/sencillo/simple/práctico/ de resolución inmediata (categoría 1); el problema posee los datos necesarios/es completo (categoría 2); el problema facilita la comprensión de conceptos (categoría 3); el problema fomenta el pensamiento/ enfrenta al alumno a situaciones cotidianas (categoría 4); no responde (categoría 5).

Tabla 46. Categorías definidas para el ítem b del del punto 6 del cuestionario (*¿Por qué?*). Categorías: 1. El problema es fácil/sencillo/simple/práctico/ de resolución inmediata. 2. El problema posee los datos necesarios/es completo. 3. El problema facilita la comprensión de conceptos. 4. El problema fomenta el pensamiento/ enfrenta al alumno a situaciones cotidianas. 5. No responde.

	Alumnos que eligieron el problema 1 (41)				Alumnos que eligieron el problema 2 (12)			
	Frecuencia total de alumnos noveles	Porcentaje de total de alumnos noveles	Frecuencia total de alumnos avanzados	Porcentaje de total de alumnos avanzados	Frecuencia total de alumnos noveles	Porcentaje de total de alumnos noveles	Frecuencia total de alumnos avanzados	Porcentaje de total de alumnos avanzados
Categoría 1	17	59	5	42	3	30	0	0
Categoría 2	6	21	4	33	1	10	0	0
Categoría 3	5	17	3	25	4	40	2	100
Categoría 4	1	3	0	0	1	10	0	0
Categoría 5	0	0	0	0	1	10	0	0
Total	29		12		10		2	

Quienes seleccionaron el problema cerrado para trabajar con cruzamientos genéticos en una clase hipotética, dieron los siguientes motivos: cerca del 60% de los alumnos noveles se ubicó en la categoría 1, dado que argumentaron en alusión a la simplicidad del problema y su posibilidad de resolución inmediata; en cambio esta inclinación fue menor en los estudiantes avanzados (42%). Un grupo de encuestados noveles (21%), se ubicó en la categoría 2 por considerar que el primer problema presenta los datos necesarios para su resolución. En esta misma categoría se incluye al 33% de los estudiantes avanzados. Para otros, la razón de su elección se debió a que consideran que el problema facilita la comprensión de conceptos, por lo que fueron ubicados en la categoría 3 (17% de las respuestas dadas por estudiantes noveles y 25% de las de los avanzados). Por otra parte, un grupo menor de estudiantes noveles (3%) esgrimió como razones de su elección la vinculación del problema con situaciones cotidianas y su capacidad de fomentar el pensamiento (categoría 4). En relación al problema 2 y las respuestas dadas por los estudiantes noveles respecto a esta elección, el 30% corresponde a la categoría 1 (simple, sencillo, práctico); un 10% considera que presenta los datos completos (categoría 2); el 40% argumentó que el problema facilita la comprensión de conceptos (categoría 3); un 10% señala que fomenta el pensamiento y el vínculo con situaciones cotidianas (categoría 4), mientras que el 10% restante no argumentó su elección. Finalmente, los dos estudiantes avanzados que optaron por este tipo de problema lo hicieron por considerar que esta modalidad facilita la comprensión de conceptos (categoría 3).

En el punto 7 del cuestionario se propuso a los estudiantes que resuelvan los problemas presentados en el punto 6 y luego se les preguntó acerca de la presencia de dificultades

durante el proceso de resolución. Las respuestas a la parte *Resuelve los problemas del punto anterior* se agruparon como estudiantes que resolvieron uno o ambos problemas y los que no resolvieron ninguno de los problemas (Tabla 47 y Figura 53).

Tabla 47. Respuestas de los estudiantes al punto 7 en el ítem *Resuelve los problemas del punto anterior*. Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría (N=53). Categorías: 1. Resuelve uno o ambos problemas. 2. No resuelve ningún problema.

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría 1	47	88	36	92	11	77
Categoría 2	6	12	3	8	3	23
Total de respuestas	53		39		14	

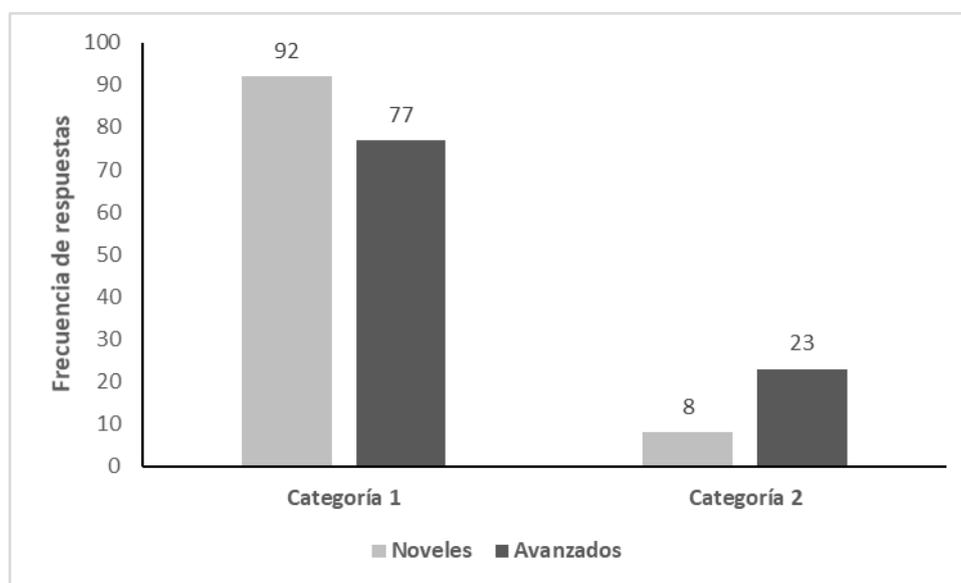


Figura 53. Respuestas de los alumnos al ítem 7 del cuestionario (*Resuelve los problemas del punto anterior*). Frecuencia de respuestas y frecuencia porcentual por categoría (N=53). Categorías: 1. Resuelve uno o ambos problemas. 2. No resuelve ningún problema. Prueba exacta de Fisher $P > 0,05$.

En este sentido la mayoría de los alumnos resolvió uno o ambos problemas (88% del total de estudiantes), en tanto que el resto (12%) correspondió a los que no resolvieron ninguno de los problemas y a los que dieron a entender que los resolvieron, pero los pasos seguidos no se desplegaron en la encuesta. Considerando el grupo que desarrolló procedimientos de resolución de problemas, el 92% fueron alumnos noveles (el 8 % restante no resolvió ninguno de los problemas), y el 77%, estudiantes avanzados (el 23% da a entender que los resolvieron, pero las operaciones seguidas no se hallan en la encuesta).

Tabla 48. Respuestas de los estudiantes al punto 7 en el ítem *¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos?* Categoría 1. No tuvo dificultades. Categoría 2. Tuvo dificultades. Categoría 3. No responde

Categoría	Frecuencia Total de respuestas	Frecuencia porcentual de respuesta	Frecuencia Estudiantes Noveles	Frecuencia porcentual Estudiantes Noveles	Frecuencia Estudiantes Avanzados	Frecuencia porcentual Estudiantes Avanzados
Categoría 1	3	6	0	0	3	19
Categoría 2	12	21	8	21	4	27
Categoría 3	38	73	31	79	7	54
Total de respuestas	53		39		14	

Respecto a la pregunta *¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos?*, un porcentaje elevado no responde (73%), siendo este más alto en noveles que en avanzados (79% y 54% respectivamente); cerca del 6% expresa no haber tenido dificultades, mientras que el 21% señala que sí; aquí, el 21% corresponde a alumnos noveles, donde uno de los estudiantes asocia sus dificultades al primer problema y el resto al segundo; en cambio los alumnos avanzados (27%) reconocen limitaciones para enfrentar el proceso de resolución del segundo problema.

Cuando se les preguntó *¿A qué crees que se deben dichas dificultades?*, del mismo modo que lo ocurrido en la pregunta anterior, un número elevado de estudiantes no respondió (71%); aquí, los valores más altos correspondieron a los estudiantes noveles (84%) por sobre los avanzados (16%). Los noveles fueron los que respondieron en mayor porcentaje acerca de las dificultades (67%) respecto a los avanzados (33%); de estos, sólo un alumno manifiesta haber tenido dificultades para resolver el problema 1, refiriendo que “tiene consignas con puntos muy específicos y la forma en que está planteado resulta algo confusa”. En cambio, el resto (7 noveles y 4 avanzados) señala al 2º problema como fuente de dificultades, expresando en su mayoría que su planteo no es muy claro, le faltan datos o no se puede resolver con los datos que se brindan. Los demás argumentan de modos diversos como “ha faltado práctica de mi parte”, “no sé cómo hacerlo”, “no recuerdo bien los contenidos”, “no sé si colocar el color de ojos simplemente con palabras o bien expresarlo con alelos dominantes y recesivos”.

Entonces para este ítem, y para los dos grupos, predomina la ausencia de respuesta, y en aquellos que respondieron emerge el segundo problema, de tipo abierto como origen de dificultades durante el proceso de resolución.

Segunda Sección. Los libros de texto

Los conceptos centrales del campo de la genética a partir de las características de su abordaje en la literatura de uso habitual en la enseñanza superior

Como se mencionó en el Capítulo 2 (Metodología), resulta necesario obtener información que permita conocer las características del abordaje de ciertos conceptos básicos sobre genética y herencia en los materiales de uso habitual para el estudio de estas temáticas. En este sentido, los trabajos revisados señalan que una de las líneas a explorar es el tratamiento que se da a estos temas en la bibliografía, la cual se constituye en otra fuente de datos para esta investigación. Así en el análisis de textos se consideró un protocolo elaborado a tal fin y se realizó un análisis del contenido y de las imágenes de los textos seleccionados. De acuerdo con lo formulado, los objetivos que se persiguieron a través del análisis de los libros de texto fueron, por un lado, analizar el tratamiento de algunos conceptos centrales del campo de la Genética, desde el contenido conceptual (el concepto) y desde las ilustraciones (la imagen), en libros de texto destinados a alumnos de nivel universitario; por el otro, caracterizar el abordaje del tema en la literatura de uso más frecuente en la Enseñanza Superior.

Los textos seleccionados para realizar dicho análisis, como ya se expuso en el Capítulo 2 (Metodología), son de uso corriente en el ámbito de la enseñanza superior universitaria y, como un modo de ajustar la selección de los materiales a ser analizados, se tomaron ediciones cuya muestra fue obtenida cruzando los datos resultantes del análisis de la bibliografía recomendada en los programas de las asignaturas que abordan estos temas correspondientes al plan de estudios de la carrera de grado Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, y de la consulta a los alumnos respecto a las ediciones que utilizan. Así, los textos analizados son obras de Biología y Genética, agrupados como Literatura especializada de Biología General y Literatura especializada de Genética; a los efectos del análisis se adaptaron los diferentes cuestionamientos o preguntas orientadoras formuladas en el Capítulo 2 (Metodología) como guión o protocolo para examinar los textos, considerando aspectos concernientes al tratamiento que se da en los mismos a los principios básicos de Genética; en dicho capítulo se detallan las modalidades adoptadas para la recolección de información; en este sentido, con el objeto de proceder al análisis de contenido se definieron las unidades de muestreo, registro y contexto (las unidades de muestreo refieren a los textos que se analizaron; las unidades de registro hacen alusión a la parte o porción de un texto que se seleccionó para el análisis; y la unidad de contexto remite a la parte del texto que contiene y sitúa a las unidades de registro. Asimismo, como se describió

en el mismo capítulo, en primer lugar, se catalogó a los textos por nivel (básico o complejo) y se le asignó un número de referencia y un código. Posteriormente se procedió a la revisión de los libros de texto atendiendo a distintas dimensiones:

Dimensión 1. *Descripción de la estructura general de las obras bajo análisis*, en la cual se observó la secuenciación de los contenidos comprendida en la estructura del texto o unidad de muestreo.

Dimensión 2. *Contextualización de las temáticas objeto de esta investigación en la estructura general de las obras bajo análisis*; aquí se reparó en los bloques de contenidos o secciones (unidades de contexto) donde se ubican los temas sobre las que se indaga.

Dimensión 3. *Núcleos conceptuales*, donde se examinó el texto en relación a la naturaleza de los conceptos objeto de esta investigación y las relaciones entre ellos; se tomaron como unidades de registro los sectores del texto donde se aborda el concepto, función, origen y esquema de los gametos; la correspondencia entre meiosis, gametogénesis y Leyes de Mendel; la terminología básica de Genética; su simbología específica; los problemas de genética, esquemas y otras representaciones.

Lo presentado recupera los aspectos metodológicos más sustantivos como base para la descripción que sigue respecto a los resultados obtenidos del análisis de textos, considerando cada dimensión explorada.

Dimensión 1. Descripción de la estructura general de las obras bajo análisis o unidades de muestreo

1. a. Descripción de la estructura general de la literatura básica de Biología

Estructura del texto básico 1. Secuenciación de los contenidos

Tabla 49. Ficha correspondiente al texto básico 1.

Unidad de Muestreo: Campbell, N.; Reece, J. 2007. Biología. 7ª edición, Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1392 p.
Nivel: Texto básico (Tb)
Nº de referencia del texto: N°1
Código del Texto: Tb1 (texto básico N°1)

El contenido del texto básico 1 –Tb1- (Tabla 49) se encuentra organizado en un capítulo introductorio denominado *Exploración de la vida*, seguido de 8 unidades divididas en capítulos numerados. La Unidad 1 (*La química de la Vida*) consta de cuatro capítulos titulados respectivamente como contexto químico de la vida; el agua y la aptitud del ambiente; el carbono y la diversidad molecular de la vida; estructura y función de las macromoléculas. En la Unidad 2 denominada *La célula*, se desarrolla la estructura y función celular en 7 capítulos llamados cada uno como: Un paseo por la célula; estructura y función de la membrana; introducción al metabolismo, respiración celular: almacenamiento de la energía química; fotosíntesis; comunicación celular; ciclo celular. La Unidad 3 (*Genética*) comprende 9 capítulos llamados meiosis y ciclos de la vida sexual; Mendel y la idea del gen; bases cromosómicas de la herencia; bases moleculares de la herencia; del gen a la proteína; genética de los virus y bacterias; genomas eucariontes: organización, regulación y evolución; genómica y tecnología del DNA; bases genéticas del desarrollo. Los temas correspondientes a la Unidad 4 (*Mecanismos de la evolución*) se abordan en 4 capítulos: Descendencia con modificación: un punto de vista darwiniano de la vida; evolución de las poblaciones; el origen de las especies; filogenia y sistemática. Son 9 los capítulos en los que se desarrolla la Unidad 5 (*La historia evolutiva de la diversidad biológica*): El árbol de la vida: introducción a la diversidad biológica; Procariontes; Protistas; diversidad vegetal I: Cómo las plantas colonizaron la tierra; diversidad vegetal II: Evolución de las plantas con semillas; Hongos; introducción a la diversidad animal; Invertebrados; Vertebrados. *La Forma y funcionamiento de las plantas* (Unidad 6) se describe en 5 capítulos: Estructura, crecimiento y desarrollo de las plantas; transporte en las plantas vasculares; nutrición de las plantas; reproducción y biotecnología de las angiospermas; respuestas de las plantas a las señales internas y externas. En cuanto a la Unidad 7, que corresponde a la *Forma y función de los animales*, son 10 los capítulos: Principios básicos de la forma y función de los animales; nutrición animal; circulación e intercambio de gases; sistema inmunitario; osmorregulación y excreción; hormonas y sistema endocrino; reproducción animal; desarrollo animal, sistemas nerviosos, mecanismos motores y sensoriales. Finalmente, en la Unidad 8 (*Ecología*) se presentan 6 capítulos: Introducción a la ecología y a la biosfera; ecología conductista; ecología de la población; ecología de la comunidad; ecosistemas; biología conservacionista y ecología de la restauración.

En la organización general de la obra se observa que cada capítulo presenta los siguientes apartados: *Conceptos clave*, que permiten enmarcar ciertos aspectos dentro del contexto general; un texto introductorio llamado *Panorama general*, donde se establecen las bases del

contenido de cada capítulo; a continuación se señala como *Concepto* a cada subtítulo que encabezan cada nueva sección; posteriormente se presentan un par de preguntas formuladas al final de cada sección del capítulo bajo el acápite *Evaluación de conceptos*.

Al final de cada capítulo se ofrece una *Revisión del capítulo* en la que se presenta una síntesis de los conceptos desarrollados; posteriormente una *Evaluación de conocimientos* en la que se distingue: la *Autoevaluación* consistente en una serie de preguntas con respuestas de opción múltiple cuyas respuestas figuran en el Apéndice A de la obra; luego *Interrelación evolutiva*, *Problemas científicos* y *Ciencia tecnología y sociedad* plantean al estudiante algunas cuestiones para pensar y resolver aplicando los conceptos desarrollados y tomando decisiones al respecto.

Cuenta además con un sitio web para el estudiante y un sitio web para el docente, ambos en español en los que se brindan recursos multimedia como videos, presentaciones en power-point, actividades interactivas, enlaces y referencias bibliográficas (es necesaria una clave para utilizarlo).

Estructura del texto básico 2. Secuenciación de los contenidos

Tabla 50. Ficha correspondiente al texto básico 2.

Unidad de Muestreo: Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. 2008.. Biología. 7° edición, Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1.009 p.
Nivel: Texto básico (Tb)
N° de referencia del texto: N°2
Código del Texto: Tb2 (texto básico N°2)

El contenido del texto básico 2 –Tb2- (Tabla 50) se encuentra organizado en una introducción seguida de 8 secciones divididas en capítulos numerados y una serie de apéndices; la Introducción se denomina *El estudio de la biología en la actualidad*. La primera sección denominada *La unidad de la vida* se desarrolla en 6 capítulos denominados cada uno como: Origen de la célula; la organización de las células; cómo entran y salen sustancias de la célula; metabolismo y energía; glucólisis y respiración celular; fotosíntesis, luz y vida. La segunda sección bajo el título *Genética: las bases celulares y químicas de la herencia*, se compone de los siguientes 3 capítulos: La reproducción celular; los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética; las bases químicas de la herencia: el DNA y su replicación. Para el caso de la sección 3 titulada *Los genes en acción: estructura, expresión y control de la información genética*, los 7 capítulos que la constituyen son: Los genes en acción: estructura, expresión y control de la información genética; el flujo de información genética:

los caminos del DNA a la proteína; la regulación de la expresión génica; comunicación celular; elementos genéticos móviles; la manipulación de la información genética; desarrollo: la ejecución de un programa genético, genética, medicina y sociedad. La sección 4 llamada *Evolución* se presenta en forma de 6 capítulos: Evolución: historia de la teoría y sus evidencias; las bases genéticas de la evolución; los procesos del cambio evolutivo; sobre el origen de las especies; macroevolución: la historia de la vida; la evolución de los homínidos. La sección 5 nominada *La diversidad de la vida* se compone de 7 capítulos referenciados como: La clasificación de los organismos; Bacteria y Archaea: los procariontes; Eukarya I: los protistas, eucariontes heterogéneos; Eukarya II: el linaje de las algas verdes y las plantas; Eukarya III: el linaje de los hongos; Eukarya IV: el linaje de los animales I; Eukarya V: el linaje de los animales II. En la sección 6, *Biología de los animales*, son 14 los capítulos: Los tejidos, órganos y sistemas de los vertebrados; el sistema nervioso: estructura y función; procesamiento sensorial y respuesta motora; procesamiento de la información; el sistema endocrino; la respiración; la circulación; la digestión; tasa metabólica y regulación térmica; excreción y balance hídrico; la respuesta inmunitaria; la reproducción; el desarrollo embrionario; el comportamiento animal. La sección 7 es nombrada como *Biología de las plantas* y son 3 sus capítulos: Estructura y reproducción de las plantas; el transporte en las plantas; el crecimiento y desarrollo en las plantas. En la Sección 8 (*Ecología*), se abordan en 5 capítulos los temas Dinámica de las poblaciones: el número de organismos; interacciones en las comunidades; ecosistemas; la biosfera; intervenciones humanas y cambios globales. Al inicio de cada sección, antes del desarrollo de los capítulos que la integran, se presentan dos situaciones problemáticas. Otro aspecto que se destaca en la organización general de la obra es que cada capítulo presenta los siguientes apartados: *Frases introductorias*, referencias al sitio web (en idioma español), *frases y ensayos*, *síntesis y cuestionarios*, *resumen*, *autoevaluación*, *ejercicios*, *preguntas de elección múltiple*, *figuras interactivas*

Los apéndices de la obra son 4: Átomos y moléculas; La química de los seres vivos; Medidas utilizadas en microscopía; Diccionario de Raíces Griegas y Latinas.

Estructura del texto básico 3. Secuenciación de los contenidos

Tabla 51. Ficha correspondiente al texto básico 3.

Unidad de Muestreo: Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. 2009. Vida. La ciencia de la Biología. 8° edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1376 p.
Nivel: Texto básico (Tb)
Nº de referencia del texto: N°3
Código del Texto: Tb3 (texto básico N°3)

El texto básico 3 –Tb3- (Tabla 51) consiste en 9 partes conformadas por diversos capítulos cada una. La parte uno: *Ciencia y componentes básicos de la vida*, consta de 3 capítulos: Estudio de la vida, la química de la vida; macromoléculas y el origen de la vida. La parte dos llamada *Células y energía* presenta 5 capítulos, Células: las unidades operativas de la vida; la membrana celular dinámica; energía, enzimas y metabolismo; vías de obtención de energía química; fotosíntesis: energía de la luz solar. En la parte tres *Herencia y genoma*, los capítulos son 6: Cromosomas, ciclo celular y división celular; Genética: Mendel y descubrimientos ulteriores; DNA y su participación en la herencia; de DNA a proteína: de genotipo a fenotipo; genética de virus y procariontes; el genoma eucarionte y su expresión. La parte cuatro se llama: *Biología molecular: el genoma en acción* y se presenta en forma de 6 capítulos: Señalización y comunicación celular; DNA recombinante y biotecnología; secuenciación del genoma, biología molecular y medicina; inmunología: expresión de genes y sistemas de defensa naturales; expresión diferencial de genes en el desarrollo; desarrollo y cambio evolutivo. En la quinta parte (*Patrones y procesos evolutivos*), son 5 los capítulos: Historia de la vida sobre la Tierra; mecanismos evolutivos; especies y su formación; evolución de genes y genomas; reconstrucción y uso de filogenias. La parte seis denominada *Evolución de la diversidad* se presenta en forma de 8 capítulos: Bacterias y arqueobacterias: dominios procariontes; origen y diversificación de los eucariontes; plantas sin semillas: del mar a la tierra; evolución de las plantas con semillas; hongos: recicladores, patógenos, parásitos y compañeros de las plantas; orígenes de los animales y evolución de los planes corporales; animales protostomados; animales deuterostomados. Para el caso de la parte siete (*Plantas fanerógamas: forma y función*), los capítulos son 6: Cuerpo de las plantas; transporte en las plantas; nutrición vegetal; regulación del crecimiento de las plantas; reproducción de las plantas fanerógamas; respuestas de las plantas a los desafíos ambientales. A la parte ocho: *Animales: forma y función*, la conforman 12 capítulos: Fisiología, homeostasis y termorregulación; hormonas animales; reproducción animal; desarrollo animal: de genes a organismos; neuronas y sistema nervioso; sistemas sensitivos; sistema nervioso de los mamíferos: estructura y función superior; efectores: cómo hacen las cosas los animales; intercambio gaseoso en animales; sistemas circulatorios; nutrición, digestión y absorción; equilibrio hidrosalino y excreción de nitrógeno.

La última parte (Parte nueve: *Ecología*) consta de 6 capítulos: Ecología y distribución de la vida; conducta y Ecología conductual; Ecología poblacional; Ecología comunitaria; ecosistemas y Ecología global. Biología de la conservación.

Como patrón común, en todos los capítulos de esta obra se incluyen: *Recursos*, como recuadros que anticipan el contenido del capítulo, una guía que presenta los principales títulos formulados como interrogantes para destacar la base de investigación de la ciencia, revisiones intercaladas en el texto con preguntas para estimular el repaso inmediato y resúmenes que destacan los conceptos claves introducidos; también se presentan historias de introducción (denominadas *BioBits*) que ayudan a reconocer cómo el tema del capítulo se vincula al mundo real, e íconos que remiten a las guías y actividades del sitio web del texto. El sitio web complementario se encuentra en idioma inglés (www.thelifewire.com) y contiene materiales como resúmenes interactivos, guías animadas, actividades, tarjetas didácticas, vínculos con experimentos, preguntas interactivas, evaluaciones en línea, términos clave, lecturas recomendadas y glosario.

1. b. Descripción de la estructura general de la literatura especializada de Genética

Estructura del texto complejo 1. Secuenciación de los contenidos

Tabla 52. Ficha correspondiente al texto complejo 1.

Unidad de Muestreo: Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. 2002. Genética. 7ª edición. Ed. Interamericana-McGraw Hill. Madrid. 846 p.
Nivel: Texto complejo (Tc)
Nº de referencia del texto: Nº1
Código del Texto: Tc1 (texto complejo Nº1)

El contenido del texto complejo 1 –Tc1- (Tabla 52) se encuentra organizado en 6 partes divididas en capítulos numerados. Un apéndice de nomenclatura genética, lecturas recomendadas, un glosario, respuestas a problemas seleccionados y un índice. La primera parte denominada *Aspectos generales de la herencia* se desarrolla en 4 capítulos: Genética y ser vivo, patrones de la herencia, bases cromosómicas de la herencia, interacciones génicas. La segunda parte bajo el título *Cartografía genética* (3 capítulos: Principios de cartografía cromosómica en los eucariotas, técnicas especiales para elaborar mapas cromosómicos en eucariotas, transferencia génica en bacterias y sus virus). La tercera parte llamada *Genética molecular* (7 capítulos: Estructura y replicación del DNA, genética de la función del DNA, biología molecular de la función génica, regulación de la transcripción, tecnología del DNA recombinante, aplicaciones de la tecnología del DNA recombinante, genómica). La cuarta parte designada como *Generación de la variación genética* (6 capítulos: Mutaciones génicas,

mecanismos de la mutación génica, mutaciones cromosómicas I: cambios en la estructura cromosómica, mutaciones cromosómicas II: cambios en el número de cromosomas, mecanismos de la recombinación, elementos genéticos transponibles). La quinta parte titulada *Desarrollo* presenta 3 capítulos: Genes extranucleares, el cáncer como enfermedad genética, genética del desarrollo. La sexta parte nombrada *Análisis genético de las poblaciones* lleva 3 capítulos: Genética de poblaciones, genética cuantitativa, genética evolutiva.

Al inicio de cada capítulo se destacan las *Ideas Fundamentales* como referencia a las principales ideas que se van a tratar en el mismo. En el desarrollo de los capítulos se presentan con frecuencia, recuadros llamados *Corolario*, que proporcionan en frases breves, pequeñas síntesis de lo tratado, antes de continuar con el desarrollo de los temas siguientes. Al finalizar cada capítulo se presenta un *Resumen*, con las ideas fundamentales desarrolladas; luego un *Mapa de Conceptos*, actividad que se propone a los alumnos utilizando una serie de términos a relacionar, un *Problema de Integración de Capítulos*, resuelto que intenta incluir los contenidos trabajados en varios capítulos, *Problemas resueltos*, *Problemas*, diseñados con varios niveles de dificultad y un *Problema Paso a Paso* que incluye preguntas y observaciones como ayudas para su resolución.

Estructura del texto complejo 2. Secuenciación de los contenidos

Tabla 53. Ficha correspondiente al texto complejo 2.

Unidad de Muestreo: Klug, Cummings y Spencer, C. A. 2006. Conceptos de Genética. 8° edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 920 p.
Nivel: Texto complejo (Tc)
Nº de referencia del texto: N°2
Código del Texto: Tc2 (texto complejo N°2)

Secuenciación de los contenidos. Estructura del texto Tc2

El contenido del texto complejo 2 –Tc2- (Tabla 53) se encuentra organizado en 5 partes divididas en capítulos numerados y dos apéndices; posteriormente un glosario y un índice. La primera parte denominada *Genes, cromosomas y herencia* en forma de 9 capítulos, se inicia con una introducción a la Genética (Capítulo 1); en este capítulo introductorio se ofrece una visión de conjunto de la biología molecular como vía para conectar los primeros capítulos de la genética de la transmisión con los aspectos moleculares. Aborda luego contenidos como Mitosis y Meiosis (Capítulo 2), Genética mendeliana (Capítulo 3), ampliaciones de la Genética mendeliana (Capítulo 4), cartografía cromosómica en eucariotas (Capítulo 5),

análisis genético y mapas en bacterias y bacteriófagos (Capítulo 6), determinación del sexo y cromosomas sexuales (Capítulo 7), mutaciones cromosómicas: variación en el número y ordenación de los cromosomas (Capítulo 8) y herencia extranuclear (Capítulo 9). La segunda parte bajo el título *DNA: estructura, replicación y variación* se organiza en 3 capítulos que abarcan la estructura y análisis del ADN (Capítulo 10), replicación y recombinación del ADN (Capítulo 11), la organización del ADN en cromosomas (Capítulo 12). La tercera parte llamada *Expresión y regulación de la información genética* está compuesta de 6 capítulos: El código genético y a transcripción (Capítulo 13), traducción y proteínas (Capítulo 14), mutación génica, reparación del ADN y transposición (Capítulo 15), regulación de la expresión génica en procariotas (Capítulo 16), regulación de la expresión génica en eucariotas (Capítulo 17), regulación del ciclo celular y cáncer (Capítulo 18). La cuarta parte designada como *Análisis genómico* consta de 4 capítulos: Tecnología del ADN recombinante (Capítulo 19), genómica y proteómica (Capítulo 20), disección de la función génica: análisis mutacional en organismos modelo (Capítulo 21), aplicaciones y ética de la biotecnología (Capítulo 22). La quinta parte titulada *Genética de los organismos y las poblaciones* se desarrolla en 5 capítulos: Genética del desarrollo de organismos modelo (Capítulo 23), genética cuantitativa y caracteres multifactoriales (Capítulo 24), genética de poblaciones (Capítulo 25), genética evolutiva (Capítulo 26), genética de la conservación (Capítulo 27). En esta estructura, cada capítulo comienza con una sección llamada *Conceptos del capítulo*, que distingue las ideas más importantes que se van a presentar. Por otra parte, en el desarrollo de los capítulos se presentan dos elementos característicos; uno, denominado *¿Cómo lo sabemos?* Que plantea al lector la comprensión de las bases experimentales de algún descubrimiento importante, se requiere que el estudiante relacione conceptos con experimentos. Otro, llamado *Ahora resuelva esto*, dirige al estudiante hacia un problema planteado al final del capítulo y que está relacionado con la discusión previa; se solicita que utilice la comprensión conceptual lograda para la resolución de problemas y se proporcionan sugerencias que colaboren en su solución. Según se enuncia, la finalidad es que “el uso de estos elementos a lo largo de cada capítulo desafíe al estudiante a profundizar en la información que acaban de estudiar.” Se destacan, además, las ilustraciones en color, las fotografías que ilustran y los *diagramas de flujo* que guían visualmente al estudiante a través de protocolos y técnicas experimentales. Cada capítulo concluye con un *Resumen del capítulo* que recupera los principales puntos clave que se han cubierto durante el desarrollo del mismo. En la sección *Problemas y preguntas a discusión*, al final de los capítulos, se ofrecen diversos problemas. Algunos son problemas del “extremo alto” que se encuentran en

la subsección llamada *Problemas extra-picantes*. Las secciones *Ideas y soluciones*, también presentes al final de los capítulos focalizan en el pensamiento analítico de los problemas; como refuerzo, cada capítulo integra cuestiones en *Ahora resuelva esto* con el acompañamiento de sugerencias para su resolución y concluye con una serie de *Problemas y preguntas a discusión*, diseñados con varios niveles de dificultad. En relación a los apéndices, el Apéndice A corresponde a un glosario y el Apéndice B a las respuestas a las actividades que se proponen durante el desarrollo de los temas.

Realizado el análisis precedente de cada obra, en la Tabla 54 se reúnen los aspectos más sobresalientes observados, como características cualitativas, en la estructura general de los textos, que, por sus particularidades, corresponden a textos expositivos, en los cuales, a través de la organización discursiva de los capítulos examinados, se observan los modos de explicar y describir contenidos apoyados en evidencia empírica, tratando de volver comprensible la información, explicando qué, cómo, por qué y cuándo acontece el fenómeno en estudio. En los mismos se presenta una organización discursiva en la que, con matices, se apela a la explicación, descripción y clasificación de los contenidos como estructuras de bajo nivel o demanda cognitiva; pero en ellos también se persigue establecer relaciones causales o cuestionamientos de tipo preguntas y respuestas que son estructuras de nivel alto. Como textos expositivos, se estructuran en base a la definición de un concepto, la ejemplificación y la ejercitación sobre la temática desarrollada, las que responden a los fines didácticos de las obras que se analizan; así, se organizan en función de los posibles destinatarios, como son estudiantes o sujetos que buscan información específica sobre determinados temas o cuestiones de su interés sobre las que desean conocer o profundizar.

Tabla 54. Características generales de los textos analizados.

Textos expositivos		Estructura de los capítulos examinados			Organización discursiva de los capítulos examinados			
Unidades de Análisis	de	Definición Desarrollo	Ejemplificación	Ejercitación	Estructuras de demanda cognitiva de nivel bajo		Estructuras de demanda cognitiva de nivel alto	
					Explicación o Descripción	Clasificación	Establecer relaciones causales	Cuestiones del tipo Preguntas/ Respuestas
Tb1		Introducción y desarrollo con administración paulatina de conceptos desde la perspectiva histórica de la genética clásica	Incluida progresivamente durante el tratamiento del tema, de modalidad simple, algunos combinados con nociones sobre leyes de la probabilidad; otros remiten a ejemplos icónicos de las investigaciones paradigmáticas del campo de la genética.	Intercaladas en el desarrollo del capítulo a modo de evaluación de conceptos de iniciar la explicación del contenido siguiente. También al final del capítulo, como evaluación de conocimientos	Predominan en el desarrollo de los capítulos examinados	Presente pero no predomina en el desarrollo de los capítulos, sino que está incluida en la explicación y descripción	Se recurre a ellas con frecuencia en forma explícita	Cuestiones del tipo Preguntas/ Respuestas Escasas (1-4) Moderadas (5-8) Abundantes (9 o más)
Tb2		Introducción y desarrollo con	Incluida progresivamente durante	Al final de los capítulos, como	Predominan en el desarrollo de	Presente pero no predomina en el	Se recurre a ellas con	Escasas en el cuerpo del texto.

	administración paulatina de conceptos desde la perspectiva histórica de la genética clásica	el tratamiento del tema, de modalidad simple. Vinculados a ejemplos icónicos de las investigaciones paradigmáticas del campo de la genética	cuestionario	los capítulos examinados	desarrollo de los capítulos, sino que está incluida en la explicación y descripción	frecuencia en forma explícita	Moderadas en los apartados destinados a evaluación de conceptos y de conocimientos (Cuestionario corto)
Tb3	Introducción y desarrollo con administración paulatina de conceptos desde la perspectiva histórica de la genética clásica	Incluida progresivamente durante el tratamiento del tema, de modalidad simple, algunos combinados con nociones sobre leyes de la probabilidad; otros remiten a ejemplos icónicos de las investigaciones paradigmáticas del campo de la genética.	Intercaladas en el desarrollo del capítulo a modo de revisión o como investigaciones adicionales que se desprenden de algunas figuras. También al final del capítulo, como autoevaluación, análisis o problemas e investigaciones	Predominan en el desarrollo de los capítulos examinados	Presente pero no predomina en el desarrollo de los capítulos, sino que está incluida en la explicación y descripción	Se recurre a ellas con frecuencia en forma explícita	Abundantes en el cuerpo del texto; se utilizan en el mismo y como preguntas guía a modo de grandes subtítulos que actúan como disparadoras del desarrollo de ciertos segmentos del texto. Abundantes al final del capítulo en los apartados destinados a la autoevaluación, el análisis y la investigación.
Tc1	Introducción y desarrollo con administración de la genética molecular desde los capítulos iniciales combinados con referencia a la genética clásica	Inclusión de ejemplos complejos desde el inicio de la obra, vinculados a experimentos trascendentes de la Genética e inclinados al análisis genético, el análisis cuantitativo y la forma en que se realiza la inferencia genética	Inclusión de problemas resueltos y numerosa cantidad de problemas no resueltos al final del capítulo	Predominan en el desarrollo de los capítulos examinados	Presente pero no predomina en el desarrollo del capítulo, sino que está incluida en la explicación y descripción	Se recurre a ellas con frecuencia en forma explícita	Abundantes en el desarrollo del cuerpo del texto. Abundantes en los apartados finales destinados a Problemas
Te2	Énfasis en conceptos, comprensión del armazón conceptual de la genética y resolución de problemas. Desarrollo con administración paulatina de conceptos desde la perspectiva histórica de la genética clásica y posterior abordaje de la genética molecular	Incluida progresivamente durante el tratamiento del tema, desde modalidad simple a compleja	Intercalados en el texto y al final del capítulo	Predominan en el desarrollo del capítulo	Presente pero no predomina en el desarrollo del capítulo, sino que está incluida en la explicación y descripción	Se recurre a ellas con frecuencia en forma explícita	Abundantes; se presentan en el cuerpo del texto, y en un recuadro llamado "¿Cómo lo sabemos?". Abundantes en apartados destinados a evaluación de conceptos y de conocimientos (Problemas y preguntas de discusión, Problemas extrapicantes)

Dimensión 2. Contextualización de las temáticas objeto de esta investigación en la estructura general de las obras bajo análisis. Unidades de contexto.

Para esta dimensión, en primer lugar, se establecieron las unidades de contexto, es decir, los sectores de los textos bajo análisis en los que se abordan las temáticas de Genética que se analizan en este estudio (Tabla 55).

Tabla 55. Unidades de contexto.

Libro de Texto	Parte, Sección o Unidad	Capítulos	Página/s	Cantidad de páginas
Tb1	Unidad 2 (La célula)	12. El ciclo celular	218-235	17
		Unidad 3 (Genética)	13. Meiosis y ciclos de la vida sexual	238-250
		14. Mendel y la idea del gen	251-273	22
		15. Bases cromosómicas de la herencia	274-292	18
	Tb2	Sección 2 (Genética: las bases celulares y químicas de la herencia)	7. La reproducción celular	127-147
Tb3	Parte 3 (Herencia y Genoma)	8. Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética	148-171	23
		9. Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular	180-205	25
		10. Genética: Mendel y más allá de Mendel	206-231	25
	Parte 6 (La evolución de la diversidad)	27. Origen y diversificación de los eucariontes	582-609	3p. (593 a 595)
	Parte 7 (Las plantas con flor: forma y función)	38. Reproducción en las plantas con flores	818-835	3 p.(820-823)
	Parte 8 (Los animales: forma y función)	42. La reproducción en los animales	896-919	23
		43. Desarrollo animal: desde los genes hasta los organismos	920-941	2 p (921 y 922)
Tc1	Primera parte (Aspectos generales de la herencia)	1. Genética del ser vivo	1-26	26
		2. Patrones de herencia	27-66	39
		3. Bases cromosómicas de la herencia	67-104	37
		4. Interacciones génicas	105-140	35
Tc2	Primera Parte (Genes, cromosomas y herencia)	1. Introducción a la Genética	1-18	18
		2. Mitosis y meiosis	19-42	23
		3. Genética mendeliana	43-72	29
		4. Ampliaciones de la genética mendeliana	73-110	37

Luego se procedió a determinar la cantidad de texto destinado a tratar los temas sobre los que se indaga en este estudio -inspirado en Fernandez Ferrer, 2008- (Tablas 56 y 57).

Tabla 56. Cantidad de texto dedicado a los contenidos gameta y meiosis.

Cantidad de texto	Libro de texto	Segmento del texto	Página/s	Contexto en el que se aborda el contenido
Una página	Tb1	Capítulo 12. El ciclo celular	219, 220	Dinámica del material genético durante el ciclo celular y su organización en células somáticas y reproductoras o gametos
Varios párrafos dispersos en páginas de uno o varios capítulos		Capítulo 13. Meiosis y ciclos de la vida sexual	238, 241, 246 y 248	Los gametos en el contexto del proceso meiótico y la fecundación, y su alternancia en los ciclos de vida sexual
		Capítulo 14. Mendel y el concepto de gen	254	Diversidad de las características genéticas y segregación de alelos a los gametos

	Capítulo 23. La evolución de las poblaciones	459	La variación genética en las poblaciones y gametos.	
	Capítulo 38. Reproducción y Biotecnología de las angiospermas	774, 775	Gametos de las plantas. Desarrollo del gametofito y polinización	
Tb2	Capítulo 46. Reproducción animal	968	Los gametos de los animales. Producción y transporte de los gametos.	
	Capítulo 7. La reproducción celular	137-139 142, 145	Formación de gametos como resultado de la meiosis. Ciclos vitales. Gametogénesis.	
	Capítulo 41. La reproducción	783, 788	La formación de espermatozoides y oocitos en los mamíferos	
	Capítulo 44. Estructuras y reproducción de las plantas	846	Los gametos: el polen y el óvulo	
Tb3	Capítulo 9. Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular	183,193, 194 195-199	Concepto de gameto, noción asociada a meiosis y participación en diversidad reproductiva	
	Capítulo 27. Origen y diversificación de los eucariontes	594	Participación de los gametos en ciclos de vida con alternancia de generaciones en organismos eucariontes fotosintéticos.	
	Capítulo 42. La reproducción en los animales	899	Gametogénesis, orientado al ser humano y plantas, diferencias de tamaño e gametos	
	Capítulo 43. Desarrollo animal: desde los genes hasta los organismos	921 y 922	Características del óvulo y el espermatozoide; proceso de fecundación	
Tc1	Capítulo 2. Patrones de herencia	32	Gametos en el contexto de las deducciones esgrimidas por Mendel para explicar la proporción 1:2:1	
	Capítulo 3. Bases cromosómicas de la herencia	70	Meiosis asociada a reducción cromosómica y formación de gametos.	
Tc2	Capítulo 2. Mitosis y meiosis	32, 34	Gameto asociado a proceso de Meiosis	
Más de una página en un mismo capítulo	Tb3	Capítulo 27. Origen y diversificación de los eucariontes	593-595	Ciclos vitales de eucariontes y alternancia de generaciones
		Capítulo 38. Reproducción en las plantas con flores	820-823	Reproducción sexual en las plantas angiospermas, flor, polinización y fecundación
		Capítulo 42. La reproducción en los animales	899-903	Proceso de gametogénesis orientado al ser humano y las plantas. Diferencias de tamaño entre los gametos masculinos y femeninos.
	Tc2	Capítulo 1. Introducción a la Genética	3-4, 20, 25, 30,33-36	Gameto asociado a Meiosis, a ubicación de genes en cromosomas y nociones de variantes génicas o alelos, genotipo y fenotipo
Un capítulo	Tb1	Capítulo 13. Meiosis y ciclos de la vida sexual	238-250	Descripción del proceso meiótico. Reducción cromosómica. Alternancia de fecundación y meiosis en ciclos de vida sexual, variación genética y evolución
	Tb2	Capítulo 7. La reproducción celular	137-146	Ciclo celular. División celular. Mitosis. El proceso de meiosis, sus fases y hechos clave. Meiosis en organismos con distintos ciclos vitales.
	Tb3	Capítulo 9. Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular	195-200	Caracterización de los cromosomas y el ciclo celular. La división celular. Mitosis; sus etapas y acontecimientos importantes. Meiosis; descripción, etapas y sucesos más significativos.
	Tc1	Capítulo 3. Bases cromosómicas de la herencia	67-104	Se menciona a los gametos en relación con la teoría cromosómica de la herencia y los procesos de división celular, en particular en relación a la descripción de la Meiosis.
	Tc2	Capítulo 2. Mitosis y meiosis	19-42	Proceso de Mitosis y de Meiosis; su descripción e importancia biológica. Los gametos son integrados en el desarrollo de la meiosis
Dos capítulos o más				

Tabla 57. Cantidad de texto dedicado a cruzamientos genéticos, simbología.

Cantidad de texto	Libro de texto	Segmento del texto	Página/s	Contexto en el que se aborda el contenido
Una página				
Varios párrafos dispersos en páginas de distintos capítulos				
Más de una página en un mismo capítulo				
Un capítulo	Tb2	Capítulo 8. Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética	148-171	Las contribuciones de Mendel. La dinámica de la meiosis y las leyes de Mendel. Tablero de Punnett. Determinación cromosómica del sexo. Interacciones. Tipos de dominancia. Alteraciones cromosómicas.
	Tb3	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel	206-231	Leyes de Mendel; terminología básica; simbología. Tablero de Punnett, cálculo de probabilidad; problemas de Genética. Dominancia completa e incompleta. Alelos múltiples, codominancia
Dos capítulos o más	Tb1	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen	251-273	La noción de gen a partir de los trabajos realizados por Mendel. Leyes de la herencia. Vocabulario genético, simbología y cruzamientos. Reglas de la probabilidad. Extensiones de la genética mendeliana: dominancia, codominancia y dominancia incompleta. Alelos múltiples. Herencia poligénica. Patrones de herencia humana. Pedigrí.
		Capítulo 15. Bases cromosómicas de la herencia	274-292	Ubicación de los genes en cromosomas; su comportamiento y la herencia mendeliana. Teoría cromosómica de la herencia. Genes ligados. Investigaciones de Thomas Morgan. Cruzamientos. Alteraciones del número o estructura de los cromosomas; trastornos genéticos.
	Tc1	Capítulo 1. Genética del ser vivo	1-26	Genética y origen del concepto de gen a partir de los trabajos de Mendel. Características y funciones del ADN; formación de proteínas. Genotipo y fenotipo. Variaciones alélicas. Métodos utilizados para estudiar a los genes y las variaciones alélicas
		Capítulo 2. Patrones de herencia	27-66	Los experimentos de Mendel, nociones de caracteres, alelos, dominancia y recesividad. Cruzamientos monohíbridos y dihíbridos. Bases moleculares de la genética mendeliana. Cálculo de proporciones genéticas. Herencia ligada al sexo y cromosomas sexuales. Genética humana, pedigrís, enfermedades cromosómicas.
		Capítulo 3. Bases cromosómicas de la herencia	67-104	Teoría cromosómica de la herencia. Mitosis. Meiosis.
		Capítulo 4. Interacciones génicas	(p.105-140)	Interacciones génicas y alélicas; dominancia completa, incompleta y codominancia
	Tc2	Capítulo 3. Genética mendeliana	43-72	Los trabajos de Mendel, factores hereditarios /genes/alelos. También Fenotipo/Genotipo/homocigota/heterocigota. Tablero de Punnett. Cruzamientos. Simbología
		Capítulo 4. Ampliaciones de la genética mendeliana	73-110	Codominancia, dominancia incompleta, herencia limitada e influida por el sexo. Ligamiento. Alelos múltiples. Simbología. Cruzamientos

En este sentido en el Tb1, los contenidos que se analizan en este trabajo se tratan en la Unidad 2 llamada *La célula*, particularmente en el capítulo 12. El ciclo celular (p. 218-235). También son abordados en la Unidad 3 (*Genética*), en el Capítulo 13. *Meiosis y ciclos de la vida sexual* (p. 238-250), en el 14. *Mendel y la idea del gen* (p. 251-273) y en el 15. *Bases cromosómicas de la herencia* (p. 274-292). En la p. 2019 del capítulo 12 (*El ciclo celular*), se describe el comportamiento del material genético y su dinámica durante las distintas etapas del ciclo celular. También se establece su organización en las células somáticas y en las células reproductoras o gametos. A su vez, en diversas páginas (p. 238, 241, 246 y 248) del Capítulo 13 (*Meiosis y ciclos de la vida sexual*) se hace referencia a los gametos en el contexto del proceso meiótico, de la fecundación, y de su alternancia en los ciclos de vida sexual. De los textos analizados, este es el único que contiene un capítulo destinado en forma exclusiva al proceso meiótico, abordado en el capítulo 13 (p. 238-250) y, como parte de la Unidad 3 (*Genética*); allí se realiza una descripción del proceso meiótico, sus etapas y acontecimientos de importancia, en particular la reducción cromosómica resultante y el proceso de recombinación. Por otra parte, se destaca la alternancia de fecundación y meiosis en los ciclos de vida sexual, retomándose el valor de la reducción cromosómica y el proceso de recombinación en relación a la introducción de variación genética y los procesos evolutivos. Otro capítulo de interés es el 15 (*Bases cromosómicas de la herencia*), que, entre las páginas 274-292 aborda la localización de los genes en cromosomas como bases físicas para explicar su comportamiento y la herencia mendeliana sustentado en la teoría cromosómica de la herencia. Se realiza además un desarrollo sobre las investigaciones de Thomas Morgan y los genes ligados; se ejemplifica con diversos cruzamientos, y finalmente se tratan las alteraciones cromosómicas numéricas y estructurales y los trastornos genéticos que pueden originarse como consecuencia; en otros apartados de la obra se hace referencia también a estos contenidos.

Por otra parte, en el Tb2, las temáticas que son objeto de esta investigación se desarrollan en la Sección 2 del texto, titulada *Genética: las bases celulares y químicas de la herencia*”, en sus capítulos 7 (La reproducción celular, p. 127-147), centrado en el ciclo celular y la división celular, mitosis y meiosis; también en la meiosis en organismos con distintos ciclos vitales y en la formación de gametos. 8 (Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la Genética, p. 148-171) y 9 (Las bases químicas de la herencia: el ADN y su replicación. p. 172-189). Esta sección de la obra tiene continuidad con la Sección 3 llamada *Los genes en acción: estructura, expresión y control de la información genética*, donde se abordan temas relacionados a ellos como el flujo de la información genética y los caminos del ADN a la

proteína (p. 191-210), la regulación de la expresión génica (p. 211-229), los elementos genéticos móviles (p. 248-265), la manipulación de la información genética (p. 266-289), el desarrollo y la ejecución de un programa genético (p.290- 308), la genética y su incidencia en la medicina y en la sociedad (p.309-329). En el capítulo 41 (La reproducción, p. 782-803) de la sección 6 (Biología de los animales) y en el 44 (Estructura y reproducción de las plantas, p. 843-868), correspondiente a la Sección 7 (Biología de las plantas), también se hace referencia a algunos de los tópicos de interés.

En el T3 las temáticas que son objeto de esta investigación se abordan fundamentalmente en la Parte 3 del texto (Herencia y genoma) y se desarrollan en los capítulos 9 y 10; En el Capítulo 9. Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular (p. 180-205), se trata el concepto de gameto asociándolo a la meiosis y su participación en la diversidad reproductiva. El Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 206-231) describe las Leyes de Mendel, la terminología genética básica y su simbología además del uso del Tablero de Punnett y el cálculo de probabilidad vinculados a la resolución de problemas de Genética. La dominancia completa e incompleta, los alelos múltiples y la codominancia también son temáticas objeto de este capítulo.

En la Parte 6 (La evolución de la diversidad), en el Capítulo 27. Origen y diversificación de los eucariontes (p. 582-609), se destinan 3p. (593 a 595) a los ciclos de vida con alternancia de generaciones en organismos eucariontes fotosintéticos y la participación de los gametos en los mismos. También en el Capítulo 38. Reproducción en las plantas con flores (p. 818-835) de la parte 7 (Las plantas con flor: forma y función), se destinan 3 páginas (p. 820 a 823) para relatar las variantes en la reproducción sexual en angiospermas, describiendo el papel de la flor como estructura participante, la polinización y la fecundación. En la parte 8 (Los animales: forma y función), en el Capítulo 42. La reproducción en los animales (p. 896-919), en 4 páginas (p. 899-903) se precisa sobre el proceso de gametogénesis orientado al ser humano y las plantas; en el mismo se señalan las diferencias de tamaño entre los gametos masculinos y femeninos. Finalmente, el Capítulo 43. Desarrollo animal: desde los genes hasta los organismos (p. 920-941) concreta sobre las características del óvulo y el espermatozoide y el proceso de fecundación.

En relación al T1, las temáticas que son objeto de esta investigación se desarrollan en la primera parte de la obra denominada *Aspectos generales de la herencia* en forma de los siguientes cuatro capítulos: el Capítulo 1. Genética del ser vivo (p.1-26), capítulo inicial que, entre otros aspectos, aborda las características y funciones del ADN, la formación de proteínas, el origen del concepto de gen a partir de los trabajos de Mendel, las nociones de

genotipo, fenotipo y variaciones alélicas. Métodos utilizados para estudiar a los genes y las variaciones alélicas; el Capítulo 2. Patrones de herencia (p.27-66), desarrolla los experimentos de Mendel, nociones de caracteres, alelos, dominancia y recesividad; describe los cruzamientos monohíbridos y dihíbridos, las deducciones esgrimidas por Mendel para explicar la proporción 1:2:1, y como consecuencia, se hace referencia a la formación de los gametos en ese contexto. También se introducen las bases moleculares de la genética mendeliana y el cálculo de proporciones genéticas, así como la herencia ligada al sexo, genética humana, pedigrís, enfermedades cromosómicas.

En el Capítulo 3. Bases cromosómicas de la herencia (p.67-104), se desarrollan los procesos de reproducción celular (mitosis y meiosis) y la teoría cromosómica de la herencia; en este contexto la Meiosis es asociada a la reducción cromosómica y la formación de los gametos. Finalmente, el Capítulo 4. Interacciones génicas (p.105-140), trata las mutaciones alélicas y las interacciones entre alelos, la dominancia completa, incompleta y codominancia, así como las interacciones génicas.

Para el Tc2, en esta obra, las temáticas que son objeto de esta investigación se desarrollan en la primera parte denominada *Genes, cromosomas y herencia* que se inicia con un capítulo introductorio llamado Introducción a la Genética (Capítulo 1, p.1-18), en el que se ofrece una visión de conjunto de la biología molecular como vía para conectar los primeros capítulos de la genética de la transmisión con los aspectos moleculares; entre otros aspectos, presenta a los genes ubicados en los cromosomas y las nociones de gameto asociado al proceso meiótico, de variantes génicas o alelos, genotipo y fenotipo. Aborda luego, en los capítulos siguientes, contenidos como Mitosis y Meiosis (Capítulo 2, p. 19-42), describiendo el proceso de meiosis, su importancia biológica y situando a los gametos en el mismo. La genética mendeliana se detalla en el Capítulo 3 (p.43-72), donde se explican los trabajos de Mendel y los conceptos de factores hereditarios genes, alelos, fenotipo, genotipo homocigota y heterocigota. También se avanza centrando la atención en los cruzamientos monohíbridos y dihíbridos, el uso de simbología específica y el recurso que significa el Tablero de Punnett en los procesos de resolución. Las ampliaciones de la Genética mendeliana son el foco del Capítulo 4 (p. 73-110), puntualizando en la codominancia, la dominancia incompleta y la herencia limitada e influida por el sexo, así como en los fenómenos de ligamiento y alelismo múltiple. En este Capítulo se insiste también en el uso de la simbología para realizar cruzamientos.

Como consideración general de las cinco obras analizadas se observa que, en los textos básicos, temáticas como gameto y meiosis son consideradas en diferentes capítulos tomando

en cada uno, algunas de sus dimensiones en función del contexto en que se los utiliza. En cambio, en los textos complejos, las mismas se encuentran menos diseminadas y diversificadas en los capítulos, y son tomadas como parte del desarrollo de núcleos conceptuales más amplios.

Dimensión 3. Corresponde a ciertos *Núcleos conceptuales*, unidades de registro

En relación a los núcleos conceptuales seleccionados, se tomaron como unidades de registro los sectores del texto donde se aborda el concepto, función, origen y esquema de los gametos; la correspondencia entre meiosis, gametogénesis y Leyes de Mendel; la terminología básica de Genética y su simbología específica; los problemas de genética, esquemas y otras representaciones. Para esta dimensión se organizaron protocolos que atendieron a cada núcleo conceptual atendiendo a las representaciones textuales y no textuales.

Representaciones textuales. Gameto

El análisis cualitativo que se realiza a continuación surge del registro que se compila en la Tabla 58. En este sentido, en el volumen designado como Tb1, los autores introducen el concepto de gameto explícitamente, al referirse al ciclo celular, y lo definen en relación a la especie humana como “células reproductoras o gametos (espermatozoides y óvulos), que tienen la mitad de los cromosomas que las células somáticas, es decir un juego de 23 cromosomas” (p.219). En la página 239 se los cita nuevamente (“En los animales y las plantas, las células reproductoras llamadas gametos, son los vehículos que transmiten genes de una generación a la siguiente”). Más adelante (p.241), se refieren a las mismas como células haploides o n , que contienen un conjunto único de cromosomas dando el ejemplo de $n=23$ en los seres humanos. Luego, en la página 246, en una figura donde se compara mitosis y meiosis, se hace referencia a la meiosis como productora de gametos, donde se reduce el número de cromosomas a la mitad y se introduce variación genética en los gametos. Finalmente, en la página 248 se citan las posibles combinaciones de cromosomas maternos y paternos en los gametos resultantes.

En el glosario de la obra se define gameto como “*Célula haploide, como un óvulo o un espermatozoide. Los gametos se unen durante la reproducción sexual para producir un cigoto diploide*”.

Tabla 58. Registros sobre concepto, función y origen de los gametos en los textos bajo análisis.

Unidades de registro. Aspectos analizados

a. CONCEPTO DE GAMETO:

a.1. ¿Se ofrece en del texto una definición de gameto?

SI Tb1; Tb2; Tb3; Tc1; Tc2

- Explícita
- Tb1 (en p.219 complementada con información presente en otras páginas)
- Tb2 (en p.137 complementada con información presente en otras páginas)
- Tb3 (en p.182 complementada con información presente en otras páginas)
- Tc1 (en el glosario p.815)
- Tc2 (en el glosario p. 803)
- Implícita
- Tc1 (en el cuerpo del texto, p.3, 32)
- Tc2 (en el cuerpo del texto p.20)

NO

a.1. ¿Cuáles son las características de esta definición?

- Única
- Disgregada. Tb1; Tb2; Tb3; Tc1; Tc2

a.2. ¿Cuáles son las dimensiones que abarca la definición?

- Gameto/ Célula sexual/ Célula reproductora/con información genética de los progenitores/Tipos especiales de células. Tb1 (p.219); Tb2 (p.137); Tb3 (p.182); Tc1 (p.815 –glosario-); Tc2 (p. 4, p. 803 -glosario-).
- Celula con la mitad del N° cromosómico de la especie/ Célula haploide o n, que resulta de la meiosis, gametogénesis. Tb1 (p.241, 247); Tb2 (p.137); Tb3 (p.183, 193, 899); Tc1 (glosario p.815); Tc1 (p. 27, 32, 81); Tc2 (p.4, 803-glosario).
- Célula que aporta diversidad genética como ventaja evolutiva. Tb1 (p.247-249); Tb2 (p.138, 139, 361); Tb3 (p.193); Tc2 (p.33, 35)

a. 3. ¿En que contexto se presenta?

- En un tema o unidad.
- En varios temas o unidades. Tb1 (Capítulos 12 y13); Tb2 (Capítulos 7, 18, 41, 44); Tb3 (Capitulos 9, 38, 42); Tc1 (Capítulos 1 y 2); Tc2 (Capítulos 1 y 2)
- En el Glosario de la obra. Tb1; Tb2; Tb3; Tc1 (p.815); Tc2 (p.803)

b. FUNCIÓN DE LOS GAMETOS:

b.1. ¿Se hace referencia explícita/implícita a las funciones de los gametos?

SI. Tb1 (explícita, p.219 p.239); Tb2 (implícita, p. 137, 142, 146); Tb3 (implícita en p.195 complementada con información presente en otras páginas); Tc1 (explícita, p. 3); Tc2 (explícita, p.4).

• **NO**

b. 2. ¿Se asocia el término a sus diversas funciones?

SI

- Producir descendencia y contribuir a la perdurabilidad de las especies. Tb3 (p.183); Tc1 (p.3); Tc2 (p.4)
- Originar individuos diploides manteniendo el número cromosómico de la especie. Tb2 (p.137); Tb3 (p.195); Tc2 (p.4, 20).
- Transmitir las características propias de la especie/material genético a la siguiente generación. Tb2 (p.127); Tb3 (p.193, 203); Tc2 (p.25)
- Contribuir a la variación genética de la descendencia. Tb2 (p.142); Tb3 (p.183, 193); Tc2 (p.33, 35)
- Implicados en ciclos de vida reproductivos sexuales. Tb3 (p.183, 193, 194)
- Resultar clave en el proceso evolutivo, mayores posibilidades de adaptación. Tb2 (p.146); Tb3(p.195)

NO

b.3. ¿Se describen procesos vinculantes entre meiosis-gametogénesis-gameto y principios de genética?

SI (¿cómo?)

- Tb1: p. 240 y 241 (Capítulo 13), intracapítulo
- Tb2: En capítulo 7 intracapítulo y vinculaciones superficiales a capítulos 8,9 y 10
- Tb3: Meiosis y Gameto al interior del capítulo 9 (Los cromosomas y la división celular), pero no con gametogénesis. Este se asocia a meiosis en la p. 899 del capítulo 42 (La reproducción en los animales), donde se referencia a capítulos 9 (Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular) y 10 (Genética: Mendel y más allá de Mendel) en relación al entrecruzamiento y la segregación independiente.
- Tc1: p. 27, 32-36 (Capítulo 2), p. 81 (Capítulo 3); en el capítulo 2 la articulación es intracapítulo. Sin embargo, en el Capítulo 3, durante el desarrollo del proceso meiótico, se referencia hacia el Capítulo 5 donde se aborda en detalle el proceso de recombinación.
- Tc2: Capítulos 1 y 2, intracapítulo. En el Capítulo 1 (Introducción a la Genética), se vincula a los gametos con la meiosis y se hace referencia a los genes, los alelos, genotipo y fenotipo. La asociación entre gametos y meiosis se retoma en el Capítulo 2 (Mitosis y meiosis), abordándose además el proceso de gametogénesis.

NO

c. ORIGEN DE LOS GAMETOS:

c. 1. ¿Relaciona a la meiosis/gametogénesis con la formación de los gametos?

SI. Tb1, disgregado; Tb2 disgregado; Tb3 disgregado; Tc1 concretamente; Tc2 concretamente

- Proceso de gametogénesis. Tb1 (p. 973-975); Tb2 (p.139) Tb3 (p.899); Tc2 (p.34-36)
- División celular meiótica. Tb1 (p. 241 y 242); Tb2 (p.137); Tb3 (p.183); Tc1 (p.70-72); Tc2 (p.30-36)
- Producto del entrecruzamiento, segregación independiente y reducción cromosómica. Tb1 (p. 243, 247 y 248); Tb2 (p.138); Tb3 (p.199); Tc1 (p. 70 que direcciona hacia el Capítulo 5 donde se aborda en detalle); Tc2 (p.31)

NO

En el índice del Tb1, para la noción de gameto, se direcciona a la página 241 ya comentada, y a otras páginas de la obra, que aportan información diversa sobre la noción, como el número de cromosomas de los gametos (p. 219), la meiosis (p. 220), la distribución independiente de los cromosomas y la variación genética (p. 247), la ley de segregación y alelos para la diversidad en las características genéticas (p. 254), la variación genética de las poblaciones (p. 459), gametofitos y gametos de las plantas (p. 771), gametos de los animales (p. 968).

En el caso del Tb2 se mencionan los gametos en la en la página 137 del Capítulo 7 (La reproducción celular), al referirse a la división celular se alude en forma explícita, al espermatozoide y al óvulo como dos tipos especiales de células de cuya fusión resulta el cigoto; en otra región de la misma página, se centra la atención en la dotación cromosómica de las células haploides, diploides y poliploides y se indica que “las células sexuales o gametos tienen exactamente la mitad del número de cromosomas que las células somáticas del organismo”, se indica como número haploide al número cromosómico de los gametos y se habla también de la fusión de un gameto femenino y otro masculino como proceso responsable de restablecer el número cromosómico diploide. En el Capítulo 18 (Las bases genéticas de la evolución, p-353-365), en el contexto de la genética de poblaciones se retoma la variabilidad genética como materia prima del cambio evolutivo y se señala que en la producción de nuevas combinaciones genéticas tiene su importancia, entre otros factores, el proceso de fecundación y la combinación al azar de los genomas parentales (p. 361). En el capítulo 41 (La reproducción, p. 782-803) de la sección 6 (Biología de los animales) se aborda el tema de modo general e introductorio en aproximadamente una página; el resto del capítulo se centra en los sistemas reproductores femenino y masculino de los mamíferos, pero focalizado en el hombre como especie, en la descripción de la ovogénesis y espermatogénesis (sin nombrar como gametos a óvulos y espermatozoides), la actividad hormonal, la fecundación y embarazo. En el capítulo 44 (Estructura y reproducción de las plantas, p. 843-868), correspondiente a la Sección 7 (Biología de las plantas), se hace alusión al grano de polen y al óvulo como gametos, y a su unión en la fecundación (p. 846-848). En el Glosario del Texto 2 se define gameto como “(Gr. *gamein*, esposa): célula reproductora haploide cuyo núcleo se fusiona con el otro gameto de un tipo de apareamiento –o sexo- opuesto (fecundación); la célula resultante (cigoto) puede desarrollar u individuo diploide nuevo, o en algunos protistas, algas y hongos, puede sufrir meiosis y formar células somáticas haploides”. Por otra parte, el índice de la obra referencia el término gameto a la página 137 sobre la que ya se ha comentado, donde aparecen dispersas, algunas dimensiones de la noción.

En el Tb3 se presenta una definición explícita de los gametos, refiriéndose a ellos como “células sexuales que provienen de los organismos parentales (es decir, un espermatozoide y un óvulo)” (p.182), y se hace referencia a su unión para originar un cigoto que contendrá material genético de ambos progenitores; sin embargo se ofrecen de modo disgregado otros datos que aportan a una conceptualización más compleja del término, y más adelante (p. 183), se señala a la meiosis como mecanismo productor de gametos (implicados en la reproducción sexual), la cual genera diversidad por entrecruzamiento del material genético, dando como resultado nuevas combinaciones de genes. Posteriormente en la página 193, al referirse a la meiosis se alude a los gametos como células con el número cromosómico de la especie reducido a la mitad, célula haploide o célula n ; este aspecto se aborda también en la página 899 (Capítulo 42) al tratarse la reproducción sexual y la gametogénesis. En el capítulo 38 (Reproducción en las plantas con flores, se cita a la oosfera como gameto femenino y a los granos de polen como contenedores de gametos masculinos. En el Glosario del Texto se ofrece la siguiente definición del término gameto: “(gr. *gamete/gametes*, esposa, esposo). *Célula reproductora sexual madura: el óvulo o el espermatozoide*”. En el índice, al buscar el término gameto, se remite a la página 183 ya citada, y a las páginas 585 y 594 que refieren a los ciclos de vida de alternancia de generaciones y a la página 899 donde se trata la gametogénesis.

En la obra Tc1, el concepto de gameto subyace en el tratamiento de la naturaleza de los genes y el modo en que estos llevan a cabo su papel biológico; allí se menciona que el mismo se vincula a un “...tipo celular que asegurará la continuación de una especie de una generación a otra. En plantas y animales estas células son los gametos: óvulo y espermatozoide” (p.3). En cambio, en el Glosario (p.815), gameto se define explícitamente como “Célula haploide especializada que se fusiona con un gameto del sexo o tipo sexual opuesto para formar un cigoto diploide; en mamíferos, un óvulo o un espermatozoide”. En el índice (p. 847), se referencia a la página antes citada y a la p. 27 en el contexto de la segregación de los alelos en la meiosis y el contenido gamético en la formulación de las Leyes de Mendel (p.32).

En el Tc2 al término gameto se lo menciona en forma reiterada en diferentes páginas (p.3, 4, 19, 20, 25, 30 y 33-36), pero no se lo define explícitamente; sin embargo, al definir al proceso meiótico, se ofrece una conceptualización del mismo que contiene implícita la definición de gameto: “La meiosis es parte de un tipo especial de división celular que da lugar a la producción de células sexuales: los gametos o las esporas.” (p.20). En el Glosario de la obra se define el concepto explícitamente como “Célula reproductora especializada con un número de cromosomas haploide” (p.803). En el índice, en la página 869 se direcciona a la página 20

por el concepto de Gametos, y a otras páginas por temas vinculados a ellos como consecuencias de las inversiones durante la formación de los gametos (p.232-233, 232, 233), desarrollo de los gametos (p.30-36, 34), gametos no recombinantes (p.112), gametos paternos (p.112), gametos recombinantes (p.112), gametos entrecruzados (p.112).

Analizada la literatura básica de Biología, se observa como patrón común que las nociones que se ofrecen aparecen de modo disgregado en el cuerpo del texto y el glosario del mismo; estas se complementan con otras ideas que se presentan en forma separada en el resto del manuscrito y que se administran en forma progresiva con los desarrollos de las diferentes temáticas relacionadas a la noción; en este sentido corresponden al nivel 1 (N1) o nivel 2 (N2) de acuerdo a su complejidad. Solo se lograría una conceptualización de nivel 3 (N3) en el caso de reunirse las distintas dimensiones aportadas en forma parcial, en una única definición que no está presente. En lo concerniente a los textos complejos de Genética, la conceptualización de gameto se presenta como una noción cuyo significado es al menos conocido por el lector y es tratada de manera inclusiva en el proceso de meiosis ya que son el resultado de dicho proceso; resultan de un nivel de complejidad simple (N1) a intermedio (N2), tal vez por resultar el concepto una noción que debe ser conocida y es necesaria, para poder acceder al análisis de contenidos de mayor complejidad. Esta idea se refuerza al observar el abordaje de los últimos temas de ambas obras, asociados a la genética de poblaciones, la genética evolutiva y la genética de la conservación. En estas obras se presentan referencias al concepto que, si bien de complejidad simple/intermedia, resultan útiles para un lector neófito o para recordar conceptos; sin embargo, como ocurre con los textos básicos no se encontró un concepto contenedor de las diversas dimensiones que corresponderían a un nivel 3 (N3).

Funciones de los gametos

Si tomamos como referencia los libros de texto considerados básicos, encontramos que las diversas funciones de los gametos son expresadas en forma disgregada en las diferentes obras; así, en el Tb1 se los señala explícitamente como “los vehículos que transmiten genes de una generación a otra” (Campbell y Reece, 2007, p. 239); se describen además las vinculaciones entre el proceso de meiosis la gametogénesis y formación de los gametos, como así también de estos con los principios de genética. En las páginas 240 y 241 (Capítulo 13. Meiosis y ciclos de vida sexual) se describe la relación entre cromosomas, meiosis,

gametos, fecundación y constancia del número cromosómico de la especie a través de una situación hipotética donde se toma como ejemplo el ciclo de vida humano. Si bien al final del capítulo 13 se cita que en el capítulo siguiente (Capítulo 14. Mendel y el concepto de gen) se describirá el modo en que Mendel descubrió las reglas básicas que gobiernan la herencia de los rasgos específicos, no se advierte una vinculación entre ambos capítulos ni asociación con los principios de genética.

En el Tb2, las funciones aparecen en forma implícita en las páginas 137, 142, 146, asociándolas con el restablecimiento del número cromosómico de la especie (p.137), originar individuos diploides (p.137), señalándose la vinculación entre meiosis, gameto y gametogénesis, en el capítulo 7 (la reproducción celular) y entre el capítulo 7 con capítulos 8, 9 y 10, donde se recorren los principales eventos que marcaron el nacimiento de la genética y se analizan los descubrimientos que llevaron a la definición y la reformulación del concepto de gen. En el capítulo en la p. 143 se destaca a la fecundación de los gametos como fuente de variabilidad genética. En el capítulo 8 (Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la Genética), se destina una página (p.155) en la que se relacionan los genes, los cromosomas, las leyes de Mendel y la dinámica de la Meiosis. Posteriormente se avanza, en el capítulo 16 a tratar la relación entre Genética, medicina y sociedad, en el 18 a plantear las bases genéticas de la evolución, en el 19 los procesos del cambio evolutivo y en el 41 la reproducción; este capítulo aborda el proceso de reproducción en mamífero con el acento puesto en el ser humano. El término se vincula a originar individuos diploides manteniendo el número cromosómico de la especie (p.137), transmitir las características propias de la especie/material genético a la siguiente generación (p.127), transmitir las características propias de la especie o el material genético a la siguiente generación (p.127), contribuir a la variación genética de la descendencia (p.142), resultar clave en el proceso evolutivo, ofreciendo mayores posibilidades de adaptación (p.146).

En el Tb3, las funciones aparecen implícitas en la página 195 complementada con información presente en otras páginas. El término se vincula a originar individuos diploides manteniendo el número cromosómico de la especie (p.195), transmitir las características propias de la especie/material genético a la siguiente generación (p.193, 203), transmitir las características propias de la especie o el material genético a la siguiente generación (p.193, 203), contribuir a la variación genética de la descendencia (p.183, 193), implicados en ciclos de vida reproductivos sexuales (p.183, 193, 194), resultar clave en el proceso evolutivo, ofreciendo mayores posibilidades de adaptación (p.195).

En el Tc1 se refiere a gameto (p.3) en relación a la naturaleza de los genes y el modo en que llevan a cabo su papel biológico "...tipo celular que asegurará la continuación de una especie de una generación a otra. En plantas y animales estas células son los gametos: óvulo y espermatozoide". En el Capítulo 2 (Patrones de la Herencia) en la página 27 se formulan como parte de las ideas fundamentales del capítulo, las siguientes: "Los patrones hereditarios se basan en la conducta de los cromosomas durante la meiosis. Durante la formación de los gametos, cada miembro de un par génico segrega (se distribuye) a la mitad de los gametos. Durante la formación de los gametos, dos genes situados en pares cromosómicos distintos se comportan de manera independiente." Se hace referencia a los gametos en el contexto de las deducciones esgrimidas por Mendel para explicar la proporción 1:2:1 en la página 32: "3. Principio de segregación. Los miembros de un par génico segregan (se separan) de forma igualitaria entre los gametos (óvulos y espermatozoides). 4. Contenido Gamético. Como consecuencia de lo anterior, cada gameto contiene un miembro de cada par génico. 5. Fecundación al azar. La unión de un gameto de cada parental para formar la primera célula (cigoto), de un nuevo individuo descendiente ocurre al azar, es decir, los gametos se combinan independientemente de cual sea el miembro (alelo) del par génico que contengan". Estas ideas se retoman en la formulación de las leyes de la herencia (p. 27, y 32-36, Capítulo 2), y en la p. 81 del Capítulo 3; en el capítulo 2 la articulación es intracapítulo. Sin embargo, en el Capítulo 3, durante el desarrollo del proceso meiótico, se referencia hacia el Capítulo 5 donde se aborda en detalle el proceso de recombinación. En el Capítulo 2 (Patrones de la Herencia) en la página 27 se formulan como parte de las ideas fundamentales del capítulo, las siguientes: "Los patrones hereditarios se basan en la conducta de los cromosomas durante la meiosis. Durante la formación de los gametos, cada miembro de un par génico segrega (se distribuye) a la mitad de los gametos. Durante la formación de los gametos, dos genes situados en pares cromosómicos distintos se comportan de manera independiente."). También en el Capítulo 2, en las formulaciones de las leyes de la herencia 32-36. En el Capítulo 3 (Bases cromosómicas de la Herencia) en relación a la genética mendeliana en los ciclos de vida eucarióticos (p. 81).

Para el Tc2 las funciones gaméticas se formulan en forma explícita en la página p.4 ("Las células producidas por meiosis reciben una sola copia de cada cromosoma, llamado el número haploide (n) de cromosomas. Esta reducción en el número de cromosomas es esencial si los descendientes que surgen de dos gametos tienen que mantener el número constante de cromosomas característico de sus padres y de otros miembros de su especie"); luego se incorporan otras en páginas posteriores (p. 20, 33 y 35) como la de introducir variabilidad

genética a la descendencia y la de conservar el número cromosómico de la especie. En la primera parte de la obra, titulada como Genes, cromosomas y herencia, en el Capítulo 1 (Introducción a la Genética), se vincula a los gametos con la meiosis y se hace referencia a los genes, los alelos, genotipo y fenotipo. La asociación estrecha entre Gametos y Meiosis se retoma en el Capítulo 2 (Mitosis y meiosis), abordándose además el proceso de gametogénesis. Las potencialidades que resultan clave en el proceso evolutivo; este aspecto es abordado directamente, en el Tc2 en los capítulos que corresponden a la Quinta Parte de la obra, Genética de los organismos y poblaciones. El término se vincula a producir descendencia y contribuir a la perdurabilidad de las especies en el tiempo (p.4), originar individuos diploides manteniendo el número cromosómico de la especie (p.4, 20), transmitir las características propias de la especie/material genético a la siguiente generación (p.25), transmitir las características propias de la especie o el material genético a la siguiente generación (p.25), contribuir a la variación genética de la descendencia (p.33, 35). En este texto, en la primera parte de la obra, titulada Genes, cromosomas y herencia, en el Capítulo 1 (Introducción a la Genética), se vincula a los gametos con la meiosis y se hace referencia a los genes, los alelos, genotipo y fenotipo. La asociación estrecha entre Gametos y Meiosis se retoma en el Capítulo 2 (Mitosis y meiosis), abordándose además el proceso de gametogénesis. Pero en ambos casos la asociación es intracapítulos.

Lo mismo que para el concepto o definición, se observa como patrón común en los textos básicos, que las nociones sobre las funciones de los gametos se complementan con otras que se presentan en forma separada en el resto del manuscrito y que se suministran de modo progresivo con los desarrollos de las diferentes temáticas relacionadas al contenido. En cambio para los textos complejos las funciones de los gametos se consideran de un modo integrado con la división celular meiótica, dado que los mismos son células que resultan de dicho proceso, aludiendo a conceptualizaciones complejas, que refieren al valor funcional de los gametos y citando entre ellas las potencialidades que resultan clave en el proceso evolutivo. Este aspecto es abordado directamente en los últimos tres capítulos del Tc1 (Capítulo 24. Genética de poblaciones; Capítulo 25. Genética cuantitativa; Capítulo 26. Genética evolutiva). En el Tc2 se tratan en los capítulos que corresponden a la Quinta Parte de la obra, Genética de los organismos y poblaciones (Capítulo 25. Genética de poblaciones; Capítulo 26. Genética evolutiva; Capítulo 27. Genética de la conservación).

Origen de los gametos

Con respecto al origen de los gametos, en los textos básicos (Tb1, Tb2, Tb3) la relación entre meiosis con gametogénesis y de estas con la formación de los gametos se presenta de modo disgregado en distintas partes del texto: Proceso de gametogénesis (Tb1 en p. 973-975; Tb2 en p.139; Tb3 en p.899), división celular meiótica (Tb1 en p. 243, 247 y 248; Tb2 en p.137; Tb3 en p.183), producto del entrecruzamiento, segregación independiente y reducción cromosómica (Tb1 en p. 243, 247 y 248; Tb2 en p.138; Tb3 en p.199).

En relación a los textos complejos, en la página 70 del Tc1 se hace referencia a los gametos haploides como producto de la meiosis y se menciona la meiosis asociada a reducción cromosómica y formación de gametos: “En los animales y plantas los productos meioticos se transforman en gametos haploides. En la especie humana y otros animales, la meiosis tiene lugar en las gónadas: esperma (o más apropiadamente, espermatozoides) y óvulos. En las plantas con flor, la meiosis tiene lugar en las anteras y los ovarios, y los productos de la meiosis se llaman meiosporas, que al final darán lugar a los gametos.” Para el caso del Tc2, en la p. 4 de esta obra se cita "La meiosis es una forma de división celular asociada con la formación de los gametos en los animales y de las esporas en muchos vegetales". La asociación estrecha entre Gametos y Meiosis se retoma en el Capítulo 2. Mitosis y meiosis; en la página 20 del mismo se señala que “La meiosis es parte de un tipo especial de división celular que da lugar a la producción de células sexuales: los gametos o las esporas. Este proceso es un paso esencial en la transmisión de la información genética de un organismo a sus descendientes.” Luego, en otros apartados del texto se refuerza esta relación: “Los conceptos de número haploide, número diploide y cromosomas homólogos son importantes para entender la meiosis. Durante la formación de los gametos, o de las esporas, la meiosis reduce el número diploide de cromosomas al número haploide. Por ello, los gametos, o esporas, haploides tienen exactamente un miembro de cada una de las parejas de cromosomas —es decir, una dotación haploide completa. Después de la fusión de los dos gametos en la fecundación, se restablece el el número diploide; es decir, el cigoto tiene dos dotaciones haploides completas de cromosomas. De esa manera se mantiene la constancia del material genético de generación en generación.” (p.25). La relación entre meiosis/gametogénesis con la formación de los gametos aparece concretamente en relación a proceso de gametogénesis (p.34-36), división celular meiótica (p.30-36), producto del entrecruzamiento, segregación independiente y reducción cromosómica (p.4, 20, 30 y 31); en p.4 reza “Las células producidas por meiosis reciben una sola copia de cada cromosoma, llamado el número haploide (n) de cromosomas”; en p. 30 “La meiosis reduce el número de cromosomas de

diploide a haploide en las células germinales y en las esporas”; “La meiosis tiene que ser muy específica, ya que, por definición, los gametos o esporas haploides tienen exactamente uno de los miembros de cada una de las parejas de cromosomas homólogos.” (p.30)

Después de la citocinesis, en la telofase II se pueden producir cuatro gametos haploides como resultado de una única meiosis. Al final de la meiosis, no sólo se habrá conseguido el estado haploide, sino que, si ha habido entrecruzamiento, cada mónada será una combinación de información genética paterna y materna. Por ello, los descendientes que se producen por la unión de gametos recibirán una mezcla de la información genética presente originalmente en sus abuelos paternos o maternos. Por ello, la meiosis incrementa significativamente el nivel de variación genética en cada una de las sucesivas generaciones (p.33).

En las páginas 34 a 36 se hace referencia a espermatogénesis y oogénesis en relación a la meiosis. También se señalan como puntos significativos de la meiosis el mantenimiento de la constancia de la información genética entre generaciones y la producción de enorme variación genética en las poblaciones. Además, se destaca el importante papel que la meiosis juega en los ciclos biológicos de hongos y vegetales.

En los animales, la meiosis da lugar a la formación de los gametos, mientras que en los vegetales se producen esporas haploides, que a su vez dan lugar a la formación de gametos haploides. Además, el mecanismo de la meiosis es la base para la producción de una enorme variación genética entre los miembros de una población (p.35)

Recapitulando, la relación entre meiosis con gametogénesis y con la formación de los gametos se presenta de modo disgregado en distintas partes de los textos. Esto es más notorio en los textos básicos; sin embargo, en los textos complejos se observa un patrón similar, aunque no tan marcado.

Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto

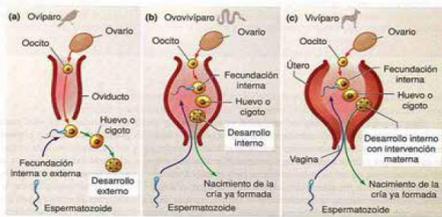
Para el análisis de las imágenes de gameto se procedió del mismo modo que para las representaciones textuales, es decir que se partió de los registros en forma de tabla sobre los aspectos de interés (Tabla 59).

Tabla 59. Unidades de registro. Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto.

Unidades de registro. Aspectos analizados
<p>1. d. IMAGEN DE LOS GAMETOS:</p> <p>d.1. ¿Se presentan imágenes en forma de dibujos, fotografías que representan a los gametos?</p> <p>Si</p> <p>Tb1: Dibujos. p. 241 (ciclo vital del ser humano); p. 974 y 975 (gametogénesis humana); p. 599 (estructura floral, con óvulos en ovario); p.599, 600 y 772 (ciclos de vida angiospermas, alternancia de generaciones).</p> <p>Tb2: Dibujos y fotografías. Dibujos: fecundación en vertebrados (p. 784); túbulos seminíferos y espermatozoides ser humano (p.785). Fotografías: granos de polen angiospermas (p.847); espermatozoide humano (p.787); oocito humano (p.790)</p> <p>Tb3: Dibujos y Fotografías. p. 201 del capítulo los cromosomas, el ciclo celular y la división celular; p. 900-903 y en p. 907 y 921 del capítulo la reproducción en los animales.</p> <p>Tc1: Dibujo p. 3 del capítulo genética del ser vivo.</p> <p>Tc2: Dibujo p. 34 del capítulo mitosis y meiosis; esquema de gametogénesis de animales en el contexto de la meiosis</p> <p>NO</p> <p>d.2. ¿cuáles son sus características? (¿tienen detalles/referencias/diferencias de tamaño?)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imagen con detalles y referencias: <p>A. Células de distinto tamaño. Tb1, p.241, 974 y 975; Tb2, p.138, 790, 847; Tb3, p. 201, 902, 903, 921; Tc1, p.81; Tc2, p.34</p> <p>B. Células de igual tamaño. Tb3, p. 594 (algas)</p> <p>C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto. Tb2, p.785; Tb3, 901, 907</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imagen sin detalles ni referencias: <p>A. Células de igual tamaño. Tc1 (p.3, p. 32)</p> <p>B. Células de distinto tamaño. Tb2 (p.784,); Tb2, p. 784</p> <p>C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto. Tb2 (p.787)</p> <p>d.3. ¿A qué especies o grupos remiten o vinculan? (al hombre, a los mamíferos, a otras especies (¿cuáles):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tb1: especie humana (p. 241, p. 974 y 975), a las plantas (p. 576, 599, 600,772) • Tb2: especie humana (p.144, 785, 787, 790), mamíferos (p.137 y 138), vertebrados (p.784 y 785), plantas y algas unicelulares (p.143, p. 847). • Tb3: especie humana (p.201, p.921), mamíferos (p.903), animales (p.900), erizo de mar (p.901, 902), algas (p.594) • Tc1: especie humana (p. 3), maíz (p.81) • Tc2: animales en general (p.34).

Así, en el Tb1 se presentan imágenes en forma de dibujos o esquemas que representan a los gametos en diferentes circunstancias. En p. 241 en el contexto de una figura referida al ciclo vital del ser humano se esquematiza a los gametos masculino y femenino con detalles y referencias en ambas células (Figura 54, A), en el mismo se aprecia una diferencia de tamaño entre el óvulo (mayor) y el espermatozoide (menor). Lo mismo ocurre en la p. 974 en una figura que representa la ovogénesis humana (Figura 54, B). En cambio, en la ilustración de p.975 (Figura 54, C) no se observan diferencias de tamaño por tratarse del proceso de espermatogénesis humana y presentarse solo la representación de un tipo de gameto, los espermatozoides, en los cuales se ofrecen detalles y referencias en cuanto a su estructura. En las p. 600, 772 y 774 del Tb1 se presentan ilustraciones que corresponden a la estructura de una flor identificando los óvulos en el ovario, y al ciclo de vida de angiospermas donde se distingue a gametos masculinos y óvulos. Se trata en todos los casos de dibujos figurativos con signos y símbolos, dado que, como definen Perales y Jimenez (2002) para el grado de iconicidad, en ellos “prima la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad” (p.376). En cambio, en la página 576 se presenta una ilustración del tipo dibujo esquemático + signos que corresponde a un ciclo de alternancia de generaciones

Fig. 41-2. TIPOS DE REPRODUCCIÓN DE LOS VERTEBRADOS. (a) Esquema básico que representa el sistema reproductor en hembras ovíparas en las que la fecundación puede ser externa, como en la mayoría de las peces o interna como en las aves, pero el desarrollo siempre es externo. (b) En las especies ovovivíparas, la fecundación es interna, así como el desarrollo, pero no hay aporte de nutrientes por parte de la madre. (c) Los animales que poseen fecundación y desarrollo interno, en el que la madre proporciona protección, nutrientes y oxígeno, se denominan vivíparas.



A

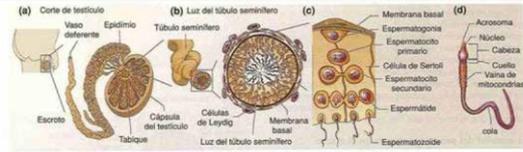


Fig. 41-4. VIAJE POR UN TUBULO SEMINIFERO. (a) Corte de un testículo, en el que se encuentran los túbulos seminíferos diametralmente espigados y el epididimo, donde las espermatozoides maduran y adquieren movimiento. (b) Corte transversal del túbulo seminífero. Las células intersticiales o de Leydig, que se encuentran en el espacio conjuntivo entre los túbulos, producen el hormona masculina testosterona. (c) Corte transversal de un fragmento de un túbulo seminífero que muestra la espermatogénesis hasta la formación de espermatozoides. Los espermatogonios se diferencian en espermatozoides primarios. En la primera división meiótica, cada uno de estas células (2n) se divide en dos células de igual tamaño (n). Los espermatozoides secundarios. En la segunda división meiótica se forman cuatro espermatozoides de igual tamaño. Cada uno de ellos se diferencia en un espermatozoide. Las células de Sertoli actúan como soporte y proporcionan nutrición durante todo el proceso de formación de espermatozoides. (d) Esquema del espermatozoide humano.

B



Fig. 44-2. EL GAMETOFITO FEMENINO Y LA FECUNDACIÓN EN LAS ANGIOSPERMAS. El tubo polínico del gametofito masculino, a grupo de polen, crece a través del estilo y entra en un óvulo que contiene el gametofito femenino de una célula (el saco embrionario). Uno de los núcleos espermáticos se une con la oocitona y se forma el cigoto. El otro núcleo espermático se fusiona con los dos núcleos polares contenidos en una sola célula grande que en la forma usual le mayor parte del óvulo. Una hembra típica produce una célula haploide (2n) de la cual se originará el endosperma. El espacio que se muestra aquí contiene un saco óvulo.

Figura 55. Dibujo figurativo + signos, Tb2. A. Tipos de fecundación en vertebrados (p. 784). B. Características morfológicas de testículos, túbulos seminíferos y espermatozoides humanos (p.785). C. Gametofito femenino y fecundación en Angiospermas (p.847).

Una ilustración más compleja que combina dibujo figurativo + signos con dibujo esquemático + signos es la que se brinda en p. 138 donde se presenta una figura donde se vincula el proceso de meiosis, formación de gametos y fecundación (Figura 56, A). En las fotografías en general no se explicita si las mismas corresponden a microscopía óptica, electrónica u otro tipo de microscopía -eg. fotografía de espermatozoides humano (p.787)- (Figura 56, B).

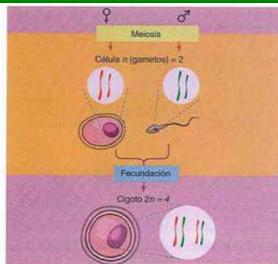


Fig. 7-13. SEPARACIÓN Y REUNIÓN DE LOS CROMOSOMAS HOMÓLOGOS. Durante la meiosis, los miembros de cada par de cromosomas homólogos se separan y cada gameto haploide (n) producido a partir de una célula diploide (2n), lleva sólo un miembro de cada par. En la fecundación, los núcleos del espermatozoide y del óvulo se unen en el cigoto, cuyo núcleo contiene, nuevamente, los cromosomas homólogos de a pares. Cada par está formado por un cromosoma homólogo proveniente de un progenitor y el otro homólogo proveniente del otro progenitor. En los diagramas como los anteriores rojo y verde para diferenciar los cromosomas paternos de los maternos.

A



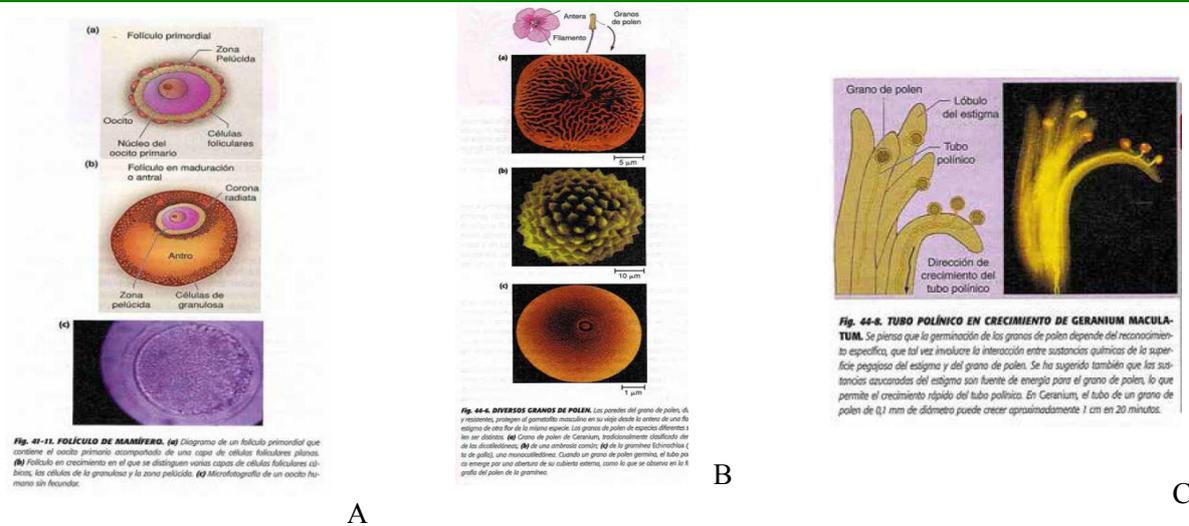
Fig. 41-4. ESPERMATOZOIDES HUMANOS. El eyaculado de un varón adulto contiene, en promedio, 200 millones de espermatozoides

B

Figura 56. Ejemplos en Tb2 de dibujo figurativo con signos + dibujos esquemáticos con signos y de fotografías. A. Dibujo figurativo y signos combinado con dibujo esquemático y signos sobre meiosis, gametos y fecundación (p.138). B. Fotografía de espermatozoides humano (p.787).

En algunos casos las ilustraciones combinan dibujos figurativos y signos con fotografías, eg. diagrama de un folículo primordial de mamífero con microfotografía de un oocito humano

(p.790), dibujos acompañados de fotografías de granos de polen de monocotiledóneas y dicotiledóneas (p.847) – Figura 57, A y B-



A

B

C

Figura 57. Dibujo figurativo y signos + fotografía en Tb2. A. Diagrama de un folículo primordial de mamífero y microfotografía de un oocito humano (p.790). B. Granos de polen de monocotiledóneas y dicotiledóneas, p.847. C. Desarrollo del tubo polínico en una Angiosperma (p. 847).

Luego, en la mayoría de los cruzamientos que se presentan en forma icónica durante los desarrollos de la herencia mendeliana y no mendeliana se recurre a dibujos esquemáticos donde los gametos se corresponden a círculos o esferas con signos y símbolos normalizados cuyos símbolos representan a las variantes génicas que portan.

En el Tb3, en p. 201 del Capítulo 9 (Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular) se presenta una figura (dibujo esquemático + signos) en el contexto de las consecuencias de los errores que pueden ocurrir durante la meiosis en células humanas, donde se representa de modo esquemático el proceso en el entorno explicativo de la no disyunción; sus células resultantes, de distinto tamaño, se observan en la imagen siendo fecundadas por un espermatozoide cada una (Figura 58, A).

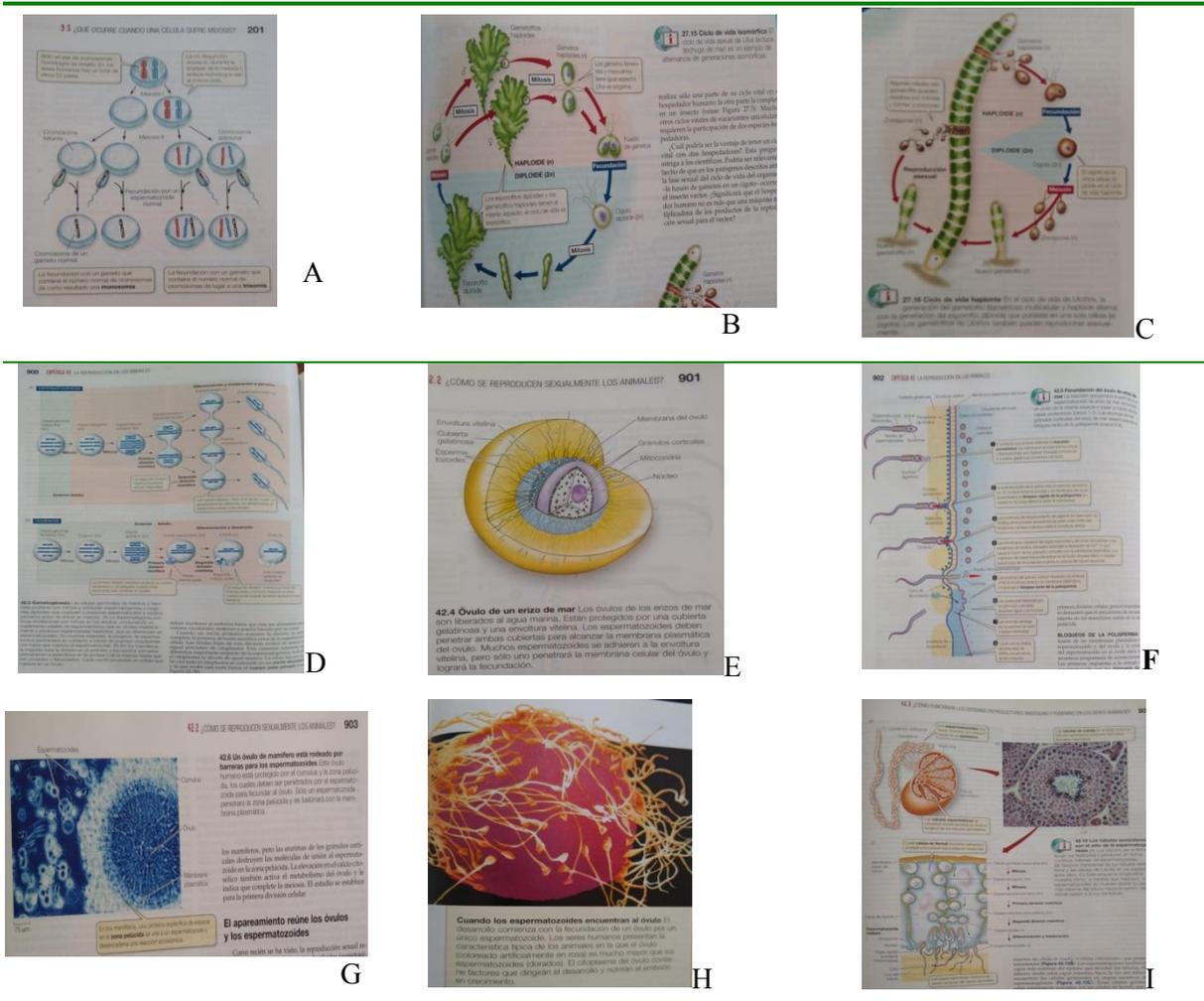


Figura 58. Gametos en Tb3. A y D. Dibujo esquemático + signos (A.p.201; D. p.900). B, C, E, F. Dibujo figurativo + signos (B y C p. 594; E. p.901; F. p. 902). G y H. Fotografía con signos (G. p. 903; H. p. 921). H. Dibujo figurativo + fotografía (p.907).

Luego, en el Capítulo 27 (Origen y diversificación de los eucariontes) se ofrecen dos imágenes (ambas corresponden a dibujo figurativo + signos) donde las células gaméticas son de igual tamaño por tratarse del ciclo de vida de dos especies de algas (p. 594, Figura 58, B y C) En la p. 900 del Capítulo 42 (La reproducción en los animales) se presenta un dibujo figurativo con signos en el que se representa la ovogénesis y la espermatogénesis en animales (Figura 58, D); también se encuentran otras imágenes: un dibujo figurativo con signos de un óvulo de erizo de mar (p. 901 Figura 58, E) y espermatozoides penetrando un óvulo de erizo de mar donde se observan diferencias de tamaño (p. 902 Figura 58, F), una fotografía con signos de un óvulo de mamífero rodeado de espermatozoides (p.903 Figura 58, G), un dibujo esquemático + signos de espermatozoides con detalle de sus partes en túbulo seminífero de mamíferos (p. 907 Figura 58, H), una fotografía de óvulo humano rodeado de espermatozoides donde se observan las diferencias de tamaño (p. 921 Figura 58, I).

Posteriormente, en los capítulos sobre herencia mendeliana y no mendeliana, los gametos son representados en dibujos esquemáticos como círculos o esferas con signos y símbolos normalizados donde la esfera que corresponde a cada gameto porta símbolos correspondientes cada uno a los alelos de un gen.

En el caso del Tc1, en la p. 3 del Cap.1 (Genética del ser vivo), los gametos se presentan en una ilustración (dibujo figurativo + signos) en el contexto de la naturaleza de los genes y su papel biológico en los ciclos de vida respecto a la replicación del ADN y la continuación de una especie de una generación humana a la siguiente a través de la formación de gametos (Figura 59, A); en la misma los gametos femenino y masculino son representados con distinta forma, pero igual tamaño.

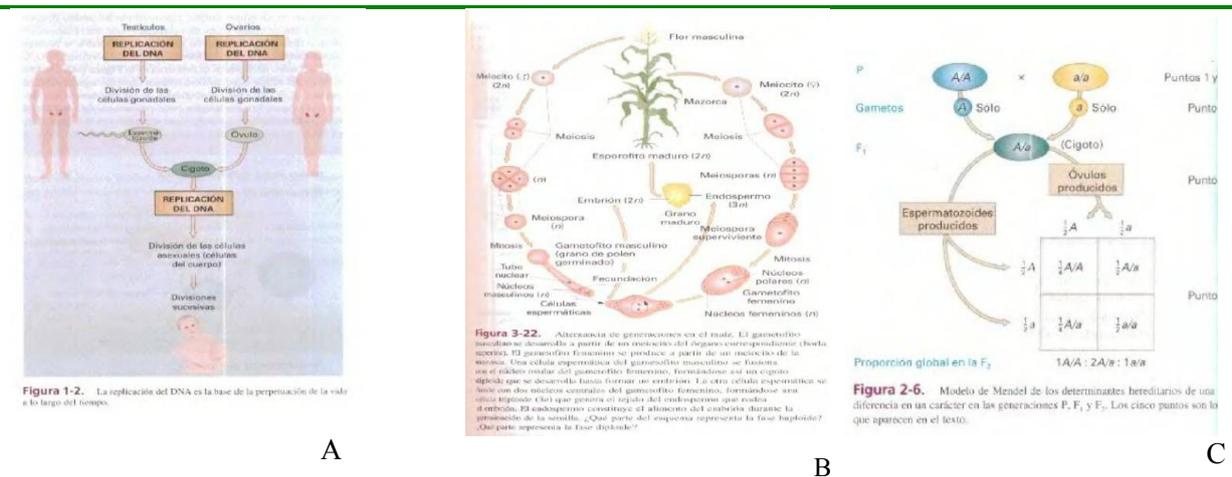


Figura 59. Gametos en Tc1. A y B. Dibujos figurativos + signos (A. p.3; B. p.81). C. Dibujo esquemático con signos y símbolos normalizados (p. 32).

En la p. 81 del Capítulo 3 (Bases cromosómicas de la Herencia) en relación a la genética mendeliana en los ciclos de vida eucarióticos se ofrece una representación icónica (Dibujo figurativo + signos) sobre la alternancia de generaciones en una planta de maíz (Figura 59, B). En dicho contexto se presentan los gametos en relación a los gametofitos masculinos y femeninos. Entre las diferentes representaciones de gametos prevalecen dibujos esquemáticos con signos y símbolos normalizados identificados como círculos o esferas con signos y símbolos normalizados donde la esfera que corresponde a cada gameto porta símbolos correspondientes cada uno a los alelos de un gen (Figura 59, C). Este patrón se repite en la mayoría de los cruzamientos que se presentan en forma icónica durante los desarrollos de la herencia mendeliana y no mendeliana.

En el Tc2 se ofrece una imagen sobre gametos en el Capítulo 2. *Mitosis y meiosis* (p. 32) en el contexto de la meiosis y su papel en la gametogénesis animal, con algunos detalles y diferencias de tamaño en las células resultantes (Figura 60, A). Considerando su grado de iconicidad corresponde a un dibujo figurativo + signos combinado con un dibujo esquemático + signos. Para el resto del texto, las representaciones de gametos se representan en forma de dibujos esquemáticos con signos y símbolos normalizados, donde los gametos son identificados como círculos o esferas contenedoras de símbolos, donde la esfera que corresponde a cada gameto porta símbolos correspondientes cada uno a los alelos de un gen (eg. gametos en organigrama de Figura 60, B y C).

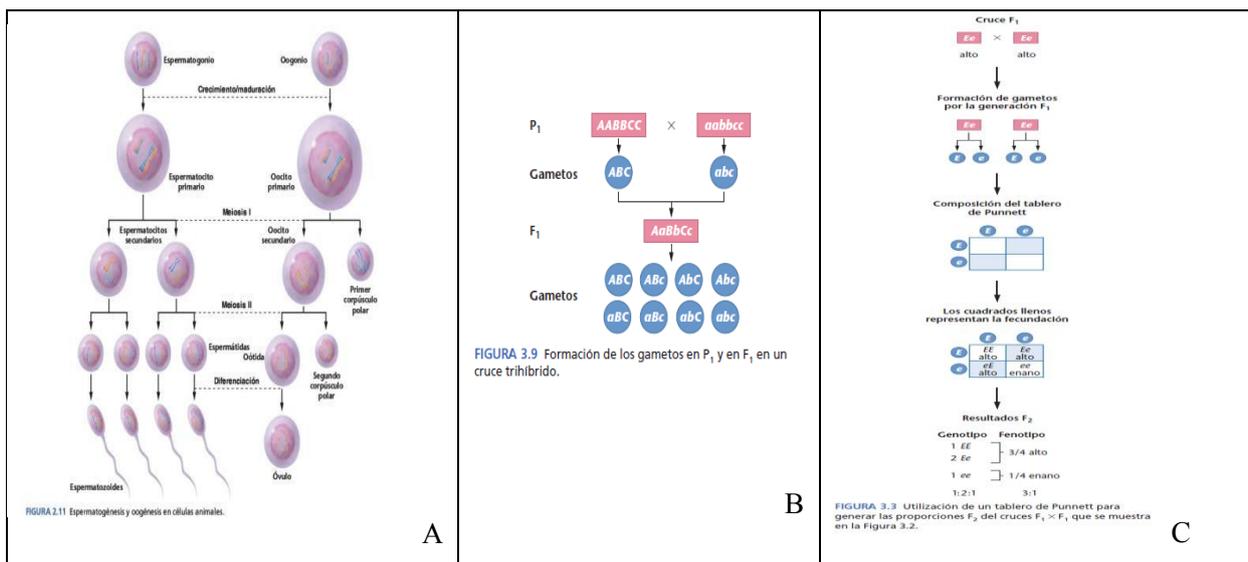


Figura 60. Representaciones de gametos en Tc2. A. Espermatozoides y óvulo en el contexto de la gametogénesis en animales (dibujo figurativo + signos combinado con un dibujo esquemático + signos). B. C. Organigramas con signos/símbolos (p. 48 y p. 49).

Al realizar una valoración general, se encuentra que, a diferencia de los textos complejos, en los textos básicos se recurre a presentar a los gametos en ilustraciones que poseen diferentes grados de iconicidad con cierta prevalencia de los dibujos figurativos con signos/símbolos (mayor iconicidad) y de los dibujos esquemáticos combinados con signos y símbolos normalizados como representación homogénea y simbólica (menor iconicidad). En cambio, en los textos complejos predomina la iconicidad baja, con dibujos esquemáticos combinados con signos y símbolos normalizados. (Tabla 59).

Entonces, considerando las variantes mencionadas, como patrón común a todos los textos se destaca que comparten la categoría de iconicidad más baja, correspondiente a los dibujos esquemáticos combinados con descripción de signos y símbolos normalizados como representación homogénea y simbólica; tanto en los textos básicos como en los

complejos, al tratarse los modelos de la herencia, los gametos se representan como círculos portadores de los alelos correspondientes, o directamente se los significa con las letras mayúsculas o minúsculas que representan a alelos dominantes y recesivos.

Este cambio representacional probablemente obedezca a la necesidad de ilustrar procesos complejos relacionados, incorporando un tipo de simbología acordada por la comunidad científica de la disciplina. Así, las ilustraciones de este tipo son contenedoras de niveles de abstracción y complejidad superiores a los anteriores y un grado creciente de simbolización; son menos realistas y por tanto, poseen un menor grado de iconicidad, lo que requiere de un mayor conocimiento del código simbólico que se está utilizando. Como se expresó, todos ellos corresponden desde la iconicidad a dibujos esquemáticos combinados con signos y símbolos normalizados como representación homogénea y simbólica. Sirva como ejemplo la ilustración presente en el Tc1 en el Capítulo 2 (Patrones de la herencia), p. 32, donde se nomina textualmente a los gametos y se los representa como círculos de un mismo tamaño que portan los símbolos *A* y *a* correspondientes a un alelo dominante y a uno recesivo en ese cruzamiento específico (Figura 59, C). En las p. 35 y 36 se presentan esquemas similares al de p. 32; lo mismo ocurre en el Capítulo 3 (Bases cromosómicas de la Herencia) p. 76 y 77 y en otros capítulos más avanzados que no se analizan en este estudio, como aquellos vinculados a la Genética de poblaciones y los mecanismos de la evolución. Este patrón se repite en todos los textos y es la razón por la que en la Tabla 60 se identificó con XXXX...X la presencia de dibujos esquemáticos + signos y símbolos normalizados como representación homogénea y simbólica.

Tabla 60. Iconicidad en textos básicos y complejos.

Iconicidad	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Fotografía (sin y con signos)		x	xx		
Dibujo Figurativo + Signos/Símbolos	Dibujo figurativo + Signos/Símbolos	xxxxxx	xxx	xxxx	xx
	Dibujo esquemático + Signos + Símbolos	xxxx...	xxxx...	xxxx...	xxxx...
Dibujo Esquemático + Signos/Símbolos	x		xx	x	
Dibujo Figurativo + Signos + Fotografía		xxx	x		
Dibujo Esquemático + Signos + Fotografía					
[Dibujo Figurativo + Signos/Símbolos] + [Dibujo Esquemático + Signos/Símbolos]		x			x
Organigrama + Signos + Gráfica	x				

Representaciones textuales. Meiosis

La colección de información sobre las representaciones textuales vinculadas al proceso meiótico permitió la identificación de los sectores de los textos donde se abordan las dimensiones sobre meiosis que se exploran, y como consecuencia de ello, la descripción cualitativa acerca de abordaje de este contenido en particular (Tabla 61).

Tabla 61. Sectores de los textos donde se abordan las dimensiones sobre meiosis que se exploran.

Meiosis	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
¿Se define el término? Si (describir)/No	Si, p. 220, 238 y Glosario	Si, p. 127, 137 y Glosario	Si, p. 183 y Glosario	Si, p. 67, 70 y Glosario	Si, p. 4 y Glosario
Se mencionan las características de las células resultantes de la meiosis Si (describir)/No	Si, p. 220	Si, p. 138, 139	Si, p. 195, 205	Si, p. 67, 70	Si, p. 20, 25, 30, 33
¿Se señala que son gametos? (Si, describir/No)	Si, p. 220	Si, p. 139	Si, p. 183, 819	Si, p. 70	Si, p. 4, 20, 25, 33
¿Se indica que poseen la mitad del Nº cromosómico de la célula madre (Si, describir/No)?	Si, p. 220	Si, p. 138	Si, p. 195, 819	Si, p. 67, 70	Si, p. 4
¿Se dan ejemplos? (Si, describir/No)	Si, p. 220, 241, 241	Si, p. 139- 146	Si, p. 197- 198	Si, p. 70	Si, p. 36
¿Se expresa que las células hijas tienen características diferentes a la célula original? (Si, describir/No)	Si, p. 246, 248	Si, p. 361	Si, p. 195, 204	Si, p. 70	Si, p. 33
¿Se insiste en los conceptos centrales del proceso? (Si, describir/No)	Si, p. 241, 242, 243	Si, p. 139	Si, p. 197- 199	Si, p. 70-72	247, 248 y 249
¿Se lo referencia en el índice de la obra? (Si, describir/No)	p. 220, 238, 241, 242, 243, 244, 285	Si, 127, 137, 139- 146, 155	Si, p. 196, 193, 199, 223, 899	Si, p. 67, 70, 71, 72	Si, 3-5, 20, 30, 32, 33, 35, 36, 188, 266

Se encontró que en el Tb1 se define meiosis en el escenario del ciclo de vida humano señalando:

...usted produce gametos – *óvulos o espermatozoides*- mediante una variación de la división celular denominada meiosis, que produce células hijas no idénticas que tienen solo un juego de cromosomas, por tanto, la mitad de los cromosomas que la célula progenitora. La meiosis tiene lugar en las gónadas (ovarios o testículos). En cada generación de seres humanos, la meiosis reduce el número de cromosomas de 46 (dos juegos de cromosomas) a 23 (un juego). En la fecundación se fusionan dos gametos entre sí y se restablece el número de cromosomas en 46, y la mitosis conserva ese número en cada núcleo de célula somática del nuevo individuo (p.220).

Posteriormente, en la p. 238 refiere al proceso de meiosis como “un tipo especial de división celular”, y en las p. 241 y 242 señala la importancia de la meiosis para mantener el número

cromosómico de la especie en el ciclo de vida humano en particular y en los ciclos de vida sexuales en general. De p. 241-243 se describen las etapas de la meiosis y la forma en que se reduce el número de cromosomas, el entrecruzamiento y la variación genética que se produce además de la distribución independiente que ocurre durante el proceso, además de la fecundación aleatoria y la importancia evolutiva de la variación genética en las poblaciones a causa de estas tres fuentes. En p. 248 “Como consecuencia de la distribución independiente de los cromosomas durante la meiosis, cada uno de nosotros produce un grupo de gametos que difiere en gran medida en la combinación de los cromosomas que heredamos de nuestros padres”; luego, en la misma página “...el entrecruzamiento produce cromosomas recombinantes, que son cromosomas individuales que portan genes (DNA) derivados de los dos padres. Por otra parte, en su Glosario se cita la meiosis como “Tipo de división celular en dos etapas, en los organismos que se reproducen sexualmente, que produce células con la mitad del número de cromosomas de la célula original.” Luego define meiosis I como “Primera división de un proceso de dos etapas, en los organismos que se reproducen sexualmente, que produce células con la mitad del número de cromosomas de la célula original”, y a continuación meiosis II como “Segunda división de un proceso de dos etapas, en los organismos que se reproducen sexualmente, que produce células con la mitad del número de cromosomas de la célula original”. En el índice se referencia a las p. 220, 238, 241 y 242, ya mencionadas y además, a las páginas 241 a 244 y 246 en relación a la alternancia de la fertilización en el ciclo de vida sexual y en el ciclo de vida humano, sus etapas y la reducción en el número de cromosomas. También dirige hacia la página 285 señalando la falta de disyunción de los cromosomas durante la meiosis como fuente de los trastornos genéticos llamados aneuploidías.

En el ejemplar designado como Tb2, la Meiosis es abordada en el Capítulo 7 (La reproducción celular); en la p. 127 se menciona a la meiosis en el entorno del proceso de reproducción celular; luego, en la p. 137 se la cita nuevamente como proceso que debe darse en la reproducción sexual. En especial en las p. 137-146, se caracteriza y describe el proceso, cada etapa y se destacan sus hechos fundamentales; se la compara con la división mitótica, se la analiza en relación a los distintos ciclos vitales y en relación a la reproducción sexual y como fuente de variabilidad genética; concretamente, en las p. 138 y 139 se describen sus fases indicando a la reducción cromosómica, el entrecruzamiento y la segregación al azar de los cromosomas como sus procesos sustantivos. En las p.139-146 se destaca su rol en organismos con distintos ciclos biológicos y como origen de variación genética. En el Capítulo 18 (Las bases genéticas de la evolución, p. 353-365), en el contexto de la genética de

poblaciones se retoma la variabilidad genética como materia prima del cambio evolutivo y se señala que en la producción de nuevas combinaciones genéticas tiene su importancia, entre otros factores, la distribución independiente de los cromosomas durante la meiosis y el entrecruzamiento o crossing over, que conduce a la recombinación de los cromosomas paterno y materno durante la meiosis (p. 361). En su Glosario se conceptualiza meiosis como “[Gr. meiouin, hacer más pequeño]: las dos divisiones nucleares sucesivas durante las cuales una sola célula diploide (2n) forma cuatro núcleos haploides (n). En la meiosis ocurre la recombinación genética debida al entrecruzamiento y la segregación al azar de los cromosomas; como resultado de la meiosis pueden producirse gametos o esporas.”

En el índice se remite al lector a las p.127, 137 y 155; como se señaló, en la p. 127 se menciona a la meiosis en el entorno del proceso de reproducción celular para citarla nuevamente en la p. 137 como un paso que debe ocurrir en la reproducción sexual. También se direcciona a la p. 155 donde se aborda a las leyes de Mendel y la dinámica de la meiosis. Luego se dirige a las p.139-146 en las que se subraya su papel en los ciclos de vida y la variación.

En el Tb3 la Meiosis es abordada en el Capítulo 9, particularmente en las páginas 183, 195 a 199, 204 y 205. En la página 183 se señala, en referencia a los dos tipos de división de las células eucariontes: “Un segundo mecanismo de división nuclear, la meiosis, ocurre en las células que producen los gametos implicados en la reproducción sexual”; a su vez en la página 195 se indica que “La meiosis, a diferencia de la mitosis, da como resultado células genéticamente distintas de la célula parental y que tienen solo la mitad de cromosomas que ella”; y luego, “La meiosis consiste en dos divisiones nucleares que reducen el número de cromosomas al número haploide como preparación para la reproducción sexual”. También se hace particular referencia a sus funciones generales: reducción cromosómica de diploide a haploide, y que estos productos haploides cuenten con un conjunto completo de cromosomas, promotora de diversidad genética en sus productos. De p. 196 a 199 se describen las etapas del proceso. En las páginas 204 se presenta el *Resumen del Capítulo*; en el mismo no se focaliza en las funciones de la meiosis como proceso, sino en su descripción y terminología. En la página 205, en *Autoevaluación* se ofrecen 10 actividades de las cuales 3 se refieren a la meiosis en vinculación a la reducción cromosómica y las características de las células hijas respecto a la célula progenitora. En el Glosario del Tb3 se refiere a meiosis como “[gr. *meiosis*, disminución] División de un núcleo diploide en la que se producen cuatro células hijas haploides. El proceso consiste en dos divisiones nucleares sucesivas con un solo ciclo de replicación de los cromosomas. En la *meiosis I*, los cromosomas homólogos se separan,

pero retienen sus cromátides. La segunda división *meiosis II*, es similar a la mitosis, en la cual se separan las cromátides.” En el índice se dirige al interesado a la p. 196, a una figura a página completa cuyo epígrafe expresa “En la meiosis dos conjuntos de cromosomas se dividen entre cuatro núcleos, cada uno de los cuales tiene la mitad de los cromosomas de la célula original. El resultado de dos divisiones nucleares sucesivas son cuatro células haploides”. También se relaciona a la p. 193 y la diversidad genética, a los errores que afectan a los cromosomas, en la p. 199, a la recombinación genética en la p. 223, y finalmente a la gametogénesis en la p. 899.

Para el Tc1, en el Capítulo *Bases cromosómicas de la Herencia*, se formula como parte de las ideas fundamentales del capítulo que “La meiosis es la división nuclear mediante la cual una célula reproductora con dos dotaciones equivalentes de cromosomas, se divide dos veces para dar cuatro productos meióticos, cada uno de los cuales contiene una sola dotación de cromosomas” (p.67). Allí se realiza una clara vinculación con las Leyes de la Herencia “Las leyes de Mendel sobre la distribución igualitaria y la segregación independiente se basan en la separación de los miembros de cada pareja cromosómica y en la independencia de los distintos pares cromosómicos, fenómenos que ocurren durante la meiosis” (p.67). Ulteriormente (p. 70-72), se define y amplía el término; en p. 70 se hace referencia a los gametos haploides como producto de la meiosis (Figura 61).

En el Glosario se define Meiosis (p.819) como “Dos divisiones nucleares sucesivas (con las divisiones celulares correspondientes) que dan lugar a los gametos (en los animales) o las esporas sexuales (en las algas y los hongos), que contienen la mitad del material genético de la célula original”. En el índice de la obra se dirige al lector a las páginas 67, 70-72.

Meiosis es el nombre que reciben las dos divisiones nucleares sucesivas, denominadas meiosis I y meiosis II, de unas células especiales denominadas **meiocitos**. Las dos divisiones meióticas y sus divisiones celulares acompañantes dan lugar a un grupo de cuatro células denominadas **productos meióticos**. En los animales y las plantas, los productos meióticos se transforman en **gametos** haploides. En la especie humana y otros animales, la meiosis tiene lugar en las gónadas, y los productos de la meiosis se denominan gametos: esperma (o más apropiadamente, espermatozoides) y óvulos. En las plantas con flor, la meiosis tiene lugar en las anteras y los ovarios, y los productos de la meiosis se llaman **meiosporas**, que al final darán lugar a los gametos. La meiosis viene precedida por una fase S en la que se replica el DNA de cada cromosoma para formar las cromátidas hermanas, tal y como sucede en la mitosis. Como en la mitosis, las cromátidas hermanas se vuelven visibles en la profase I. Sin embargo, a diferencia de la mitosis, los cromosomas homólogos se emparejan (en la metafase I) para formar grupos de cuatro cromátidas denominados **tétradas**. Las cromátidas no hermanas se acoplan en un proceso de ruptura y reunión denominado **recombinación**.

Figura 61. Conceptualización de meiosis en texto complejo 1 (Tc1)

En el caso del Tc2, en la página 4, se define a la meiosis y se la vincula a los gametos:

La meiosis es una forma de división celular asociada con la formación de los gametos en los animales y de las esporas en muchos vegetales. Las células producidas por meiosis reciben una sola copia de cada cromosoma, llamado el **número haploide (n)** de cromosomas. Esta reducción en el número de cromosomas es esencial si los descendientes que surgen de dos gametos tienen que mantener el número constante de cromosomas característico de sus padres y de otros miembros de su especie.

También en la página 4 se establece la relación entre genes, cromosomas, meiosis y gametos,

A principios del siglo XX, Walter Sutton y Theodore Boveri advirtieron, independientemente, que los genes y los cromosomas tienen propiedades en común y que el comportamiento de los cromosomas en la meiosis es idéntico al comportamiento de los genes durante la formación de los gametos. Por ejemplo, los genes y los cromosomas se encuentran formando parejas y los miembros de un par de genes y los miembros de un par de cromosomas se separan durante la formación de los gametos. Basándose en estos paralelismos, propusieron que los genes son transportados por los cromosomas.

Si bien se las menciona en p. 20 y 25, las características diferenciales de las células resultantes del proceso meiótico son reveladas en las páginas 30 y 33: “La meiosis reduce el número de cromosomas de diploide a haploide en las células germinales y en las esporas” (p.30).

Después de la citocinesis, en la telofase II se pueden producir cuatro gametos haploides como resultado de una única meiosis. Al final de la meiosis, no sólo se habrá conseguido el estado haploide, sino que, si ha habido entrecruzamiento, cada mónada será una combinación de información genética paterna y

materna. Por ello, los descendientes que se producen por la unión de gametos recibirán una mezcla de la información genética presente originalmente en sus abuelos paternos o maternos. Por ello, la meiosis incrementa significativamente el nivel de variación genética en cada una de las sucesivas generaciones (p.33)

En las páginas 34 a 36 se hace referencia al espermatogénesis y la oogénesis siendo los siguientes algunos de sus párrafos más significativos:

En los animales, la meiosis da lugar a la formación de los gametos, mientras que en los vegetales se producen esporas haploides, que a su vez dan lugar a la formación de gametos haploides. Además, el mecanismo de la meiosis es la base para la producción de una enorme variación genética entre los miembros de una población” (p.35).

Después de la reducción a la haploidía, los gametos o esporas tienen un representante paterno o materno de cada una de las parejas de cromosomas homólogos. En la reproducción sexual, este proceso tiene el potencial para producir enormes cantidades de gametos genéticamente distintos (p.35).

En este segmento del texto se señalan como puntos manifiestos de la meiosis, que el proceso es responsable del mantenimiento de la constancia de la información genética entre generaciones y de la producción de enorme variación genética en las poblaciones, además del papel que desempeña en los ciclos de vida, entre ellos los ciclos biológicos de hongos y vegetales

En muchos hongos, el estado predominante del ciclo biológico es el de células vegetativas haploides. Se producen por meiosis y proliferan por división celular mitótica. En los vegetales pluricelulares el ciclo biológico es alternante entre la fase esporofítica diploide y la fase gametofítica haploide. Mientras que una u otra de estas fases predomina en diferentes grupos vegetales durante esta «alternancia de generaciones», la meiosis y la fecundación constituyen el «puente» entre las generaciones esporofítica y gametofítica (Figura 2.12). Por ello, la meiosis es un componente esencial en el ciclo biológico de los vegetales (pp. 35-36).

En p. 36 se encuentra la referida Figura 2.12 que corresponde a la alternancia de generaciones en un vegetal pluricelular donde se destaca a la meiosis como generador de las macrosporas y microsporas (identificadas en la imagen como esferas de distinto tamaño), y como nexo entre las generaciones esporofítica y gametofítica (Figura 62, A). En p. 247, 248 y 249 se hace referencia a la introducción de variación genética durante la meiosis a través del entrecruzamiento y la distribución aleatoria de los cromosomas, como factores clave a los cuales se suma la fecundación aleatoria de las gametas y su importancia en los ciclos de vida sexual y en la evolución de las poblaciones. En el Glosario (p. 806) meiosis se define como “Proceso en la gametogénesis o esporogénesis en el que la replicación de los cromosomas viene seguida de dos divisiones nucleares para dar lugar a cuatro células haploides”. Por otra parte, en el índice se ofrecen diversas referencias al término Meiosis (Figura 62, B).

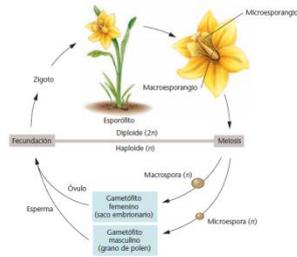


FIGURA 2.12 Alternancia de generaciones entre el esporofito diploide (2n) y el gametofito haploide (n) en un vegetal pluricelular. La meiosis y la fecundación hacen de puente entre las dos fases del ciclo biológico. En una angiosperma, en donde la generación esporofítica es la fase predominante.

A

Meiosis, 3-5, 20, **30**, 188, 266
acontecimientos principales en la, **33** anafase
I, 32, **33**
diploides, 35-36, **36** diacinesis,
32
diploteno, 32 leptoteno,
32
metafase I, 32, **33**
número de cromosomas y, 30-33
panorama de la, 31
paquiteno, 32
profase I, **30**, 31-32, **31**
segunda división meiótica, 33
telofase I, 33, **33** zigoteno,
32

B

Figura 62. Meiosis en Tc2. A. Alternancia de generaciones en un vegetal pluricelular donde meiosis y fecundación actúan como puente entre las fases del ciclo biológico. B. Referencias a la meiosis en el índice del texto direccionando al lector a las páginas de la obra donde este proceso es abordado.

La evaluación realizada y la descripción de cada dimensión permitió observar que existen similitudes entre todas las obras en cuanto a la profundidad, complejidad e importancia que se otorga al proceso meiótico y sus características; también sobre su multirreferencialidad, por lo que se alude a alguna de sus particularidades en diferentes sectores de cada obra. Este uso sucesivo de variadas relaciones, conexiones y referencias al tema para profundizar en otra noción o desarrollo es lo que emerge como característico tanto en los textos básicos como en los complejos; sin embargo, las mismas no son recuperadas en una conceptualización o apartado contenedor de la totalidad.

Representaciones no textuales. Imágenes. Meiosis

En la Tabla 62 se recopila información cualitativa sobre las ilustraciones encontradas en los apartados que abordan el proceso meiótico en los textos analizados, el orden en que se presentan las imágenes según su complejidad, la relación de las imágenes con el texto escrito. También el uso que se hace de las imágenes para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos; por esta razón, en el análisis que se realiza de cada texto, posteriormente se incluye también una valoración de las ilustraciones presentes en los capítulos posteriores al tratamiento de la meiosis que abordan los contenidos genéticos básicos vinculados a la herencia mendeliana y no mendeliana. El

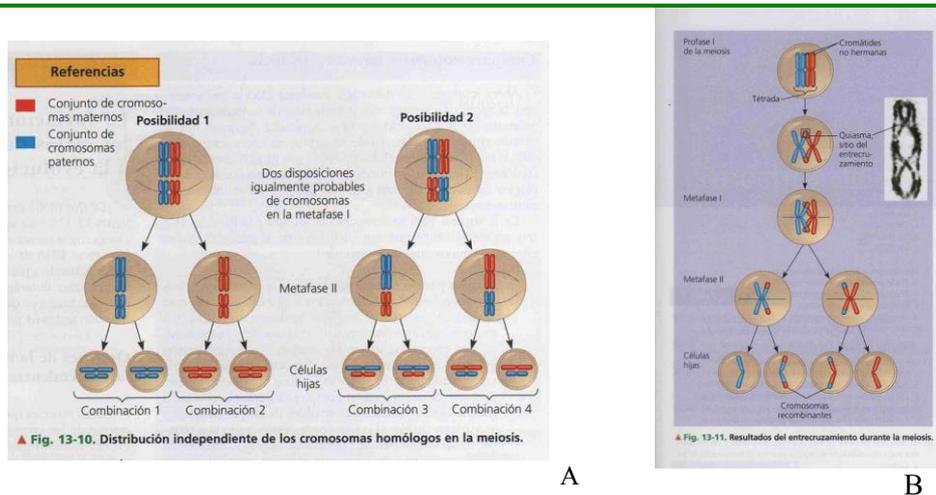
análisis que se realiza considera y se realiza sobre los componentes concretos de la figura o imagen y no sobre los epígrafes de referencia de cada una.

Tabla 62. Características de las ilustraciones sobre meiosis presentes en los textos.

Imágenes	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Meiosis	5 ilustraciones	5 ilustraciones	5 ilustraciones	8 ilustraciones	4 ilustraciones
Características	1 dibujo	1 [dibujo	1 [dibujo	1 [dibujo	3 dibujos
Vinculadas a su iconicidad	figurativo + signos (p. 244-245)	figurativo con signos] + [fotografía sin signos] (p.140-141)	figurativo con signos] + [fotografía con signos] (p.196-197)	figurativo con signos] + [fotografía con signos] (p.71)	figurativos + signos (p. 31, 33, 34)
	2 dibujos esquemáticos + signos (p.243, 246 y 248)	1 dibujo esquemático + signos (p.141)	1 dibujo figurativo + signos + símbolos (p. 200-201)	1 dibujo esquemático + signos (p.73)	1 dibujo figurativo + signos + símbolos (p. 30)
	1 dibujo esquemático + signos + símbolos (p.246)	1 dibujo esquemático + signos + símbolos (p.138)	2 dibujos esquemáticos + signos (p. 198 y 201)	6 dibujos esquemáticos + signos + símbolos (p. 68-69, 72, 74, 74, 77, 83)	
	1 [dibujo esquemático + signos] + [fotografías + signos] (p. 249)	2 [dibujos figurativos + signos] + [dibujos esquemáticos + signos] (p 144 y 145)	1 dibujo esquemático con signos + fotografía con signos (p.198)		
Relación con el texto principal (connotativa, denotativa o sinóptica)	5 denotativas	5 connotativas	5 connotativas	3 connotativas 3 denotativas 1 sinóptica	1 connotativa 2 denotativas 1 sinóptica
Funcionalidad (inoperante, operativa, sintáctica)	4 operativas 1 sintáctica	2 operativas 3 sintácticas	4 operativas 1 sintáctica	2 operativas 6 sintácticas	3 operativas 1 sintáctica
Etiquetas verbales (con etiqueta verbal –nominativa o relacional- y sin etiqueta verbal)	5 relacionales	4 nominativas 1 relacional	1 nominativa 4 relacionales	1 sin etiqueta 5 nominativas 2 relacionales	3 nominativas 1 relacional
Orden y ubicación en que se presentan las imágenes según su complejidad	Creciente y adecuada	Creciente. Adecuada según complejidad pero ubicadas de modo inadecuado	Creciente y adecuada	Creciente (inicialmente simples, luego complejas y muy complejas) y adecuada	Creciente (inicialmente simples y luego complejas) y adecuada
Uso de las imágenes para interpretar las leyes de la herencia vinculando información	Acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas	Acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas, aunque con una localización desfasada entre texto e imagen	Acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas	Acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas	Acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas

genética, meiosis gametos	y				
Relaciones establecidas entre información genética, meiosis gametos	y	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general en alguno de ellos,retomando al inicio o anticipando al final un tema a tratar.	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general en alguno de ellos,retomando al inicio o anticipando al final un tema a tratar.	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general en alguno de ellos,retomando al inicio o anticipando al final un tema a tratar.	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general en alguno de ellos,retomando al inicio o anticipando al final un tema a tratar.

En el Tb1, en su Capítulo 13 (Meiosis y ciclos de vida sexual), siguiendo la clasificación de Postigo y Pozo (2000), se encontraron 5 ilustraciones sobre meiosis en las que se observa una combinación de iconicidad, por ejemplo, 2 figuras que contienen dibujos esquemáticos + signos (Figura 63, A). Una contiene un dibujo esquemático + signos + símbolos, y otra combina el dibujo esquemático + signos con fotografías + signos -pero sin hacer referencia al tipo de microscopia utilizada- (Figura 63, B); se identificó también un dibujo figurativo + signos (p. 244-245). Como se observa en la Tabla 62, en este capítulo predominan los dibujos esquemáticos + signos. La relación de estas imágenes con el texto principal es denotativa es denotativa en todos los casos, ya que como señalan Perales y Jiménez (2002) el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados - *eg.*, para la imagen de la Figura 63, A en el cuerpo del texto se cita “Como se muestra en la figura 13-10, el número de combinaciones posibles para las células hijas formadas por meiosis por una célula diploide con dos pares homólogos de cromosomas ($2n=4$) es cuatro” (p. 247)-. Respecto a la funcionalidad de las imágenes 4 de ellas son operativas (porque contienen elementos de representación universales, como flechas, líneas) y una es sintáctica (porque contiene elementos cuyo uso exige conocer normas específicas, como $2n$, n). Además, en estas imágenes se recurre al uso de etiquetas verbales de tipo relacional ya que incluyen textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración (*eg.*, para la imagen de la Figura 63, B, “Quiasma, sitio del entrecruzamiento”).



A

B

Figura 63. Ejemplos de ilustraciones con imágenes sobre meiosis en Tbl. A. Dibujo esquemático + signos (p. 248). B: [dibujo esquemático + signos] + [fotografías + signo] sin referencia a tipo de microscopía utilizada (p. 249).

En el Capítulo 14 (Mendel y el concepto de gen), se encontraron 13 ilustraciones: 6 corresponden a dibujos figurativos + signos (p. 252, 253, 254, 255, 259 y 262), 5 a dibujos figurativos + signos + símbolos normalizados (p. 255, 256, 257, 261, 263); también un dibujo esquemático + signos y símbolos + fotografía (p. 265) y un dibujo esquemático + signos y símbolos + Gráfica (p. 283). Predominan aquí los dibujos figurativos + signos y los dibujos figurativos + signos normalizados como representación homogénea y simbólica. En el Capítulo 15 (Bases cromosómicas de la herencia) son 14 dibujos, 5 fotografías y un dibujo que combina ilustración y fotografía.

En este texto básico se observa un uso adecuado de esquemas en color con leyendas y referencias para acompañar y colaborar en el desarrollo de las temáticas, ilustrando de modo oportuno diferentes aspectos del tema. Las figuras, que, en algunos casos combinan dibujos y fotografías son referenciadas en forma apropiada en el texto, combinando y sumando información de modo pertinente en relación a la complejidad del tema. La vinculación entre información genética, meiosis, gametos y leyes de la herencia si bien está presente al interior de cada capítulo, se encuentra un tanto diluida a raíz de la independencia observada entre capítulos muy relacionados como son el Capítulo 12 (El ciclo celular), el 13 (Meiosis y ciclos de vida sexual), el 14 (Mendel y el concepto de gen) y el 15 (Bases cromosómicas de la herencia); en este sentido, no se encuentran en el Capítulo 12, referencias al Capítulo 13; este tampoco retoma o referencia cuestiones vinculadas al capítulo precedente, y la única referencia al Capítulo 14 corresponde a su último párrafo “En el próximo capítulo aprenderá de qué modo descubrió Mendel las reglas básicas que gobiernan la herencia de los rasgos específicos.” (p.249). Lo mismo ocurre en el Capítulo 14, en el cual no se retoma ni se citan

concretamente temáticas relativas a los capítulos precedentes; pero al finalizar cierra con una referencia al Capítulo 15 “En el siguiente capítulo aprenderá por qué las Leyes de Mendel tienen sus bases físicas en el comportamiento de los cromosomas durante los ciclos de vida sexual y de qué modo la síntesis del mendelismo y una teoría cromosómica de la herencia catalizó el progreso en genética.” (p.270). Al inicio del capítulo 15, soslayadamente se señala que “En este capítulo, que integra lo aprendido en los dos anteriores, describimos las bases cromosómicas para la transmisión de los genes de los padres a la descendencia y, también, algunas excepciones importantes.” (p.274); igual ocurre al finalizar el Capítulo “Dondequiera que se localicen los genes en la célula –en el núcleo o en los orgánulos citoplasmáticos- su herencia depende de la replicación exacta del DNA, el material genético. En el próximo capítulo aprenderá cómo se produce esta reproducción molecular.” (p.290). Estos párrafos, si bien le otorgan cierto hilo o continuidad a la obra, son muy generales, de modo que no aportan a otorgar una integración entre capítulos.

Para el Tb2, en el Capítulo 7 (La reproducción celular), se presentan en forma adecuada y creciente, 5 ilustraciones en color con leyendas y referencias que, en general consisten en dibujos esquemáticos que pueden estar combinados con fotografías; corresponden concretamente a un dibujo esquemático + signos, un dibujo esquemático con signos y símbolos (Figura 64, A), un dibujo figurativo con signos complementado con fotografía sin signos y dos dibujos figurativos + signos combinados con dibujos esquemáticos + signos (Figura 64, B). Las mismas son referenciadas en forma apropiada en el texto, combinando y sumando información de modo pertinente en relación a la complejidad del tema; en este sentido, la relación de las imágenes con el texto principal es connotativa en todos los casos, dado que el texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración, la cual debe ser establecida por el lector. Sin embargo, si bien estas ilustraciones se encuentran referenciadas en el cuerpo del texto, las figuras suelen ubicarse de modo inadecuado encontrándose una o dos páginas posteriores a la página que la reseñó; esta ubicación inadecuada de las figuras desfavorece la integración texto-imagen de la obra. Con respecto a su funcionalidad, 2 son operativas y 3 sintácticas. Y en relación a las etiquetas verbales se encontraron 4 nominativas (con textos o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración) y una relacional.

Por otra parte, la vinculación entre información genética, meiosis, gametos está presente de forma escueta en el Capítulo 7 (La Reproducción celular), en cuyo párrafo final cita que “Con estas ideas en mente, en el capítulo siguiente recorreremos los principales eventos que marcaron el nacimiento de la genética y analizaremos los principales descubrimientos que

llevaron a la definición y la reformulación de concepto de gen” (p.146). En el Capítulo 8 (Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética), el tratamiento de las leyes de la herencia se describe sin establecer relaciones con el capítulo precedente y el proceso de meiosis allí descrito, salvo alguna alusión esporádica a los gametos formados en algún cruzamiento que se utiliza para ejemplificar. A pesar de dicha desconexión, al interior del capítulo se realiza un desarrollo bajo el subtítulo “Las Leyes de Mendel” y la dinámica de la meiosis (p.155-157).

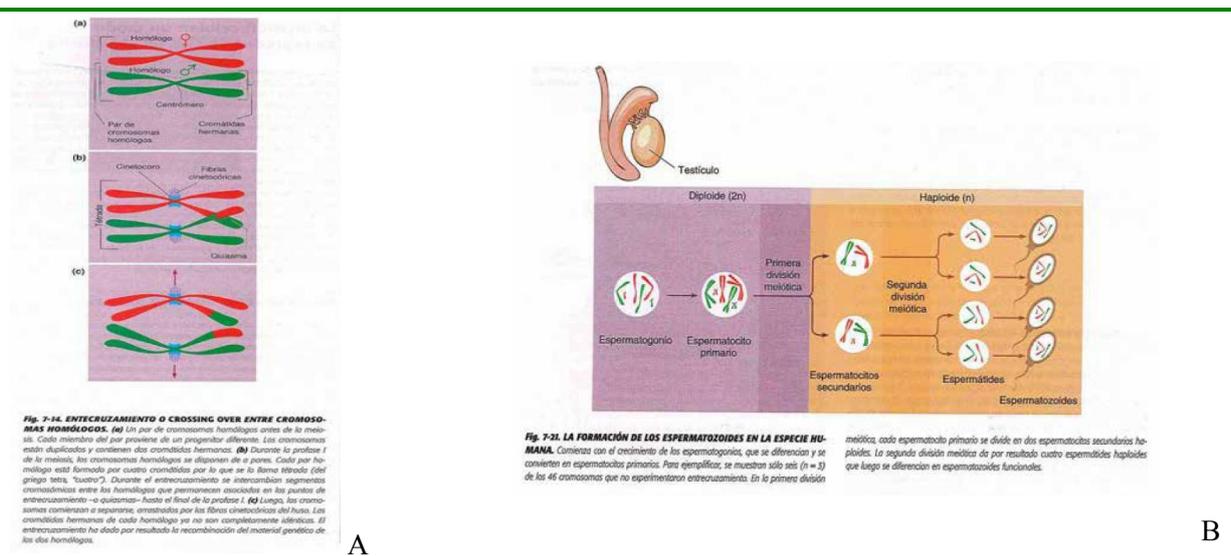


Figura 64. Ilustraciones sobre meiosis en Tb2. A. Dibujo esquemático + signos + símbolos (p.138). B. Dibujo figurativo + signos combinado con dibujos esquemáticos + signos (p.144).

En el Tb3, son 5 ilustraciones en color. Dos de ellas corresponden a dibujos esquemáticos con signos (p.198 y 201) – Figura 65, A-; una a un dibujo esquemático con signos en combinación con fotografía con signos (Figura 65, B., p.198) representando el entrecruzamiento que ocurre durante la meiosis, modalidad que se repite en el capítulo siguiente al abordar las leyes mendelianas de la herencia (p.209, 211); en otra figura se combinan dibujos figurativos con signos + fotografías con signos para describir, las etapas de la meiosis (p.196-197); también se encontró un dibujo figurativo + signos + símbolos (p. 200-201). Sobre la funcionalidad de las imágenes, 4 son operativas y una sintáctica. La relación con el texto principal es connotativa en todos los casos y las etiquetas verbales son una nominativa y 4 relacionales.

Respecto a la articulación entre temáticas como información genética, meiosis y gametos, la misma está presente al interior del capítulo, pero no se da entre capítulos relacionados o se

presenta muy difusa a través de algún párrafo conector como cierre del capítulo, como el que corresponde al Capítulo 9 (Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular):

“Los cinco capítulos siguientes están dedicados al ‘reino del genoma’, mirando la herencia como fue explicada por Gregor Mendel en el siglo XIX y la cantidad exponencial de conocimientos que se han adquirido desde la elucidación del código genético. Casi ningún área de la vida moderna queda sin tocar por el campo de la genética” (p. 203).

En el Capítulo 10 (Genética: Mendel y más allá de Mendel) no se hace alusión al capítulo precedente ni al que le sigue (Capítulo 11. El ADN y su papel en la herencia).

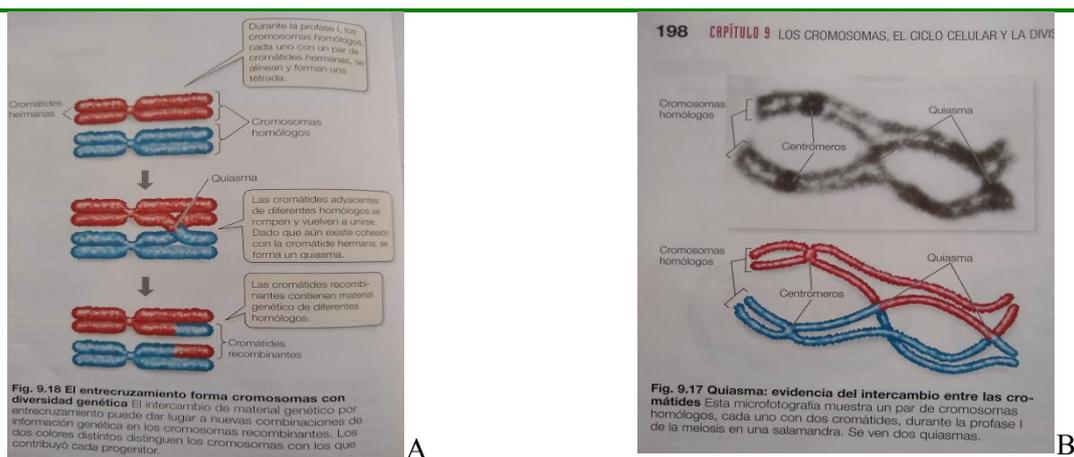


Figura 65. Ilustraciones sobre meiosis en Tb3. A. Dibujo esquemático con signos (p.198). B. Dibujo esquemático con signos + fotografía con signos (p.198).

En el caso del Tc1, en esta obra se encontraron 8 ilustraciones con la siguiente iconicidad: 1 [dibujo figurativo con signos] + [fotografía con signos], 1 dibujo esquemático + signos, y 6 esquemáticos + signos + símbolos (Figura 66, A). Respecto a la funcionalidad de las imágenes, 2 son operativas y 6 sintácticas. La relación con el texto principal es connotativa en 3 de ellas, denotativa en otras 3 y sinóptica en una. Sobre las etiquetas verbales, una imagen no presenta etiqueta verbal y siete presentan etiquetas: de estas 5 son nominativas y 2 relacionales.

Las imágenes se utilizan en forma adecuada administrándoselas según un criterio de complejidad creciente, inicialmente las de estructura simple, luego otras más complejas e incluso, algunas muy complejas. Las mismas acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas y se presentan como dibujos figurativos con signos que pueden encontrarse en forma de figuras con dibujos en color con leyendas o etiquetas verbales o con combinación de dibujos y fotografías. Las fotografías utilizadas son algunas en blanco y negro y otras en

color; en aquellas que son imágenes obtenidas por microscopía, en algunas no se indica el tipo de microscopía utilizada; y en otras no se aclara que son fotografías. Otras imágenes responden a un formato de tipo cuadro-síntesis o diagramas (algunos sencillos y otros más complejos) o a tablas sencillas. Las relaciones establecidas entre información genética, meiosis y gametas se dan al interior del capítulo pero no entre capítulos.

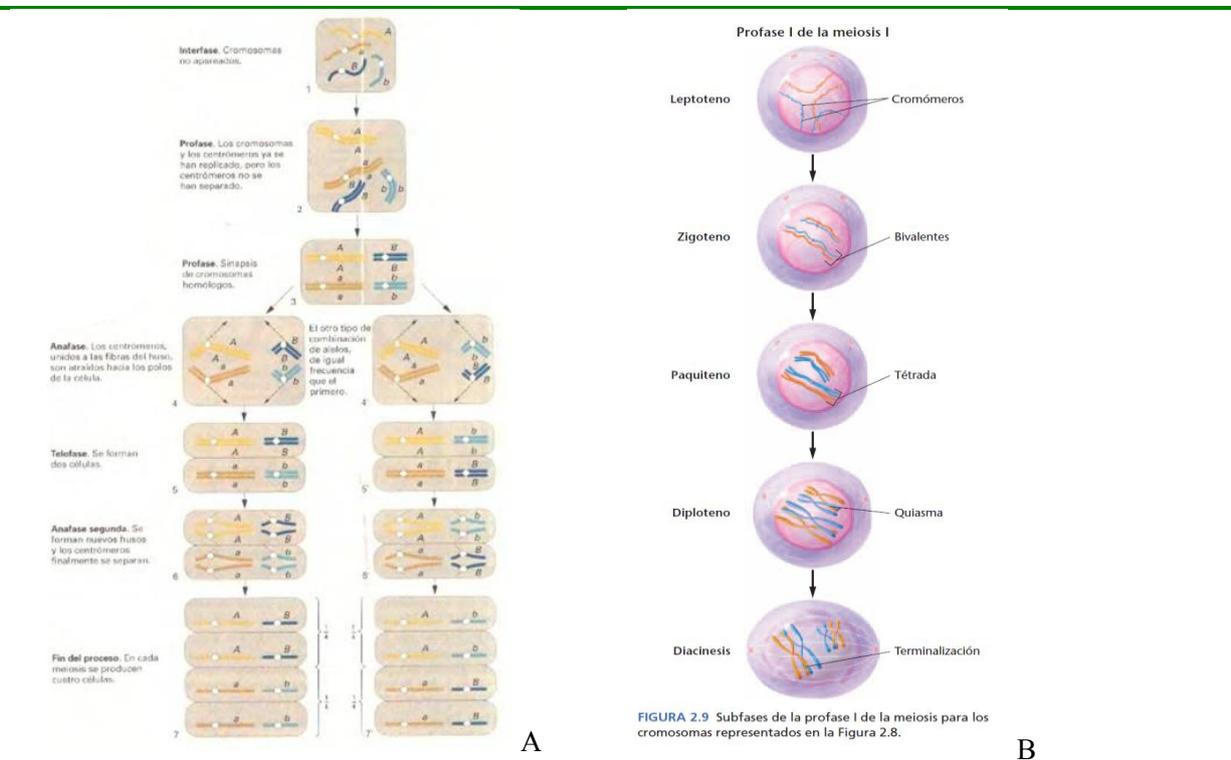


Figura 66. Representación sobre meiosis en textos complejos. A. Dibujo esquemático + Signos + Símbolos, Tc1, p. 77. B. Dibujo figurativo + Signos, Tc2, p. 31.

En el Tc2, las 4 imágenes vinculadas a la Meiosis utilizadas en el texto corresponden a 3 dibujos figurativos con signos y un dibujo figurativo + signos + símbolos (Figura 66, B). La relación con el texto principal es connotativa en una de ellas, denotativa en dos y sinóptica en otra. Son 3 operativas y una sintáctica en cuanto a su funcionalidad. Por último, las etiquetas verbales son nominativas en tres casos y relacional en una. Otras imágenes a los que se recurre para ilustrar la obra son cuadros y tablas sencillas que acompañan adecuadamente el desarrollo de los temas y son administrados en forma creciente (inicialmente simples y luego más complejas). Las correlaciones entre información genética, meiosis y gametos se dan al interior del capítulo pero no entre capítulos; de este modo, el Capítulo 1 (Introducción a la Genética) no ofrece líneas de contacto con alguno de los capítulos que se desarrollarán; en el Capítulo 2 (Mitosis y Meiosis) no se establece vinculación alguna con el Capítulo 1 ni con el

Capítulo 3 (Genética Mendeliana); en este no se hace alusión al capítulo precedente ni al posterior, en el Capítulo 4 (Aplicaciones de la genética mendeliana) no se referencia al anterior y al final del mismo solamente se señala que “En el Capítulo 4 discutiremos genealogías para caracteres ligados al X” (p.64).

Se destaca que en las obras analizadas se establecen relaciones al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde, sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general al inicio o al final un tema a tratar. Respecto a la iconicidad, los dibujos figurativos y esquemáticos con signos y/o símbolos son utilizados como representaciones no textuales en ambos grupos de textos, pero con más diversidad en los textos básicos. Sobre la relación con el texto principal, en los textos básicos la misma es connotativa o denotativa, en cambio en los textos complejos a estas dos se suma la sinóptica. En las etiquetas verbales prevalecen las nominativas y relacionales.

Representaciones no textuales. Símbología

En la Tabla 63 se compilan las observaciones sobresalientes realizadas sobre las obras analizadas respecto al uso de la simbología propia de la genética como modo de representación gráfica, las imágenes asociadas a ellos y los modos de vinculación con los componentes textuales y no textuales intracapítulo e intercapítulos.

Tabla 63. Características relacionadas al uso de símbolos e imágenes asociadas en los textos básicos y complejos.

Símbolos e imágenes asociadas	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Modo de introducción de la simbología	Inclusión de la simbología en el cuerpo del texto con referencia a imágenes	Introducción del uso de simbología en el cuerpo del texto con referencia a imágenes	Incorporación de símbolos inicialmente en el texto y posteriormente en relación a imágenes	Incorporación de la simbología en el cuerpo del texto con referencia a imágenes	Inserción de la simbología en el cuerpo del texto con referencia a imágenes
Relación con el texto principal de la imagen que introduce la simbología	Denotativa	Denotativa	Connotativa	Denotativa	Connotativa
Funcionalidad de la imagen que introduce la simbología	Sintáctica	Sintáctica	Sintáctica	Sintáctica	Sintáctica
Etiquetas verbales de la imagen que introduce la simbología	Relacional	Relacional	Relacional	Nominativa	Nominativa
Uso de estas representaciones simbólicas para establecer vinculaciones entre meiosis, formación de gametos, segregación de caracteres y distribución independiente de los alelos	Utilizadas en leyes de la herencia, probabilidades y teoría cromosómica de la herencia. No se las utiliza para meiosis y formación de gametos ni se los referencia	Incluye la meiosis en el propio capítulo sobre leyes de la herencia, pero no se referencia el anterior en el cual se lo aborda.	Su uso se considera en el entorno explicativo de las leyes de Mendel y se vincula a meiosis pero en el propio capítulo, sin referencia al capítulo donde se aborda este proceso de división celular	Uso en el contexto de leyes de Mendel y se vinculación a meiosis en el propio capítulo, sin referencia al capítulo que lo trata	Se utilizan en el entorno explicativo de las leyes de Mendel y no se establecen vinculaciones a meiosis
¿Se relacionan texto e imagen en función de interpretar las leyes de la herencia? Si (describir)/No	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos	Si, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos

En el Tb1, se introduce la simbología en el cuerpo del texto durante el desarrollo de los temas, en relación estrecha con referencias a las imágenes presentes en las figuras; se ofrece como ejemplo el abordaje realizado en p. 255-256 de la terminología básica de genética acompañada de su simbología (Figura 67) en relación a la integración texto-imagen lograda mediante dibujos figurativos con signos y símbolos (Figura 68). Se desprende de su análisis que la relación de estas imágenes con el texto principal es denotativa y sintáctica desde el punto de vista de su funcionalidad. En relación a las etiquetas verbales, resulta relacional en el primer caso y nominativa en el segundo, sin considerar los enunciados de los epígrafes. Estas representaciones predominantes son utilizadas concretamente en leyes de la herencia, probabilidades y teoría cromosómica de la herencia para establecer vinculaciones entre segregación de caracteres durante la formación de gametos y la distribución independiente de los alelos. No se recurre al uso de simbología para referenciar los desarrollos de meiosis y formación de gametos. Por otra parte, la relación entre texto e imagen en función de

interpretar las leyes de la herencia se establece al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos.

Vocabulario genético útil

Un organismo que tiene un par de alelos idénticos para un carácter se dice que es **homocigoto** para el gen que controla ese carácter. Una planta de guisantes que es una línea genéticamente pura para las flores púrpura (PP) es un ejemplo. Las plantas de guisantes con flores blancas son también homocigotas, pero para el alelo recesivo (pp). Si cruzamos homocigotos dominantes con homocigotos recesivos, como en el cruzamiento parental (generación P) de la figura 14-5, cada descendiente tendrá dos alelos diferentes: Pp en el caso de los híbridos F_1 de nuestro experimento del color de las flores. Un organismo que tiene dos alelos diferentes para un gen se dice que es **heterocigoto** para ese gen. A diferencia de los homocigotos, los heterocigotos no son de líneas genéticamente puras porque producen gametos con alelos diferentes; por ejemplo, P y p en los híbridos F_1 de la figura 14-5. En consecuencia, estos híbridos F_1

producen descendencia con flores tanto púrpuras como blancas cuando se autopolinizan.

Dados los distintos efectos de los alelos dominante y recesivo, no siempre los rasgos de un organismo revelan su composición genética. Por tanto, distinguimos entre los rasgos de un organismo, a los que nos referimos como su **fenotipo**, y su composición genética; es decir, su **genotipo**. En el caso del color de las flores en las plantas de guisantes, las plantas PP y Pp tienen el mismo fenotipo (púrpura) pero genotipos diferentes. En la **figura 14-6** se muestran estos términos. Nótese que el fenotipo se refiere a los rasgos fisiológicos como también a los rasgos relacionados directamente con la apariencia. Por ejemplo, existe una variedad de guisante que carece del rasgo normal de poder autopolinizarse. Esta variación fisiológica es un fenotipo.

Figura 67. Vocabulario genético y simbología en Tb1, p. 255-256



Fig. 14-5. Ley de la segregación de Mendel. Este diagrama muestra la composición genética de las generaciones de la figura 14-3. Tanto el modelo de Mendel para la herencia de los alelos de un gen como la combinación de los alelos para el gen que controla el color de la flor en alelos heredados de cada padre. Para construir el cuadro de Punnett para todos los gametos heredados, se debe enumerar la descendencia que resulta de todas las uniones posibles de los gametos masculinos y femeninos.

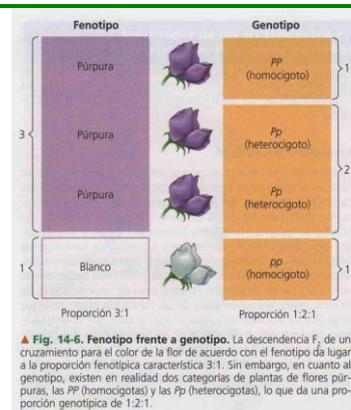


Fig. 14-6. Fenotipo frente a genotipo. La descendencia F_2 de un cruzamiento para el color de la flor de acuerdo con el fenotipo da lugar a la proporción fenotípica característica 3:1. Sin embargo, en cuanto al genotipo, existen en realidad dos categorías de plantas de flores púrpuras, las PP (homocigotas) y las Pp (heterocigotas), lo que da una proporción genotípica de 1:2:1.

Figura 68. Simbología e integración texto-imagen en Tb1. A. Dibujo figurativo con signos y símbolos (p. 255). B. Dibujo figurativo con signos y símbolos (p. 256).

Con respecto al Tb2, se introduce la simbología en el cuerpo del texto y se referencia a las imágenes utilizadas en el mismo a través de la relación que se establece entre ellos de tipo denotativa, de funcionalidad sintáctica y con etiquetas verbales relacionales. Según el grado de iconicidad, la imagen es un dibujo figurativo con signos y símbolos (Figura 69, A). Se incluye a la meiosis en el propio capítulo sobre leyes de la herencia, pero no se referencia el capítulo anterior en el cual se lo aborda. Sin embargo, aquí se recurre a un dibujo figurativo + esquemático con signos y símbolos, sintáctico desde su funcionalidad, connotativo por su relación con el texto principal y nominativo respecto a las etiquetas verbales (Figura 69, B); en este sentido, mediante el uso de este tipo de representaciones gráficas se establecen vinculaciones entre segregación de caracteres durante la formación de gametos y distribución independiente de los alelos. En esta obra los símbolos son utilizados para explicar las leyes de

la herencia y sus derivaciones. Por otra parte, la relación entre texto e imagen en función de interpretar las leyes de la herencia se establece al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos.

Para el Tb3 se da una presencia similar a los Tb1 y Tb2 de la simbología, la cual se introduce en el cuerpo del texto y se referencia a las imágenes en el contexto de las leyes de Mendel y no antes que esto; particularmente se introducen los símbolos en relación a la teoría particulada de la herencia y las variantes génicas o alelos, sin referenciar a estos símbolos a ninguna imagen en esta primera aproximación (p.210 y 211). Posteriormente, en el entorno explicativo de las posibles combinaciones entre alelos, la herencia según la primera ley de Mendel y la construcción de un Tablero de Punnett, se establece la relación con la primera imagen contenedora de símbolos (p.212); se trata de un dibujo figurativo y esquemático con signos y símbolos (Figura 69, C), siendo la relación de la imagen con el texto principal connotativa, sintáctica desde el punto de vista de su funcionalidad, y respecto a las etiquetas verbales, resulta relational. No se recurre al uso de simbología para referenciar los desarrollos de meiosis y formación de gametos trabajados en otros capítulos. Por otra parte, la relación entre texto e imagen en función de interpretar las leyes de la herencia se establece mediante el uso de la tipología icónica citada, al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos.

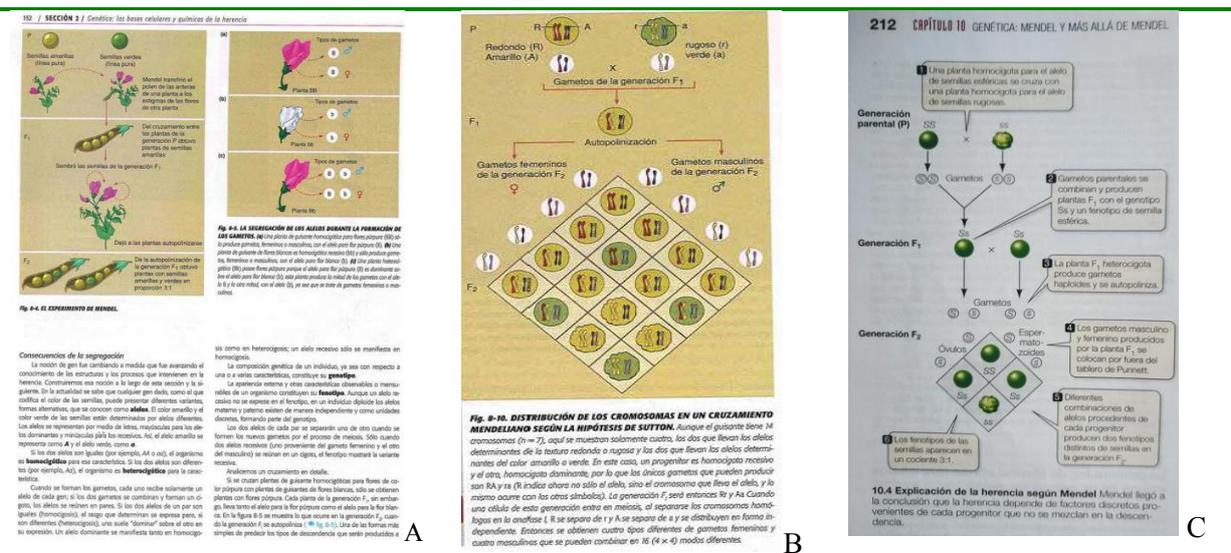
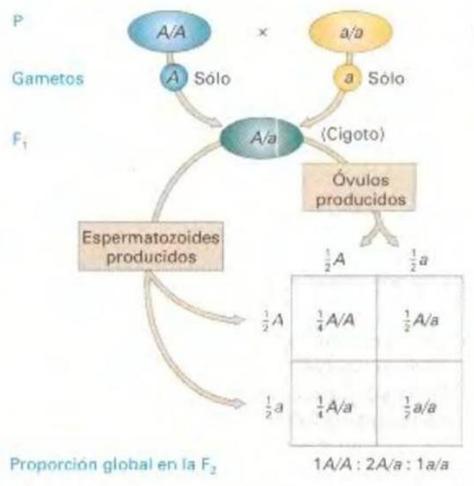


Figura 69. Simbología en Tb2 y Tb3. A. Dibujo figurativo con signos y símbolos (Tb2, p.152). B. Dibujo figurativo + esquemático con signos y símbolos (Tb2, p.157). C. Dibujo figurativo + esquemático con signos y símbolos (Tb3, p. 212).

En relación a los textos complejos, en el Tc1 los símbolos se incluyen en el tratamiento de los patrones de la herencia y los razonamientos de Mendel para explicar las posibilidades de combinación de los determinantes hereditarios para un carácter mediante el uso de texto e imagen -p.32- (Figura 70, A). Siguiendo la taxonomía establecida es un dibujo esquemático con signos y símbolos respecto a su iconicidad, su relación con el texto principal es denotativa, la funcionalidad sintáctica y nominativa respecto a sus etiquetas verbales. En este texto se recurre además a imágenes que combinan dibujos figurativos y esquemáticos con signos y símbolos y a organigramas. Al interior del capítulo se establece la relación con la meiosis y los gametos formados, pero no se hace referencia al apartado del texto donde este contenido se desarrolla.



A

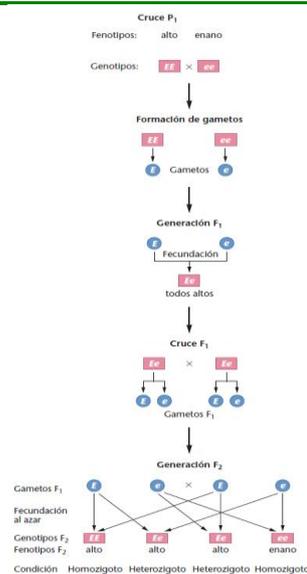


FIGURA 3.2 El cruce monohíbrido entre plantas de guisante altas y enanas. Los símbolos E y e se utilizan para designar a los factores alto y enano, respectivamente, en los genotipos de las plantas adultas y de los gametos. Todos los individuos se muestran dentro de un rectángulo, y los gametos dentro de un círculo.

B

Figura 70. Simbología en textos complejos. A. Dibujo esquemático con signos y símbolos (Tc1, p.32). B. Diagrama/Organigrama con signos y símbolos (Tc2, p.47).

En el Tc2 la simbología se incorpora al abordarse las leyes de la herencia, en el entorno de las variantes génicas o alelos y sus modos de nominación y representación (p.47). La relación del texto con la imagen se establece mediante el uso de una figura de tipo diagrama/organigrama con signos y símbolos (Figura 70, B); la misma es connotativa de acuerdo a su relación con el texto principal, sintáctica respecto a su funcionalidad y nominativa sobre sus etiquetas verbales. Se observa que en este texto las imágenes de tipo organigrama predominan sobre las que contienen dibujos figurativos y esquemáticos con signos y símbolos, que también son utilizadas.

A modo de recapitulación respecto a la simbología, se encontró que, si bien los textos básicos presentan matices propios, el uso de la combinación de dibujo figurativo y esquemático con signos y símbolos sobresale como recurso utilizado para ilustrar el desarrollo textual de los principios de la herencia. En cambio, los textos complejos poseen visos particulares con predominio en el Tc1 de imágenes que combinan dibujos figurativos y esquemáticos con signos/ símbolos destacándose también los organigramas. En el Tc2 prevalecen las imágenes de tipo organigrama y además son frecuentes los dibujos figurativos y esquemáticos con signos y símbolos.

Cruzamientos genéticos. Los problemas de genética

En este apartado la guía para el análisis fue la pregunta ¿Cuáles son las características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos? Para darle respuesta se tomaron aquí el/los capítulos que abordan los trabajos de Mendel y las extensiones de la herencia mendeliana, los que, en algunas obras se tratan en un solo capítulo y en otras en dos. La información obtenida de esta valoración cualitativa fue almacenada en tablas, una más general, y otra contenedora, además, de los sectores (capítulos, páginas) de cada texto portadores de los datos de interés (Tabla 64 y 65). Se encontró como patrón común a todos los textos la presencia de ejemplificaciones recurriendo a ojos rojos y otras características de la mosca de la fruta o del vinagre, color de las flores y otras características de las plantas de guisante de jardín, color de las flores de plantas “boca de dragón” o “conejito”, “dondiego de noche” y otras, color del pelaje y otras características en mamíferos, grupos sanguíneos en humanos, herencia ligada al sexo y trastornos hereditarios en el ser humano.

Tabla 64. Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos.

Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Ojos rojos y otras características de la mosca de la fruta o del vinagre	X	X	X	X	X
Color de las flores y otras características de las plantas de guisante de jardín	X	X	X	X	X
Color de las flores de plantas “boca de dragón” o “conejito”, “dondiego de noche” y otras	X	X	X	X	X
Tipos de hojas y otras características en plantas		X	X	X	X
Pigmentación de la piel en algunas serpientes				X	
Forma de la cresta y plumaje en aves		X		X	X
Color del pelaje y otras características en mamíferos	X	X	X	X	X
Color de la piel, distribución de la línea capilar en la frente, disposición de los lóbulos auriculares, altura en humanos	X		X		
Albinismo en el ser humano			X	X	X
Grupos sanguíneos en humanos	X	X	X	X	X
Trastornos hereditarios en el hombre; herencia ligada al sexo e influida por el sexo - ceguera a los colores, hemofilia, calvicie-, hipercolesterolemia familiar y otras enfermedades	X		X	X	X

Tabla 65. Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos

Características utilizadas en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Ojos rojos y otras características de la mosca de la fruta o del vinagre (<i>Drosóphila melanogaster</i>)	Capítulo 15. Bases cromosómicas de la herencia (p. 276, 277, 279, 280, 281)	Capítulo 8. Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética (p. 157-161, 165, 169)	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p.222, 224,226 y 227)	Capítulo 2. Patrones de herencia (p. 38-40) Capítulo 4. Interacciones génicas (p. 118)	Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 74, 75, 80, 88-91, 96, 97)
Color de las flores y otras características de las plantas de guisante de jardín (<i>Pisum sativum</i>)	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p. 252-257)	Capítulo 8. (p Mendel y la idea del gen. 151-157)	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 209-2015)	Capítulo 2. Patrones de herencia (p. 28-37)	Capítulo 3. Genética mendeliana (p. 43-72) y 4. Ampliaciones de la genética mendeliana, p. 73-110 (p. 44-52)
Color de las flores de plantas “boca de dragón” o “conejito” (<i>Antirrhinum sp.</i>), “dondiego de noche” (<i>Mirabilis jalapa</i>) y otras (<i>Oenothera sp.</i> o “primula”; <i>Hydrangea sp.</i> u “hortensia”; <i>Lathyrus odoratus</i> o “arvejilla de olor”; <i>Campánula sp.</i> o “campanilla”; <i>Capsella bursa-pastoris</i> o “bolsa de pastor”; <i>Digitalis púrpura</i> o “dedalera”)	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p.261 conejito, 264 hortensia)	Capítulo 8. Mendel y la idea del gen (p. 158 primula 162, 164 y 165 conejito, 167 arvejilla de olor)	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 218)	Capítulo 4. Interacciones génicas (p. 109-110, 116-117, 119, 120)	Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 76)
Tipos de hojas en el “ranúnculo de agua” (<i>Ranúnculus peltatus</i>) y otras características en plantas (<i>Brassica sp.</i> o “col”; <i>Raphanus sp.</i> o “rábano”; <i>Zea maíz</i> o “maíz”; <i>Cucurbita pepo</i> o calabaza común); <i>Trifolium sp.</i> o “trébol”		Capítulo 8. Mendel y la idea del gen (p. 164 y 167, col y rábano)	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 220)	Capítulo 4. Interacciones génicas (p. 111-112)	Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 87, 88)
Pigmentación de la piel de la “serpiente del maíz” (<i>Pantherophis guttatus</i>)				Capítulo 4. Interacciones génicas (p.114-115)	
Forma de la cresta y plumaje en aves (gallinas, pinguinos)		Capítulo 8. Mendel y la idea del gen (p. 163, 166)		Capítulo 4. Interacciones génicas (p.121)	Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 93-94)
Color del pelaje y otras características en mamíferos	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p.263, ratones); Capítulo 15 (p.284, gatos)	Capítulo 8. Mendel y la idea del gen (p. 162, 166 conejos)	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 218 y 221 conejos, 219 gatos, 220 perros)	Capítulo 2. Patrones de herencia (p.50, 112, 113 gatos) Capítulo 4. Interacciones génicas (p.112, 121 ratones, 117, 125 perros, 123 gatos, conejos, 124 caballos)	Capítulo 4 (p. 81, 82, 86, 87 ratones, 95 ovejas, vacas, 97 gatos y conejos)

Color de la piel en humanos	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p.263)					
Distribución de la línea capilar en la frente de humanos	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p. 265 genealogias humanas)					
Disposición de los lóbulos auriculares en humanos	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p. 265 genealogias humanas)					
Altura en el ser humano				Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 221)		
Albinismo en el ser humano				Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 216 genealogias humanas)	Capítulo 2. Patrones de herencia (p. 43)	Capítulo 3. Genética mendeliana (p. 63 genealogias humanas) Capítulo 4 (p. 82, 83)
Grupos sanguíneos en humanos	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p.262)	Capítulo 8. Mendel y la idea del gen (p. 162)		Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 219)	Capítulo 4. Interacciones génicas (p. 110)	Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 77-79, 82, 83)
Trastornos hereditarios en el hombre; herencia Ligada al sexo e influida por el sexo -ceguera a los colores, hemofilia,calvicie-, hipercolesterolemia familiar y otras enfermedades	Capítulo 14. Mendel y la idea del gen (p. 266-267)			Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel (p. 216 genealogias humanas, 225, 226, 228 genealogias humanas)	Capítulo 2. Patrones de herencia (p.41-49, genealogias humanas 50-52 genealogias humanas) Capítulo 4. Interacciones génicas (p. 111, 113; 124 genealogias humanas)	Capítulo 3. Genética mendeliana (p. 63, 64 genealogias humanas). Capítulo 4. Ampliaciones de la Genética mendeliana (p. 76, 82, 89, 90, 92-95, 98-100)

Otra cuestión fue si ¿Se presentan a modo de ejemplos, desarrollos de resolución de problemas genéticos de diferente tipo? A continuación, el detalle de los resultados:

En el Tb1, durante la descripción del contenido, se incorporan situaciones-problema a través de figuras y que se formulan a modo de preguntas y cuya resolución se explicita allí, tomando como ejemplo los trabajos de Mendel. Estas pueden retomarse y complementarse con otra/s figura/s al avanzar en el desarrollo del tema como ocurre con la figura de p. 253 (Figura 71, A) que se complementa con otras (p.255 y 256), ya referenciadas (Figuras 67 y 68). Aquí se observa una inclusión gradual de nociones y articulación entre los contenidos que se describen asociando imágenes de diferente complejidad. Este abordaje en el que se

complementan texto e imagen ofrece ejemplos que podrían favorecer el desarrollo de habilidades vinculadas a la resolución de problemas de genética; esto se ve reforzado en los recuadros *Evaluación de conceptos* que acompañan el avance del tema se plantean situaciones que inducen a resolver problemas o requieren explicaciones al lector.

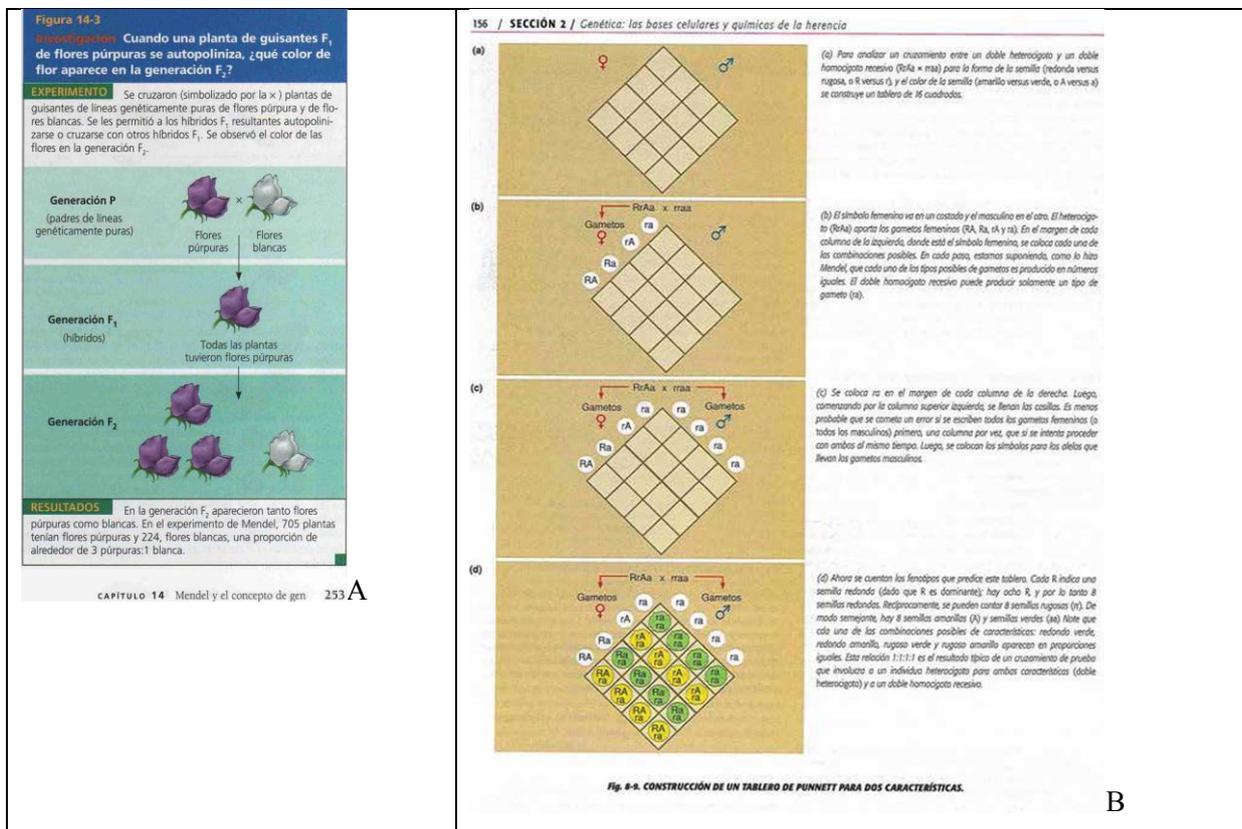


Figura 71, A. Dibujo figurativo + signos en Tb1 (p. 253). B. Dibujo figurativo con signos/símbolos + dibujo esquemático con signos/símbolos -Tablero de Punnett- en Tb2 (p.156).

Para el Tb2, en su Capítulo 8, se abordan los experimentos de Mendel y el nacimiento de la Genética; se observa un planteo en el texto (p.154) combinado con su desarrollo en una figura (p.156) sobre la construcción de un Tablero de Punnett para dos características donde se ofrecen los lineamientos básicos para resolver un problema utilizando este método (Figura 71, B); esta figura resulta de la combinación de dibujo figurativo con signos/símbolos + dibujo esquemático con signos/símbolos.

En el caso del Tb3, las Leyes de Mendel se tratan en el Capítulo 10, en páginas 206 a 218. En las páginas 2012 y 2015 se presentan dos figuras vinculadas al texto sobre 1° y 2° ley de Mendel, en el que se explica la relación entre la meiosis y la segregación y distribución independiente de los alelos de un gen a gametos diferentes; posteriormente, las investigaciones de Morgan con la mosca de la fruta respecto a los ojos rojos y otras

características se describen en diferentes partes del capítulo en las páginas 222, 224, 226 y 227. En ambos casos, el tipo de abordaje, con una adecuada relación entre texto e imagen y algunas preguntas intercaladas pueden actuar como orientadoras para la resolución de problemas. Por otro lado, en los apartados llamados *Revisión* y que acompañan el desarrollo del capítulo, se formulan al lector problemas concretos, de tipo abierto y cerrado; en los mismos se referencian determinadas páginas y figuras del mismo capítulo que colaboran y guían el proceso de resolución, promoviendo así el desarrollo de habilidades vinculadas a la resolución de problemas de genética. En el apartado *Autoevaluación* se ofrecen 10 actividades del tipo *múltiple choice* sobre cruzamientos y conceptualizaciones específicas. En el Tc1, se ofrecen al lector algunas oportunidades de interactuar con desarrollos vinculados a la resolución de situaciones-problema; concretamente, en los capítulos 2, (Patrones de herencia), 3 (Bases cromosómicas de la herencia) y 4 (Interacciones génicas), en los cuales se ofrece, al finalizar cada capítulo, un problema resuelto con el énfasis puesto, según los autores, en la integración de los contenidos desarrollados en los capítulos precedentes y en el propio capítulo. Allí se establece el enunciado y a continuación, la solución del mismo, explicando cada parte del proceso de resolución. En la Figura 72 se presenta un ejemplo de este tipo de propuestas que se denominan problemas de integración de capítulos. En el cuerpo de los capítulos también se explican algunos procedimientos a modo de ilustrar ciertos cruzamientos de distintos patrones de herencia.

PROBLEMA DE INTEGRACIÓN DE CAPÍTULOS

La mayoría de los pedigrís muestran que la polidactilia (Fig. 2-22) se hereda como un rasgo autosómico dominante, pero los pedigrís de algunas familias no se ajustan al patrón esperado para tal tipo de herencia. Un pedigrí de esta clase se observa en la figura adjunta. Las cifras en los rombos establecen el número de personas afectadas, independientemente de su sexo.

a. ¿Qué irregularidades muestra este pedigrí?
b. ¿Qué fenómeno genético ilustra este pedigrí?
c. Sugiera un mecanismo concreto de interacción genética que pudiera producir tal pedigrí, mostrando los genotipos de los miembros relevantes de la familia.

Capítulo 4 Interacciones génicas

• Solución •

a. Lo que cabe esperar de un rasgo autosómico dominante es que cada individuo afectado tenga un progenitor afectado, pero esta premisa no se cumple siempre en este pedigrí, lo que constituye una irregularidad. ¿Cómo podemos explicar esto? Podrían existir algunos casos de polidactilia ocasionados por mutaciones en un gen distinto, digamos que generando un patrón dominante ligado al sexo? Incluso así, tendríamos que explicar todavía la ausencia del rasgo en los individuos II-6 y II-10. Por otra parte, sugerir un tipo de herencia recesiva, sea autosómica o ligada al sexo, requeriría que muchos de los individuos del árbol fueran heterocigotos, lo cual no concuerda con la baja frecuencia con que aparece la polidactilia.

b. Por tanto, concluimos que la polidactilia no siempre es completamente penetrante. En este capítulo, hemos aprendido que algunos individuos que tienen el genotipo que se corresponde con un determinado fenotipo no expresan éste. En el pedigrí, los individuos II-6 y II-10 parecen pertenecer a esta categoría; parece claro que poseen el alelo de la polidactilia, heredado de I-1 pues lo transmiten a sus descendientes.

c. También hemos visto en este capítulo que la penetrancia incompleta de un alelo surge mediante la supresión de su expresión, bien por influencias ambientales o por interacción con los alelos de otros genes. Para dar una explicación genética, debemos formular una hipótesis genética. ¿Qué tenemos que explicar? La clave se encuentra en que el individuo I-1 transmite el alelo a dos tipos de descendientes. El primer tipo, representado por II-1, que sí expresa el carácter, y el segundo tipo de descendientes, representado por II-6 y II-10, que no lo hacen (a partir del pedigrí no podemos saber si los otros descendientes de I-1 han recibido o no el alelo de la polidactilia). ¿Está operando un fenómeno de supresión genética? I-1 no posee un alelo supresor porque expresa la polidactilia. La única persona que podría transmitir un alelo supresor es I-2. Además, I-2 debería ser heterocigótica para dicho alelo supresor ya que, al menos uno de sus descendientes expresa la polidactilia. Por tanto, hemos formulado una hipótesis por la que el apareamiento inicial debió ser:

$$(I-1) Pp \cdot s/s \times (I-2) p/p \cdot S/s$$

donde *S* es el alelo supresor y *P* es el alelo responsable de la polidactilia. Con esta hipótesis, podemos predecir que los descendientes estarán contenidos en las siguientes cuatro categorías si los genes segregan independientemente:

Genotipo	Fenotipo	Ejemplo
$Pp \cdot S/s$	normal (suprimido)	II-6, II-10
$Pp \cdot s/s$	polidactilia	II-1
$p/p \cdot S/s$	normal	
$p/p \cdot s/s$	normal	

Si *S* es muy infrecuente, los descendientes de II-6 y II-10 serán probablemente de alguna de las clases siguientes:

Genotipo	Ejemplo
$Pp \cdot S/s$	III-13
$Pp \cdot s/s$	III-8
$p/p \cdot S/s$	
$p/p \cdot s/s$	

No se puede descartar la posibilidad de que II-2 y II-4 tengan el genotipo $Pp \cdot S/s$ y que, por azar, ninguno de sus descendientes vea afectado.

Observe que sólo hemos utilizado conceptos que aparecen en el Capítulo 1 (efectos ambientales), Capítulo 2 (herencia mendeliana), Capítulo 3 (localización de los genes en cromosomas) y Capítulo 4 (interacciones génicas).

Figura 72. Problemas de integración de capítulos en texto complejo 1 (Tc1).

En el Tc2, en el Capítulo 3 (Genética mendeliana) p. 43-72 y en el Capítulo 4 (Ampliaciones de la genética mendeliana), p. 73-110, se ofrecen algunos cuestionamientos al lector,

acompañados de sugerencias para proceder a su resolución. En la Figura 73, se presenta un ejemplo de este tipo de propuestas.

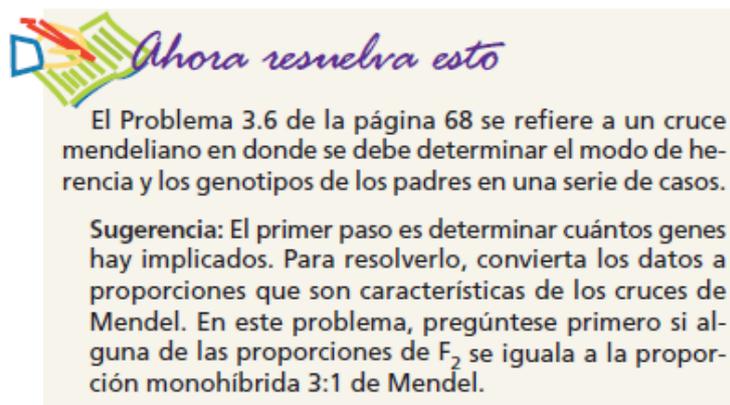


Figura 73. Situaciones problema y sugerencias orientadoras para su resolución en texto complejo 2 (Tc2).

Para la demanda formulada como ¿Cuáles son las modalidades de problema utilizados (problemas cerrados, problemas abiertos, combinación de planteos abiertos y cerrados) ?, y las incógnitas ¿En qué parte del capítulo se presentan? ¿Qué características sobresalen en ellos?, atendiendo a la caracterización de problemas abiertos y cerrados que se realizó en el Marco Teórico (Capítulo 1), y a su categorización en Metodología (Capítulo 2), definiendo las distintas modalidades de problemas (Tabla 66), se procedió al análisis de los problemas presentes en el cuerpo del texto y en las ejercitaciones propuestas al final del mismo. Se realizó para ello, un examen de cada obra considerando el contexto, la forma en que se presentan y las características de los problemas analizados (Tabla 67).

Tabla 66. Definición de modalidad de problemas genéticos.

Modalidad de problemas	Definición de tipo de problema
Tipo I	Es un problema cerrado de modalidad directa o causa efecto
Tipo II	Es un problema abierto de modalidad más compleja o efecto causa
Tipo III	Es un problema con tipología mixta, con cuestionamiento de tipo abierto y sesgos de tipo cerrado o viceversa

Tabla 67. Problemas presentes en las obras bajo análisis considerando el contexto, la forma en que se presentan y las características de los mismos.

Texto	Contexto	Forma en que se presentan	Características de los problemas
Tb1	Capítulo 14. Mendel y el concepto de gen. Durante el desarrollo del capítulo, como situaciones problemáticas	Intercalados en el cuerpo del texto en dos tipos de Figuras <i>Método de Investigación e Investigación</i> Problemas o situaciones a resolver en los recuadros <i>Evaluación de conceptos</i> . Al final del capítulo se presentan problemas de diversa tipología.	Son descripciones de la observación o cuestión resuelta y ejemplificaciones del contenido que se explica. Son actividades para el lector en las que se requiere la resolución de problemas de tipo I, II y III

Tb2	Capítulo 8. Los experimentos de Mendel y el nacimiento de la genética. En la órbita de la Segunda ley de Mendel	Se plantea un cuestionamiento en el texto que se resuelve en una Figura paso a paso, explicando la construcción de un tablero de Punnett. Al final del capítulo se presentan problemas de diversa tipología.	No se formulan en el cuerpo del texto, problemas o situaciones a ser resueltas por el lector. Estas se formulan como actividad de evaluación al final del capítulo
Tb3	Capítulo 10. Genética: Mendel y más allá de Mendel	En las figuras denominadas <i>Experimento</i> , se plantean los trabajos realizados por Mendel a partir de una hipótesis; luego el Método, los Resultados y las Conclusiones. En los recuadros llamados <i>Revisión</i> se formulan problemas de tipo I, II y III que están integrados con determinados texto y figuras. Al final del capítulo se presentan problemas de diversa tipología.	Algunas son ejemplificaciones del contenido que se explica y otras son actividad para el lector. Orientan el proceso de resolución. Actividad para el lector en las que se requiere la resolución de problemas de tipo I, II y III
Tc1	Capítulo 2. Patrones de herencia	Al concluir el Capítulo se presentan un <i>Problema de Integración de capítulos</i> , resuelto, y luego <i>Problemas Resueltos</i> paso a paso. En la sección <i>Problemas</i> , se formulan problemas a ser resueltos	Muestran cómo enfocar el planteo del problema y algunas estrategias útiles para orientar el proceso de resolución. Actividad para el lector en las que se requiere la resolución de problemas de tipo I, II y III
Tc2	Capítulo 3. Genética mendeliana	Al concluir el Capítulo se presentan <i>Ideas y soluciones</i> . <i>Problemas y preguntas de Discusión</i> y <i>Problemas extra-picantes</i> de mayor complejidad	Proporcionan ideas básicas para el razonamiento y resolución del problema. Muestran cómo enfocar el planteo del problema y algunas estrategias útiles para orientar el proceso de resolución. Actividad para el lector en las que se requiere la resolución de problemas de tipo I, II y III

Para el análisis de los problemas presentados al lector en los segmentos finales del capítulo destinados a ejercitación o evaluación se tomó de cada obra aquel que aborda la Genética Mendeliana o los trabajos de Mendel (Tabla 68).

Tabla 68. Modalidad de problemas destinados a ejercitación o evaluación en los segmentos finales del/los capítulos/s que aborda/n la Genética Mendeliana o los trabajos de Mendel.

Modalidad de problemas destinados a ejercitación o evaluación	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Tipo I	6		4	6	14
Tipo II	11	5	8	33	10
Tipo III			1	13	7
Total	17	5	13	52	31

A continuación, se ofrece un detalle comentado de los problemas presentados en cada obra. En el Tb1, al final del Capítulo 14 en el apartado *Evaluación de conocimientos*, en el segmento *Problemas de Genética* se formulan 17 problemas: 2 de ellos referidos a color de

las flores de guisantes (cerrados); 1 color del grano en maíz (cerrado); 1 forma de la vaina en plantas de sésamo (abierto); 4 sobre color del pelaje en mamíferos (cobayos –abierto-, ratones –cerrado-, tigres –abierto-) y forma de las orejas (gatos –abierto-); 2 plantean situaciones de cruzamientos genotípicos sin plantear la característica a la que se refiere (cerrados); 7 aluden al hombre (2 grupos sanguíneos –abiertos-, 1 fenilcetonuria -abierto- del cual solo se indica que se debe a un alelo recesivo, pero que no se describe en el capítulo), 1 anemia drepanocítica –abierto- (se describe en el capítulo), 1 sobre el pedigrí de la alcaptonuria -abierto- (se menciona que es un trastorno bioquímico, pero no se describe en el capítulo ni indica que afecta al hombre), 1 sobre polidactilia –abierto-, 1 sobre fibrosis quística –abierto- (no se describe en el capítulo ni se ofrece una información básica).

Para el Tb2, al final del Capítulo 8 en un apartado llamado *Cuestionario* se enuncian 5 problemas que requieren su resolución por parte del lector; 2 en el ser humano, uno sobre la porfiria y otro sobre herencia de la hemofilia (ambos abiertos); uno sobre la herencia de dos características en la planta de chamico (abierto); uno sobre grupos sanguíneos (abierto); uno sobre ligamiento y el uso de la unidad de medida de Sturtevant (complejo y abierto). El punto 6 no se corresponde con la formulación de un problema sino a un planteo acerca de sobre los trabajos de Mendel y se solicita el análisis por parte del lector considerando su contexto histórico)

Para el caso del Tb3, en *Problemas de Genética*, al final del Capítulo 10 (Genética: Mendel y más allá de Mendel), se formulan 13 problemas: 5 de ellos referidos a la mosca de la fruta y los caracteres color de los ojos y tipos de alas (2 cerrados, 2 abiertos y uno mixto -con una parte cerrada y otra abierta-); 2 sobre altura de las plantas y el uso del tablero de Punnett (cerrado); 1 color de las valvas de distintas especies de vieiras (abierto); 1 determinación del sexo en peces (abierto); 1 color del plumaje en el gallo andaluz (abierto); 1 sobre herencia del daltonismo en el hombre (abierto); 1 sobre herencia del pelaje agutí en ratones (abierto); 1 sobre herencia en el hombre de la neuropatía óptica de Lebr (provocada por una mutación en un gen del ADN mitocondrial) -abierto-.

Con relación al Tc1, en *Problemas resueltos*, al final del Capítulo, se formulan problemas y algunas recomendaciones para enfocar el proceso de resolución y los pasos a seguir en cada caso. Luego, en la sección *Problemas*, se formulan 54 puntos de los cuales 2 no son problemas y 52 son problemas a ser resueltos; allí se aclara al lector, que los problemas más sencillos son los que se presentan al inicio de la serie y los de mayor complejidad posteriormente, señalando con un asterisco aquellos de especial dificultad. 18 de estos problemas son sobre pedigrí o árboles genealógicos humanos (abiertos); 2 sobre leyes de

Mendel (1 abierto y 1 cerrado); 6 sobre herencia de distintos caracteres en plantas (2 abiertos y 4 mixtos); 3 sobre mosca de la fruta (2 abiertos y uno mixto); 1 sobre diagrama de Punnett (mixto); 2 sobre dados y probabilidades (cerrados); 6 en humanos: 2 sobre capacidad de percibir el sabor del compuesto feniltiocarbamida (1 abierto y uno mixto), 1 sobre galactosemia (cerrado), 1 sobre albinismo (abierto), 1 sobre acondroplasia (abierto), 1 sobre resistencia al paludismo (abierto); 3 sobre tipo de pelaje y otras características en mamíferos: 1 sobre conejillo de indias (abierto), 1 en perros (mixto), 1 en vacas (abierto); 1 sobre distribución de manchas en mariposas (mixto); 10 sobre herencia ligada al sexo en humanos y otras especies (2 cerrados, 4 abiertos y 4 mixtos).

En la obra Tc2, en el apartado “Problemas y preguntas de Discusión” (p. 69 a 72) se presentan al lector 42 situaciones divididos en 36 puntos a resolver, y a continuación 6 “Problemas extra-picantes” (puntos 37 al 42).

Características de los los 36 “Problemas y preguntas de Discusión: Aquí se combinan preguntas y problemas; en relación a las preguntas y problemáticas que se formulan, 11 son sobre terminología básica de genética (gen, alelo, cromosomas homólogos, meiosis, homocigosis y heterocigosis) y vinculadas a los trabajos de Mendel. El resto corresponde a 25 problemas de tipología variada; 5 de estos problemas son sobre características de las plantas de guisantes y los trabajos de Mendel (2 cerrados 3 abiertos); 2 sobre color del pelaje en cobayos (de modalidad mixta ya que combina en sus ítems tipología de problemas abiertos y cerrados); 5 Cruzamientos dihíbridos, trihíbridos y tetrahíbridos (cerrados) de distintos genotipos dados por letras pero sin indicar a que características refieren como por ejemplo AaBb, AABbCC o AaBbCcDdEe (Gametos que pueden formarse, determinar progenitores, genotipos y fenotipos); 1 Color gris del cuerpo y color ebony (ébano), y alas largas y vestigiales en *Drosóphila melanogaster* (mixto); 1 Patrón ajedrezado o liso en palomas (-mixto- en ninguna parte del problema se menciona que se refiere al plumaje); 2 Genealogía: se pide predecir el modo de herencia y genotipos probables para cada individuo sin mencionar de que especie y carácter se trata (abiertos); 5 Cruces en el ser humano: Albinismo (problema abierto); talasemia (con breve explicación refiriendo a una anemia “menor” y a una anemia “mayor” en los individuos afectados –abierto-); genealogía para miopía (abierto); fibrosis quística (no se la caracteriza ni referencia -mixto-); determinación genética del sexo (cerrado); 2 Probabilidades: tirar un dado (cerrado) y herencia del albinismo (cerrado); 2 Sobre cálculo de hipótesis nula y ji-cuadrado de fenotipos sin mencionar de qué fenotipo se trata (cerrados).

Características de los “Problemas extra-picantes”:

1 sobre la herencia de 4 características en plantas de guisante (cálculo de probabilidades; abierto); 1 acerca de la herencia de la enfermedad de Tay-Sachs (TSD) con breve descripción; se deduce que es en el hombre, pero no lo dice directamente (genealogía y cálculo de probabilidades -mixto-). Esta enfermedad es un caso de dominancia incompleta en el hombre, contenido que se desarrolla en el capítulo siguiente (Capítulo 4) en la página 76; 1 sobre largo de las alas y de las quetas en la mosca de la fruta (abierto); 1 referido a la anemia falciforme con breve descripción y sin especificar que es en el hombre (cálculo de probabilidades -cerrado-); 1 sobre probabilidades (cerrado); 1 para aplicar Ley de Segregación de Mendel en tomates de plantas altas y enanas y analizar resultados de grupos de datos experimentales (mixto).

Se observa que en general, en los textos básicos se ofrecen problemas de tipología I (cerrados, de modalidad directa o causa efecto) y II (abiertos, de modalidad más compleja o efecto causa), en cambio en los textos complejos, se suman los de tipo III (mixtos, con cuestionamientos de tipo abierto y sesgos de tipo cerrado o viceversa).

Son diversas las características que se toman para ofrecer en formato problema; en todos los textos están presentes las especies clásicas utilizadas como referentes para ejemplificar las explicaciones en el cuerpo de la obra, como las plantas de guisantes, la mosca de la fruta, el hombre y otras especies de mamíferos al igual que de plantas.

En relación al ser humano, en los textos básicos predominan ejemplos sobre enfermedades de origen genético. Por otra parte, en los textos complejos, en relación a los básicos, es alto el número de problemas ofrecidos al lector para ejercitación y autoevaluación.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

Introducción

En el apartado anterior se presentaron los resultados de esta investigación; en el presente capítulo, y considerando los objetivos planteados, se realizará la interpretación de los mismos, estableciendo su significado en relación al tema bajo estudio, así como sus implicaciones y la manera en que se vinculan con estudios anteriores y con el conocimiento sobre el tema.

Durante este desarrollo se toma en cuenta que en esta investigación no solo se ha explorado sobre los contenidos disciplinares de los que disponen los alumnos en relación al campo de la Genética, sino también sobre las posturas e ideas que estos estudiantes tienen en relación a la enseñanza de los mismos, identificando a la vez similitudes y diferencias entre estudiantes noveles y avanzados. Para realizar este análisis, se ha diseñado y aplicado el cuestionario descrito en el Capítulo 2 (Metodología).

Por otra parte, en el marco de esta investigación, también se ha estudiado el tratamiento que se otorga a estos temas en los textos utilizados en la enseñanza universitaria, analizándolos desde la perspectiva del contenido y de la imagen, para cuyo análisis, se ha diseñado y aplicado el protocolo descrito también en el Capítulo 2 (Metodología).

Asimismo, se han buscado variaciones, equivalencias y patrones comunes entre los saberes de los alumnos y el tratamiento otorgado a estas temáticas en los libros de texto.

En este sentido se realizará la discusión atendiendo a los conceptos centrales del campo de la Genética que fueron tomados como saberes y núcleos conceptuales para esta exploración.

Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre la noción de gameto

En primer lugar, y en relación a la indagación sobre los gametos, que, como se dijo, corresponde a un concepto polivalente o polisémico que subsume varios objetos, en coincidencia con Melo Salcedo (2013), es contenedor de distintas dimensiones u objetos de conocimiento que se aplican según el contexto de uso. En las respuestas dadas por los encuestados se ponen en evidencia estas dimensiones en forma de nociones que atienden a diferentes niveles de complejidad, siendo prevalentes en los alumnos avanzados conceptualizaciones diversas de mayor complejidad en relación a los estudiantes novatos. Si bien, como se argumentó en el Marco Teórico, se trata de un concepto polisémico, se

esperaba, especialmente en alumnos próximos a egresar con el título de Profesor en Ciencias Biológicas, encontrar un saber que contemplara diversos aspectos relacionados con su importancia biológica, desde un punto de vista integral y complejo; al respecto resultaba posible la explicitación de conceptos de mayor complejidad acordes al año de la carrera por el que transitara el alumno, mostrando, a partir del conocimiento de este contenido, las posibles relaciones entre conceptos, expectativa que se confirmó en la mitad de los estudiantes avanzados. Estos emiten respuestas de tipo integral donde se involucran diversos conceptos que atienden a la complejidad del contenido, en cambio el resto lo hace desde un punto de vista más simple, abordando solo uno o algunos aspectos, característica que resulta sugestiva por tratarse de estudiantes próximos a egresar que, en un breve lapso de tiempo estarán a cargo de una clase. En cambio, en los alumnos novatos, en general, se obtienen variedad de respuestas que los ubican en las distintas categorías, desde la ausencia de respuesta y de respuestas vagas e incorrectas, hasta un predominio de respuestas de nivel simple en más de la mitad de ellos y casi un tercio de respuestas de nivel alto o complejo. En relación a las respuestas inadecuadas (RI), las mismas se encuentran representadas por casi los mismos valores en ambos grupos. Ante la solicitud “si tuvieras que explicar a tus alumnos qué es un gameto ¿qué les dirías?, el estudiante A8, por ejemplo, expresa que *“Las gametas son células sexuales haploides que se producen por medio de la meiosis en los organismos pluricelulares y por medio de la mitosis en los organismos unicelulares”*. Se trata esta de una de las dos respuestas de Nivel 1 emitidas por los estudiantes avanzados que resulta en un enunciado rico para el análisis; en este sentido, al referirse a *los organismos unicelulares* parece hacer referencia a los organismos haplontes (muchos protistas y hongos), donde un organismo haploide genera gametos, también haploides, por mitosis; estos gametos al fusionarse originan una célula diploide que al dividirse por meiosis genera células haploides o esporas que dan lugar al nuevo organismo. En este sentido, en el Tb3, en la p.193 se señala que *“Todos los ciclos sexuales tienen ciertas características en común:*

- *Hay dos padres, cada uno de los cuales proporciona cromosomas a la descendencia en forma de un gameto producido por meiosis.*
- *Cada gameto es haploide, es decir contiene un único conjunto de cromosomas.*
- *Los dos gametos –con frecuencia identificables como el óvulo femenino y el espermatozoide masculino- se fusionan y producen una célula: el cigoto o huevo fecundado. El cigoto contiene así dos conjuntos de cromosomas (es diploide).”*

Nótese que se subrayaron en la cita textual algunas expresiones. Esto se debe a que las mismas están en contradicción con lo que posteriormente, en la página 194 se describe

brevemente como los diferentes ciclos de vida sexual: los de los organismos haplontes, típicos de muchos hongos y protistas, donde se indica claramente que *“El cigoto pasa por la meiosis y produce células haploides o esporas. Estas esporas forman, por mitosis, el nuevo organismo, que puede ser unicelular o multicelular. El organismo haploide maduro produce gametos por mitosis, que se fusionan formando el cigoto diploide”*. Luego, al referirse a la alternancia de generaciones, característica de muchas plantas y algunos protistas, se señala que en ella *“la meiosis no da lugar a los gametos, pero si a esporas haploides”* las que originan un gametofito haploide donde *“se forman los gametos por mitosis”*. Finalmente, al describir a los organismos diplontes (como los animales y las plantas) se hace referencia a que los gametos son células haploides que se forman por meiosis. Podría suponerse entonces que, si bien no son sinónimos, en la declaración del alumno *los organismos pluricelulares* corresponderían a organismos diplontes. Valga esto como ejemplo respecto a algunos aspectos presentes en la bibliografía que convendría tomar en consideración para realizar las aclaraciones pertinentes, ya que al momento de realizar generalizaciones podrían inducir a conceptualizaciones erróneas o confusiones por parte del lector (*“un gameto producido por meiosis” en p.193 vs/ “El organismo haploide maduro produce gametos por mitosis” y “se forman los gametos por mitosis” en p.194*). Si observamos las respuestas del resto del alumnado, en muchas de ellas se indica que los gametos se producen por meiosis, manifestaciones que por supuesto fueron consideradas como válidas o correctas; ocurre que es habitual que cuando se enuncia un concepto se recurra a las generalizaciones y rara vez se alude a las excepciones. Cuando en el texto se expresa *“Todos los ciclos sexuales tienen ciertas características en común”*, y entre ellas se cita *“Hay dos padres...”*, también resulta en conflicto, dado que, en todo caso, en los ciclos sexuales hay dos núcleos de células diferentes que pueden tener su origen en un solo individuo o en dos.

En este orden de ideas, a partir de la investigación seguida por Andramunio Acero (2014), la autora expresa que, al indagar sobre la presencia de gametos en diversas especies, se encontró que la mayor parte de los alumnos no identifican que son los gametos y cuál es su función; además ligan su presencia casi exclusivamente con el ser humano. De ello resulta la incomprensión de los procesos de división celular que son base para la comprensión de los fenómenos hereditarios.

Tomando en consideración la bibliografía básica y especializada o compleja se destacan ciertos aspectos del concepto aludido en varios segmentos de las obras, donde emergen las dimensiones antes citadas en el contexto de uso; resulta de interés focalizar en los mismos respecto a su abordaje. Si bien no puede decirse que las definiciones no están explicitadas en

los textos analizados, podría pensarse que la fragmentación del concepto hace que su definición no sea suficientemente explícita, por lo que ciertos aspectos de su enunciación resultan implícitos y por lo tanto, requieren de un análisis de mayor profundidad por parte del lector, ya sea para comprenderlo o para encontrar una verdadera interpretación que permita la construcción de la noción. Por otra parte, las características en el abordaje del tema, tanto en textos básicos como avanzados, muestra una clara articulación intracapítulos y una cierta desconexión entre los capítulos que integran cada obra.

El hecho de que solamente la mitad de los estudiantes avanzados emitan respuestas de tipo complejo sugiere que en el resto no se produjo la progresión esperada en relación a la integración conceptual, considerando además, que los mismos cursan la asignatura *Genética* en cuarto año. Para explorar este aspecto sería necesario realizar estudios complementarios a esta investigación.

Sobre la base de lo expresado, es preciso enfatizar que la comprensión del concepto, involucra la relación con otras nociones de importancia, tales como alelo, gen, cromosomas y cromátides; las dificultades para explicarlos y relacionarlos detectadas en el presente trabajo han sido reportadas anteriormente en la literatura específica para el nivel medio (Lewis y Wood Robinson, 2000; Pahlhey, 1994) y superior de la educación (Gallarreta 2001; Grande *et al.*, 2008; Grande *et al.*, 2009); en la misma se destaca también el carácter incompleto o parcial de las conceptualizaciones de los estudiantes. Por otra parte, al comparar las definiciones del alumnado con las que figuran en la bibliografía consultada, se observan ciertas similitudes entre ellas, ya que las definiciones recabadas en la literatura no contemplan todos los aspectos mencionados, juntos, en una definición; por el contrario, se encuentran diferentes dimensiones del concepto en partes distintas del texto. Un grado de complejidad alto tampoco está presente en las definiciones que figuran en el glosario de los textos; es decir que no se presenta una definición que abarque en forma integral el significado complejo que conlleva el término en cuestión.

En cuanto a la función de los gametos, si bien se acepta el término “función” y el finalismo en el sentido no de diseño o plan previo (finalismo de sentido común), sino a posteriori, como producto de la selección natural, esto implica un salto enorme en la comprensión de los estudiantes. La función es siempre un efecto del rasgo, y de acuerdo con las concepciones de función que existen, se considera que la función es el efecto por el cual el rasgo fue seleccionado o, el efecto que actualmente y de hecho, contribuye a la preservación y reproducción del organismo individual; por ejemplo, al expresar que “el efecto concreto de la

meiosis es la producción de un gameto haploide” no se utilizaría dicha manifestación en el sentido finalista del término (destino o utilidad que se da a algo), sino en relación a su importancia, como una actividad propia de un organismo, un órgano o una célula. Aludir a la función de los gametos entonces, hace referencia a cuáles son los procesos esenciales que la definen o caracterizan. Para la semiótica, una función es el conjunto de elementos y las relaciones entre ellos que son necesarias para definir una estructura. Al respecto se esperaba un tipo de respuesta que la valorara desde su importancia en la producción de descendencia y la perdurabilidad de la especie en el tiempo, argumentando en relación a originar un individuo diploide, mantener el número cromosómico de la especie, transmitir las características de la misma a la siguiente generación y contribuir a la variación genética en la descendencia. Entre los participantes noveles consultados más de la mitad emiten respuestas simples, relativas al papel de los gametos en la reproducción sexual mediante la unión/fusión/fecundación y/o a sus consecuencias inmediatas (origen de un cigoto/nuevo individuo, determinar el sexo). El resto de los alumnos se apega en forma dispar al resto de las categorías. En los alumnos avanzados se encontraron niveles de adhesión principalmente a dos niveles de respuesta, de categoría mayor en cuanto a la complejidad, vinculadas al rol de los gametos en la transmisión de información hereditaria y a la variabilidad genética en la descendencia, incluyendo algunos, otros aspectos como la continuidad de la vida y su importancia para la especie, ya sea mantener el número diploide característico de la especie, la supervivencia o la perpetuación de la especie. Sobre esta base, si bien se observa una progresión esperada en cuanto a la construcción de la noción en los diferentes grupos, surgen indicios sobre la forma parcializada en que son consideradas las funciones de los gametos por algunos estudiantes de los últimos años de la carrera en los que se logran respuestas que limitan la función de los gametos a uno o dos aspectos, sin percibirlos de modo integral. Resultados similares fueron obtenidos por Gallarreta (2001), quien advierte que en el tránsito por los estudios superiores los alumnos no logran revertir la construcción conceptual pobre y fragmentaria detectada en la población estudiantil sobre la que realizó el análisis. Si tomamos como referencia los libros de texto, encontramos que, entre otras acepciones, las funciones de los gametos son la de ser *“los vehículos que transmiten genes de una generación a otra”* (Campbell y Reece, 2007, p. 239); también se las asocia con la diversidad genética a través del proceso meiótico (Sadava *et al.*, 2009) y con el restablecimiento del número cromosómico de la especie (Curtis, *et al.*, 2008). En los textos revisados, tanto en los básicos como en los complejos, también emergen distintas dimensiones del concepto, el que es utilizado en sus varias significaciones en capítulos diferentes de acuerdo a la temática

desarrollada; no se observa en ellos un abordaje integral de sus diversos papeles, remitiéndose a una o dos de las categorías mencionadas, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes.

Con respecto al origen de los gametos, las respuestas inadecuadas están presentes en cerca de la cuarta parte del alumnado de los primeros años de la carrera y también de los últimos; más de la mitad de los noveles se reparten entre los que dieron respuestas simples o de modalidad intermedia, situándose la mayoría de los avanzados en intermedias y más complejas. Las consideradas más complejas fueron aquellas que contenían posturas respecto al abordaje didáctico con los alumnos correspondientes al 18% de los encuestados noveles y el 36% de los avanzados. Una vez más se advierte una mirada parcial del contenido; por otra parte, son pocos los estudiantes, especialmente de los próximos a egresar, que además de responder conceptualmente, realizan un desarrollo sobre las estrategias de trabajo en el aula que utilizarían.

Si nos remitimos a la bibliografía consultada encontramos que diversos autores (Ayuso *et al.*, 1996; Klautau *et al.*, 2009, entre otros), creen necesario abordar la meiosis y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica ya que se presentan dificultades para relacionarlas. Esto es coincidente con los resultados obtenidos en este estudio y con la opinión de otros autores citados precedentemente. Además, colaboraría en el logro de una consideración integral del proceso que repercutiría en las modalidades de trabajo aúlico a diseñar en próximas futuras clases.

Entonces se observa como elemento común entre estudiantes y textos la manifestación de la característica polisémica del contenido analizado, en este caso gameto, desde su concepto, funciones y origen, el cual se encuentra fragmentado en las obras, en coincidencia con las conceptualizaciones parciales detectadas en los futuros profesores. Esta fragmentación del saber, como explican Johsua y Dupin (1993) y Solarte (2006), fue señalada por Verret, quien opinaba que es adecuado proporcionar un cierto contenido por partes, y que fraccionarlo o fragmentarlo contribuye a hacerlos comprensibles, así como acrecentar su complejidad en forma progresiva; en coincidencia, esto se ve registrado en los textos analizados. Por otra parte, como indica Solarte (2006), la ruptura del concepto puede operar posibilitando, por un lado, su conexión con otros contenidos, y por otro, la restauración del modelo, arribando a una noción más próxima a la planteada científicamente. Y en este entorno, entran en juego no solo los modos en que los textos presentan los contenidos y los docentes proporcionan los conceptos en el aula universitaria, sino también la historia académica de cada estudiante, sus tiempos y modos de aprender, entre otros aspectos. Así es como, si bien los conceptos

indagados en esta investigación fueron abordados con diferente profundidad en el trayecto escolar y universitario realizado por los futuros profesores en Ciencias Biológicas, se observa, en concordancia con Solarte (2006), diversidad en las conceptualizaciones, diferencias que muestran que la reconstrucción esperada del concepto fue lograda en grados distintos en función de las interpretaciones realizadas por los sujetos.

Considerando lo anterior, la escasa complejidad, debida a la fragmentación desprovista de una integración de diversos aspectos del contenido en una noción más compleja a medida que se avanza en el tratamiento de las distintas temáticas que lo atraviesan, podría ser un factor de interferencia en el aprendizaje de estos temas presente durante la formación de grado. El análisis de los textos sugiere que estos podrían contribuir en este sentido, situación que ha sido referida por diversos autores (García Cruz, 1990; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Martínez García, 2003). De todos modos, es necesario considerar que autores como Fuentes (2006), Kostina (2009) y Luengo-González (2018) señalan que para el caso de conceptos polisémicos, no se podrían abarcar todas sus dimensiones en una definición, a menos que se esté intentando dar una idea justamente de su multirreferencialidad; de todos modos, es posible pensar en la incorporación en los textos de conceptualizaciones más complejas e integradoras que recuperen las diversas referencias de los conceptos polisémicos que se abordan en el desarrollo de la obra.

En relación a los esquemas de los gametos, los más logrados corresponden a heterogametos y tienen una alta representación en los dos grupos. Sólo dos alumnos avanzados y tres noveles, manifiestan a través de sus producciones que la forma de los gametos puede variar según los grupos de organismos. Al analizar los textos básicos, encontramos en general esquemas que representan al gameto femenino y al masculino de los animales (óvulo y espermatozoide), o directamente que remiten al hombre. Si bien aparecen esquemas de gametos de otros grupos, estos se presentan cuando se describe ese grupo en particular y no cuando se trata a las funciones de reproducción en general. Como se expuso en los Resultados (Capítulo 4), en estas obras se presentan imágenes de diferente grado de iconicidad con cierta prevalencia de dibujos figurativos con signos/símbolos (mayor iconicidad) y de dibujos esquemáticos combinados con signos y símbolos normalizados como representación homogénea y simbólica (menor iconicidad). Al respecto, resultaría de interés conocer si este tipo de ilustraciones se incluyeron considerándolas desde su iconicidad, su valor didáctico y el esfuerzo cognitivo que demanda su interpretación, o si estas sólo cumplen un rol decorativo en el texto. En los textos complejos predominan los dibujos esquemáticos con signos y símbolos identificados como círculos o esferas con signos y símbolos normalizados donde la

esfera que corresponde a cada gameto porta símbolos correspondientes cada uno a los alelos de un gen; en este sentido, este menor grado de iconicidad acompaña el desarrollo de los temas que se tratan en los capítulos correspondientes de estas obras. Otro aspecto que requiere reflexión es acerca de si las imágenes utilizadas inducen a la reflexión por parte del lector o no. Para Jiménez Valladares y Perales Palacios (2002), existe intención de los autores de los textos en el uso de las imágenes, que resultan en argumentos visuales, con el objeto de convencer a los lectores de la veracidad de lo expuesto por ellos. Se plantea también que la presencia de imágenes profusamente coloreadas y llamativas atrae la atención del lector primerizo (Jiménez Valladares y Perales Palacios 2001). Una característica de la imagen es su polisemia, lo que dificulta predecir el tipo de interpretación que puede realizar un sujeto sobre una ilustración, pero una de sus funciones se vincula a mejorar el recuerdo y facilitar la comprensión de textos cuando en estos se detallan las relaciones entre diversos elementos siempre que aquéllas muestren esas relaciones (Perales Palacios y Jiménez Valladares, 2002). En un trabajo realizado sobre libros de texto para el nivel secundario de la educación Peláez et al. (2010), refieren que el concepto “gameto”, si bien es mencionado en todos los textos analizados, es el que recibe menos explicaciones y ejemplificaciones en relación a otros conceptos; destacan además, la abundancia de imágenes innecesarias en los textos revisados. En este sentido, si bien en niveles diferentes de la educación, existen puntos de encuentro con el presente trabajo; un aspecto a considerar en futuras investigaciones es el papel de las prácticas docentes en la transmisión de estas ideas fragmentarias y esquemas encasillados que se evidencian en este análisis. Así, resultan pertinentes las ideas de Jimenez Valladares y Perales Palacios (2001), cuando recomiendan a los docentes valorar objetivamente los materiales curriculares que se encuentran a su disposición y analizarlos críticamente a los efectos de su selección para trabajar en el aula.

Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre división meiótica

En el segundo punto del cuestionario, referido a una especie hipotética con tres pares de cromosomas en sus células somáticas, se destaca un predominio de respuestas adecuadas (RA) obtenidas de la población en estudio. Las respuestas inadecuadas (RI), si bien ponen en evidencia dificultades en la comprensión del proceso meiótico, especialmente cuando el mismo se plantea en forma de un problema, es una categoría de respuesta que se presenta en porcentajes bajos tanto en alumnos avanzados como en noveles; lo mismo ocurre con los porcentajes correspondientes a los alumnos que no responden a lo solicitado (AR)

representado solamente por estudiantes noveles. Este hecho es esperable en alumnos que comienzan su carrera, en los cuales, dada su condición de aprendices transitando los primeros años de sus estudios, resulta natural que no respondan a ciertos puntos o que sus respuestas sean imprecisas o incorrectas. Si bien se presentan porcentajes altos de respuestas correctas (RA), especialmente en estudiantes avanzados, los resultados obtenidos muestran que existe una fracción del alumnado (si se considera a los alumnos que no responden y a los que elaboran respuestas inadecuadas), que no ha logrado la adecuada comprensión del tema, el cual resulta central para el abordaje de los contenidos del área de Genética. Si se consideran los libros de texto, los mismos contribuyen con una relación entre meiosis con gametogénesis y formación de los gametos disgregado en distintas partes de las obras, más notorio en los textos básicos, aunque en los textos complejos se observa un patrón similar. Esta multirreferencialidad presente en diferentes sectores de cada obra y el uso sucesivo de variadas referencias al tema para profundizar en otra noción o desarrollo emerge como característica que se valora positivamente tanto en los textos básicos como en los complejos. también sobre su multirreferencialidad, por lo que se alude a alguna de sus particularidades en diferentes sectores de cada obra. Este uso sucesivo de variadas relaciones, conexiones y referencias al tema para profundizar en otra noción o desarrollo es lo que emerge como característico tanto en los textos básicos como en los complejos; sin embargo, las mismas no son recuperadas en una conceptualización o apartado contenedor de la totalidad. En esta línea, Klautau et al., (2009), creen necesario abordar la división meiótica y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica, abordaje integrado que podría contribuir al logro de comprensiones más consistentes. Al respecto, Klautau-Guimarães, Oliveira, Akimoto, Hiragi, Barbosa, Rocha y Correia (2008) aconsejan que en la formación superior, y con el objeto de contribuir a mejorar la comprensión de fundamentos básicos de Genética, se deben utilizar recursos didácticos específicos, que atiendan a los aspectos citológicos y genéticos, a los procesos de mitosis y meiosis, a la estructura de los cromosomas, así como a la ploidía de las células resultantes y a la cantidad de material genético en las mismas; dichas temáticas han sido reportadas como fuente de conflictos tanto en relación a su enseñanza como a su aprendizaje, vinculándose a incomprendimientos, conceptualizaciones inadecuadas, confusiones de términos o términos utilizados como sinónimos; cualquiera de estas situaciones interfiere en la comprensión de otros conceptos, pudiendo subyacer como obstáculo de aprendizaje. Los procesos involucrados en el ciclo celular tales como replicación del ADN, cambios en la carga de ADN durante la interfase y los procesos de división mitótica y meiótica, así como las modificaciones consecuentes de la

ploidía de las células, se entrelazan con estos contenidos y son fuentes, a su vez, de dificultades de aprendizaje. Por lo expuesto, desarrollar materiales didácticos concretos y aplicarlos a secuencias de clase que favorezcan la comprensión de los procesos involucrados en el ciclo celular y las características sustantivas de cada etapa, asociadas a los mecanismos de división celular, se constituyen como una prioridad en pos de facilitar los aprendizajes en el campo de la Genética (Barra, Acosta, Fernández, Atencio, Bornemann, Pérez, Marafuschi, de Andrea, Guadagno, Vilches y Legarralde, 2019; Fernández, Acosta, Barra, Atencio, Bornemann, Pérez, Marafuschi, de Andrea, Guadagno, Vilches y Legarralde, T., 2019). En este sentido, el trabajo en las aulas universitarias partiendo de propuestas alternativas para abordar estas temáticas con la intención puesta en generar nuevos caminos para el tratamiento didáctico de nociones complejas, resulta una prioridad; por ello, la construcción de materiales didácticos específicos y adecuados, de fácil construcción y que puedan ser manipulados por los estudiantes representa un camino de interés para la didáctica de la biología y un desafío para los docentes que se encuentran en una continua búsqueda de líneas de trabajo superadoras. En esta línea, resulta necesario en las situaciones de enseñanza y de aprendizaje, recurrir al uso de diversos formatos de representación, de modo de colaborar con las diversas estrategias de aprendizaje propias de cada alumno.

En base a lo planteado en el tercer punto del cuestionario respecto a la relación entre información genética, meiosis y gametos, en las obras analizadas se establecen relaciones al interior de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general al inicio o al final un tema a tratar; así, en los textos básicos se observa una relación de las imágenes con el texto principal connotativa o denotativa, en cambio en los textos complejos, a estas dos se suma la sinóptica. Por otra parte, los dibujos figurativos y esquemáticos con signos y/o símbolos presentes en los textos (con prevalencia de etiquetas verbales nominativas y relacionales) no se utilizan para realizar conexiones entre los distintos sectores de un manuscrito. En este sentido resultan interesantes los niveles de adhesión cercanos a un tercio en ambos grupos de alumnos, respecto a utilizar como recurso en una clase, los dos dibujos figurativos con signos/símbolos presentados -etapas de la meiosis y proceso de fecundación respectivamente- en función de su complementariedad. Respecto a los que no responden, se observa una polaridad hacia los primeros años, posiblemente fundamentada en la ausencia de conocimiento del tema en profundidad o sobre estrategias didácticas en general. En concordancia con los resultados obtenidos en este estudio, distintos autores (Kloutau et al. 2009; Salim, et al., 2007; Smith, 1991) indican que el proceso meiótico es uno de los temas que más problemas de comprensión genera, por lo que

cuando se lo enseña es importante relacionarlo con la fertilización, los ciclos de vida y la alternancia de generaciones haploides y diploide. Otros investigadores (De Baz, 2007; Knippels et al., 2005) también refieren dificultades para su enseñanza y aprendizaje; por ejemplo, Klautau-Guimarães et al. (2008 b) reportan dificultades en alumnos brasileños del nivel medio, asociadas a la lectura de imágenes sobre división celular y el aprendizaje del tema. Estos hallazgos están en concordancia con las ideas fragmentarias detectadas en los futuros profesores a partir de lo relevado mediante el cuestionario. Como ya se expresó al analizar el primer y segundo punto del mismo, la mayor parte de las respuestas adecuadas que se obtienen son de tipo parcial, es decir que involucran uno o algunos de los aspectos que deberían contemplar; cabe esperar una situación de este tipo en estudiantes noveles, los cuales aún no han logrado un dominio disciplinar adecuado, pero en los alumnos próximos a egresar se esperarían respuestas más completas en la mayoría de ellos. En este sentido, las características de estos saberes podrían influir en el tipo de decisiones de índole didáctica que tome el interesado, tal como se le plantea en la situación de aula que se formula en el tercer punto. La existencia de este tipo de ideas en los alumnos fue reportada por Klautau et al. (2009), quienes además señalan dificultades en la utilización de terminología específica y para dar explicaciones sobre el origen de la variabilidad; en este último caso especifican que pocas respuestas refieren explícitamente al fenómeno de meiosis o a su relación con la formación de los gametos y la reproducción. Más bien utilizan argumentos de sentido común o generalistas, recurriendo a términos como *mezcla* o *combinación del material genético* de los progenitores. Tal vez, para sortear estas limitaciones, resulte necesario recurrir a caminos alternativos tendientes a la incorporación de representaciones no textuales como forma de comunicar información, ya sean gráficos, dibujos, modelos y otros modos de representación en formato no textual; su incorporación y uso habitual en las aulas permitiría favorecer aprendizajes, dado que la interpretación de la información expresada de este modo significa un desafío cognitivo para quien la realiza. Posiblemente la elaboración de propuestas para trabajar estratégicamente con representaciones de este tipo en las clases de genética, y con alumnos de nivel universitario, estimule el desarrollo de habilidades en esta área, a través de la implementación de secuencias de enseñanza que impliquen un aprendizaje activo (Anijovich y Mora, 2009; González Zamora, 2006; Legarralde, De Andrea, y Vilches, A. (2019a); Legarralde, Ramírez, Vilches y Lapasta, 2013; Malvaez, Joglar y Quntanilla, 2013; Rivas García y Rocha Leyva, 2017; Rueda Pineda, Mares Cárdenas y Gonzáles Beltrán, 2017, Zuleta Araujo, 2005).

Interpretación de los resultados obtenidos en relación a los saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre terminología genética básica y modos de representación: genotipo, genes, alelos y caracteres

Respecto al cruzamiento monohíbrido presentado en el cuarto punto del cuestionario los resultados obtenidos para el ítem a muestran algunos aspectos que resultan de interés respecto a las comprensiones en este campo, dado que algunas respuestas sugieren que existe confusión entre el concepto de “gen” y el de “alelo”, en coincidencia con lo reportado por Corbacho y De (2009), Díez de Escribano y Caballero Sahelices (2004), Díez de Tancredi y Caballero (2004) y Lewis y Wood-Robinson (2000) entre otros. Los usos dados a esta terminología a partir de lo expresado por los alumnos, parecen estar vinculados a su utilización como sinónimos; en este sentido puede suponerse que términos como *carácter*, características, rasgos, se refieren a *alelos* o se utilizan como sinónimos de *gen*. Por otra parte, si bien hay independencia en las respuestas, se observa un predominio de la segunda categoría (RI), con respuestas inadecuadas en ambos grupos y con mayor proporción en estudiantes avanzados respecto a los alumnos de los primeros años de la carrera. En el caso de las respuestas vinculadas al ítem b (*Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas ¿qué dibujo debería hacer?*), se observa que los estudiantes avanzados presentan menor dificultad en esquematizar en forma adecuada, en cambio los noveles distribuyen sus respuestas en todas las categorías, prevaleciendo en ellos la ausencia de esquematización. Esto se contrapone con lo observado en el ítem a, donde los estudiantes noveles presentan menor dificultad que los avanzados en responder acerca del significado de B y b; es decir que es correcto el discurso e incorrecto el esquema. Lo señalado estaría indicando la imposibilidad de realizar la conversión del lenguaje escrito al gráfico, es decir desde una representación lingüística o textual a una pictórica o no textual. En esta línea, Lombardi, Caballero y Moreira (2009), destacan la necesidad de alfabetizar respecto a la lectura de las representaciones pictóricas y en el caso particular de la simbología utilizada también en los textos, trabajar sobre la interpretación de dibujos figurativos y esquemáticos con signos y símbolos y de organigramas, que sobresalen como recursos utilizados para ilustrar el desarrollo textual de los principios de la herencia en los textos analizados. A partir de los hallazgos de este estudio se revela, además, la necesidad de dirigir los esfuerzos hacia alfabetizar en relación a la conversión de representaciones. Considerando que los conceptos de gen, alelo y cromosoma son estructurantes para la comprensión de los temas de Genética, se debería volver la mirada, una vez más, hacia los materiales instruccionales y al modo en que se presentan las imágenes

de los mismos dado que estas deberían facilitar el aprendizaje de conceptos. En coincidencia con Ayuso y Banet, (2002), la sustitución de los símbolos utilizados comúnmente para representar a los alelos de un gen (letras mayúsculas y minúsculas) por esquemas o modelos de cromosomas en los que se sitúen los alelos, podría favorecer la construcción de conocimientos significativos. Lo planteado presenta puntos en común con lo expuesto por Fanaro, Otero y Greca (2005), al referirse a las imágenes en los materiales educativos y las ideas de los profesores. Las autoras alertan respecto a la baja percepción de los docentes respecto a las dificultades que presenta el alumnado para leer o interpretar imágenes; sugieren que la lectura de imágenes debería incorporarse en la educación en ciencias, particularmente en la formación del profesorado. De este modo se les proporcionarían herramientas teóricas que les permitan realizar una selección adecuada de los materiales que se les ofrecen desde las distintas editoriales. Por otra parte, se debe tomar en consideración que los esquemas solicitados requieren un nivel de abstracción elevado y resultan dibujos esquemáticos con signos/símbolos normalizados de iconicidad baja, por lo tanto, el esfuerzo cognitivo de conversión de un tipo de representación en otra resulta elevado. En el mismo orden de ideas y en lo que refiere a los ítems c y d (*¿Qué representa Bb?* y *¿Cómo lo representarías en un esquema?*), las respuestas y esquemas generados muestran en ambos grupos de alumnos, la existencia de confusión de términos y/o del significado de los símbolos. En consecuencia, se advierte que las letras minúsculas y mayúsculas utilizadas tradicionalmente para representar a los alelos de un gen podrían interferir en la construcción de conceptos. Por otra parte, y en concordancia con Flores Camacho, García Rivera, Báez Islas y Gallegos Cázares (2017), la confusión de términos conlleva al aprendizaje de conceptos erróneos que impiden relacionar estos conceptos con otros, como el proceso de meiosis o la transmisión de la información genética. En este sentido, las producciones de los estudiantes denotan la existencia de comprensiones inadecuadas respecto a la representación del genotipo heterocigota. Por otra parte, se observa diversidad de terminología para denominarlo; se refiere al mismo en forma incorrecta como cromosomas homólogos, cromátidas hermanas, presencia de los alelos en un mismo cromosoma, un gen o un carácter, entre otras. Otra dificultad observada respecto a la localización del genotipo heterocigota radica en la falta de claridad respecto a su ubicación, situándolo en un brazo de un cromosoma simple, o como símbolos que identifican a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado. En las respuestas y esquemas se destaca también una inconsistencia entre lo expresado en forma escrita (representación lingüística o textual) y lo presentado de modo esquemático (representación pictórica o no textual); en este ítem, nuevamente se observa la falta de correspondencia entre el discurso y los dibujos o

gráficos solicitados. Por otra parte, los registros obtenidos son coincidentes con lo señalado por Barros y Carneiro (2005), quienes plantean que el modo en que los alumnos comprenden y aplican los conceptos de cromátide, cromosomas homólogos, célula haploide y diploide, así como la relación con las imágenes, pueden ser considerados como causas de dificultades; en concordancia con Prat e Izquierdo (2000), dichas dificultades pueden estar asociadas a la variedad de símbolos y definiciones utilizadas en los diferentes libros de texto, tanto aquellos que los estudiantes del profesorado utilizan para su formación, como aquellos a los que se recurre como herramienta para la enseñanza de los contenidos. En este sentido, se torna de capital importancia proponer actividades durante la etapa de formación del profesorado, que permitan la explicitación de representaciones sobre conceptos como gen, alelo y genotipo y su localización dentro del proceso biológico en el que está ocurriendo (Báez Islas, Flores Camacho y García Rivera, 2017). Asimismo, y en acuerdo con Corbacho y De (2009), se torna necesaria la puesta en práctica de actividades de metacognición que permitan al estudiante la reflexión sobre los modelos que construye, propiciando de este modo, el desarrollo de estrategias cognitivas lingüísticas adecuadas.

El análisis posterior, centrado concretamente en los estudiantes avanzados, muestra que una mayoría de los futuros profesores presenta incomprendiones respecto a la conceptualización de alelo, noción que parece asociarse indistintamente a términos habitualmente utilizados para referirse al fenotipo, como carácter, características o rasgos; por otra parte, emerge el uso del término gen como sinónimo de alelo (“B= gen dominante y b=gen recesivo”). Resultados similares han sido reportados por distintos investigadores (Barros y Carneiro, 2005; Corbacho y De, 2009; Díez de Escribano y Caballero Sahelices, 2004; Díez de Tancredi y Caballero, 2004; Gallarreta, 2003; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Legarralde et al. 2016). Si bien no se presenta tan marcada como en el caso de alelo, para el concepto de genotipo heterocigota se observa una tendencia similar, donde las conceptualizaciones inadecuadas y la ausencia de respuesta representa a más de la tercera parte de los alumnos; se repite el uso indistinto o la sinonimia con cromosomas homólogos, cromátidas hermanas, presencia de alelos en un mismo cromosoma, un carácter o un gen, confusión de términos que obstaculiza la comprensión de otros conceptos (Flores Camacho et al., 2017; Gailhou et al., 2008; Gallarreta, 2002b; Grande et al., 2008; Legarralde et al., 2012; Legarralde et al. 2019b). Respecto a la localización de los alelos y del genotipo heterocigota que constituyen, la dificultad parece estar asociada a la ubicación en el cromosoma o el lugar físico que ocupan, situándoselos en un brazo de un cromosoma simple, o como símbolos que identifican a cada una de las cromátidas de un cromosoma duplicado; el uso de la simbología habitual

(letras mayúsculas y minúsculas), utilizada para representar a los alelos de un gen, estaría jugando aquí un papel importante también, respecto a los conocimientos logrados en el área (Ayuso y Banet, 2002; Barros y Carneiro, 2005; Legarralde et al. 2018).

Se destaca además que en el grupo encuestado se dan una diversidad de situaciones particulares, privativas de cada estudiante; en este sentido, valgan como ejemplo las producciones del alumno A1, quien responde en forma inadecuada, textualmente, al punto a, de modo adecuado al punto b, en formato icónico o no textual, de manera adecuada, textual, al ítem c e inadecuadamente al ítem d. (Figura 74, A).

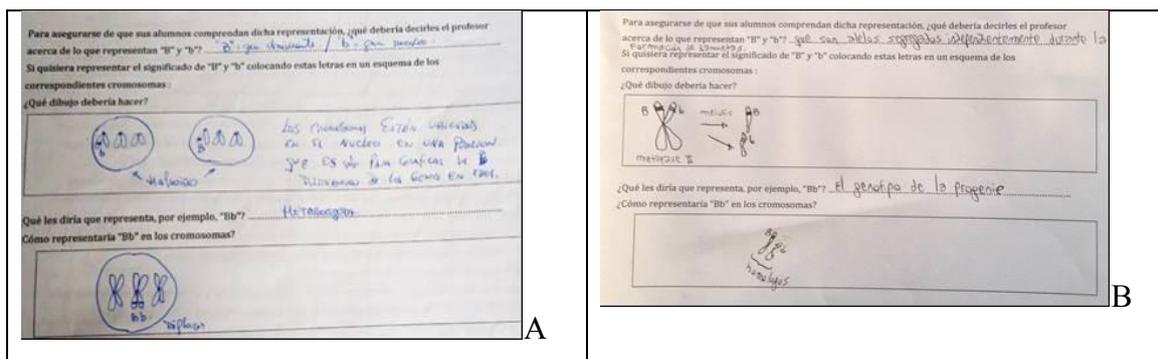


Figura 74. Respuestas al punto 4 generadas en formato simbólico y gráfico por estudiantes avanzados. A. Respuestas del alumno A1. B. Respuestas del alumno A7.

Se incluye otro ejemplo en la Figura 74, B, para dar cuenta de la pluralidad de respuestas encontradas, en este caso correspondiente al estudiante A7; aquí se observan respuestas textuales adecuadas para las partes a y c. En cambio, el esquema generado en el punto c para representar a los alelos B y b es incongruente; sin embargo, aquel que representa el genotipo heterocigota Bb, resulta apropiado. Aquí se observa que las dificultades no solamente están centradas en la elaboración de representaciones icónicas, sino también en las simbólicas, incongruencia que debería ser explorada con un mayor detalle y que excede a este trabajo. Sin embargo, queda planteada la necesidad de abordar estos aspectos mediante secuencias didácticas que atiendan esta problemática en particular; como se expuso en el Marco Teórico, la construcción de representaciones externas es necesaria para que ocurra la construcción de representaciones internas; por ello la importancia de las representaciones externas o semióticas para que se produzcan verdaderos aprendizajes. En esta dirección, García García (2005) y Duval (1999) indican que para tener acceso al objeto representado es necesario reflejar la naturaleza de la relación entre representaciones internas y externas para lo que se debe disponer de dos sistemas semióticos diferentes, y se debe poder convertir las representaciones de un sistema semiótico a otro. Las producciones de los estudiantes

mostraron que, en algunos casos, esto no es posible. Estos tipos de “conocimientos frágiles” (Perkins, 1995) y la ausencia de competencias en el uso de diferentes sistemas de representación, se dan tanto en estudiantes que recién inician su carrera, como en aquellos que están próximos a egresar. Para Márquez y Prat (2005), cuando se utiliza tanto el texto como la imagen para expresar una idea, estos se complementan e interactúan de tal modo que conducen a nuevos significados. Cuando esto, por diversas razones, no ocurre, se originan problemas como los mencionados; resulta sustantivo, por tanto, realizar un trabajo tendiente a la conversión de representaciones y el subsecuente cambio de registro, como ocurre en las operaciones de conversión, denominadas ilustraciones, que se dan cuando se transforma un texto en una figura; o las interpretaciones o descripciones que se producen cuando una imagen se representa a través de un texto. En este sentido, la elaboración de dibujos esquemáticos con signos y símbolos, como los requeridos en este punto tiene una demanda de interpretación y conversión mayor, por su baja iconicidad, que el de un dibujo figurativo. La inconsistencia entre las representaciones textuales y las no textuales es una incongruencia o no correspondencia que advierte respecto a la necesidad de trabajar en la conversión de representaciones, familiarizando a los alumnos con diversas tipologías representacionales; esto, en la búsqueda de mejores logros de aprendizaje vinculados a la comprensión de nociones relevantes del campo de la Genética (Ayuso y Banet, 2002; Báez Islas, Flores Camacho, García Rivera y Gallegos Cázares 2017; Fanaro et al., 2005; Lombardi, Caballero y Moreira, 2009; Márquez y Prat, 2005; Prat e Izquierdo, 2000; Ruiz González et al., 2017). Por otra parte, como mencionan Flores-Camacho, Gallegos Cázares y Cruz Cisneros (2017), se requiere de

...instrumentos que den cuenta de la forma en la que los sujetos explicitan sus representaciones, sean estas expresadas en un lenguaje gráfico, simbólico o en una combinación de ambos. Lo anterior justifica la relevancia de construir instrumentos de investigación y evaluación acordes con un proceso representacional y su dinámica (pp. 2 y 3).

Interpretación de los resultados obtenidos en relación a saberes de los estudiantes y abordaje en los textos sobre simbología y problemas genéticos

En cuanto al objetivo del quinto punto del cuestionario, el mismo fue relevar información sobre las preferencias de los estudiantes en relación a las características a las que recurrirían en una clase para enseñar Leyes de Mendel, y a explorar los fundamentos de dichas preferencias. Se encontró que si bien existen diversidad de respuestas, muchas elecciones son justificadas por ser consideradas de fácil observación y próximas o cotidianas para el alumno,

ya que se opta por caracteres propios del hombre y especies de hábitos domésticos: tipo de pelo en el hombre y color de ojos en las moscas; también color de alas de una mariposa, grupos sanguíneos en el hombre y enfermedad hereditaria en el hombre. Las preferencias detectadas en el alumnado están en concordancia con lo sugerido por Ayuso y Banet (1996) de, dada su complejidad, relacionar las actividades de clase con fenómenos observables por los estudiantes, como el crecimiento del cuerpo y de sus órganos, o el mayor o menor parecido entre hermanos. El caso de la elección “color de ojos en las moscas” podría deberse no a la cercanía del rasgo con el alumno, sino a la profusión de ejemplos presentes en la bibliografía, especialmente relacionado a las investigaciones con moscas llevadas a cabo por Thomas H. Morgan (1866-1945), lo cual podría haber inducido este tipo de elección. Este resulta un ejemplo de la influencia que ejercerían los libros de texto, incluso sobre el tipo de elecciones que realiza el alumnado. Estas observaciones, son coincidentes también con las afirmaciones de Martínez Aznar e Ibáñez Orcajo (2006), quienes señalan que al enseñar Biología se cuenta con la ventaja de tratar conceptos que son cercanos al alumno, como las enfermedades y la alimentación; sin embargo, advierten que los libros de texto siguen tratando estos temas de modo tradicional, basándose en la herencia de caracteres en plantas y animales (frijoles, cobayos, caballos palominos, etc.), en lugar de centrarlo en el hombre. Por otra parte, algunas elecciones y expresiones de los estudiantes dan cuenta de comprensiones inadecuadas o al menos de argumentaciones no expresadas claramente que aparecen difusas y/o con escaso respaldo teórico; ellas muestran cierta fragilidad respecto la comprensión de la condición de dominancia o recesividad de los alelos de un gen, imprecisión en el uso o aplicación de los términos *dominante* y *recesivo* -¿referidos a gen, alelo, característica?-. También expone la idea de que el sexo en los mamíferos puede explicarse mediante la primera ley mendeliana, la cual refiere concretamente a la segregación de las variantes génicas o alelos y no a la segregación de cromosomas –entre ellos los sexuales- que ocurre durante el proceso meiótico y que conduce a la formación de gametos. Aquí emergen ciertas conceptualizaciones equivocadas como la sinonimia segregación de alelos/segregación de cromosomas, o ciertos caracteres/rasgos/alelos/genes/cromosomas se heredan y se presentan como recesivos o dominantes (¿los caracteres? ¿los alelos? ¿los genes? ¿los cromosomas?). Esto podría tener su origen, por ejemplo, en el uso que se hace en los textos del término “*dominante*”, el cual suele ser utilizado con respecto a un carácter, a un gen, a un alelo, o a un fenotipo; por ejemplo, en el Tb3 se refiere a *rasgo dominante*, pero en el TB1 lo indican como *alelo dominante*. También se observa, a partir de algunas expresiones de los alumnos, que subyace una tendencia a confundir *características* con *alelos de un gen* o a no

discriminar entre estos términos; ello se pone de manifiesto también al pasar por alto los alumnos, algunos datos presentes en el enunciado del problema abierto o efecto- causa presentado en el sexto punto del cuestionario. Esta situación tal vez sea inducida por la tradición en el uso de problemas cerrados o causa- efecto, en los que determinadas reglas en su planteo, conducen a elaborar respuestas casi *“de modo automático”* sin detenerse a reflexionar al respecto y quedando, por tanto, cierta información del problema, excluida del análisis. Sin embargo, en los textos básicos y complejos analizados se encontraron, en las ejercitaciones presentes al final de los capítulos correspondientes, combinación de diferentes tipologías de problemas. Probablemente, y como señalan Diez de Tancredi y Caballero (2004), el origen de ciertas formas de interpretación insuficientes en relación a la resolución de problemas, se remonta a la ausencia de comprensión de los conceptos de gen y cromosoma, la cual es la causa de un tipo de trabajo o rutina memorística carente de significado y de poca relevancia. Pero además esto demuestra que las dificultades vinculadas al enfoque de los problemas, como así también a las estrategias de resolución, resultan muy difíciles de explicar (Sigüenza Molina, 2000). Si consideramos lo aportado por García Cruz (1990), la solución para evitar el arraigo de errores conceptuales en los alumnos *“radica en el análisis detallado y razonado de la Teoría Cromosómica de la Herencia, que, por otro lado, no debería presentar, como de hecho ocurre en muchos libros, una anécdota histórica en el desarrollo de la Genética, puesto que no sólo relaciona el proceso meiótico con el fenómeno hereditario, sino que constituye el punto de referencia inmediato del método algebraico (García Cruz, 1988) sirviendo como estrategia adecuada para la resolución de los cruces genéticos, y sin embargo olvidado y jamás utilizado en los libros de texto.”*(p.198). En los textos analizados a los efectos de este estudio se encontraron evidencias que coinciden con estas afirmaciones, entendiendo que los métodos utilizados tradicionalmente en la bibliografía para demostrar un cruce genético, influyen en las elecciones del alumnado. Poner el énfasis en un trabajo bien situado basado en la Teoría Cromosómica de la Herencia podría resultar en una estrategia renovadora de las metodologías tradicionales de enseñanza de la Genética, partiendo del trabajo didáctico con dibujos figurativos y avanzando luego hacia el uso y elaboración de dibujos esquemáticos, e incorporando la simbología específica de este campo.

Una característica que se destaca es que en los textos no se presentan los tres mecanismos que permiten la resolución de problemas genéticos como alternativas para arribar a un mismo resultado (Método de Cuadrícula o Damero de Punnett, Método Dicotómico, Método Algebraico). Cabría también pensar acerca de lo que ocurre en el aula en relación a la

presentación de los diferentes métodos de resolución por parte del profesor, y la influencia que esto ejerce sobre las preferencias de los estudiantes. Los resultados son concordantes con Rendón et al. (2008), para quienes la correcta resolución de los problemas utilizando únicamente el Método de la Cuadrícula, Tablero o Damero de Punnett, no se correlaciona con un aprendizaje sustentable que permita verificar una comprensión del tema. En esta línea, encontramos coincidencia con los hallazgos de la presente investigación dado que, según expresan algunos encuestados, este procedimiento se realiza de manera mecánica como técnica simple para llegar al resultado correcto, aunque resulta una metodología que no induce a la reflexión en relación a la problemática planteada. Por otra parte, en los primeros años se concentran los porcentajes de quienes no responden o no toman posición respecto a su elección; esto probablemente se vincule con su condición de estudiantes noveles y el trayecto particular que han realizado en la carrera.

A través del último punto del cuestionario se persiguió explorar las opciones y razones de índole didáctica que esgrimen los estudiantes universitarios del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) sobre las modalidades de abordaje de los problemas de Genética, así como conocer las dificultades de los estudiantes en el proceso de resolución de problemas de Genética de tipo abierto y cerrado y las causas a las que atribuyen las mismas; para ello se presentaron dos tipos de problemas de Genética siguiendo la clasificación realizada por Stewart (1988), los problemas cerrados o causa-efecto y abiertos o efecto-causa. El análisis de los resultados permite observar que, ante la posibilidad de optar, la tendencia se inclina hacia el primer problema, de tipo cerrado. Por otra parte, el origen de dificultades durante el proceso de resolución se concentra en el segundo problema, de modalidad abierta. Si se considera que los problemas abiertos permiten al alumno poner en juego habilidades y procedimientos más variados y complejos que los implicados en resolver un problema cerrado, y que, además, a través de la resolución de problemas abiertos, se transmite una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual (Ibáñez Orcajo, 2002), resultan de interés algunas reflexiones. Suponiendo que los alumnos han realizado un trayecto avanzado en la carrera y que esto les permitiría conocer las ventajas didácticas de la utilización de los distintos tipos de modalidad de abordaje, es posible pensar que estas tipologías de trabajo con problemas de Genética deberían ser consideradas especialmente por los estudiantes próximos a egresar, como estrategias de enseñanza apropiadas. Sin embargo, puede pensarse que, tal como ocurrió con la población de estudiantes del nivel superior con la que trabajaron Corbacho y De (2009), ellos mismos tengan más facilidad para la resolución de los

problemas cerrados y recuerdan de memoria algunos procedimientos que se realizan mecánicamente, y que esto incline su preferencia por esta modalidad de trabajo. Acordando con los mismos autores, y pensando en el futuro profesional de la población bajo estudio, consideramos que sería necesario el planteo de actividades de metacognición, para lograr la comprensión profunda de los modelos científicos y el desplazamiento de aprendizajes memorísticos hacia el desarrollo de estrategias cognitivo-lingüísticas, particularmente en estudiantes próximos a egresar. Las comparaciones realizadas permiten observar que la elección de los problemas ante una situación de aula hipotética, y sus justificaciones, en la mayoría de los casos, no se correlaciona con un aprendizaje sustentable que permita verificar una comprensión del tema, como señalan Rendón et al. (2008), al referirse a la resolución de problemas de Genética utilizando el tablero de Punnett. Según los datos aportados por este estudio, las decisiones e inclinaciones por el problema cerrado se asocian a la simplicidad del problema, a la presencia de datos suficientes en el mismo y a la posibilidad de resolverlo de manera mecánica, cuestiones que muchos alumnos parecen privilegiar para la consecución de una rápida resolución. También parecen definir el tipo de análisis que realizan sobre el problema abierto, que resulta ser además, el que se les presenta como más complejo, fuente de dificultades y de difícil resolución ya que requiere relacionar, deducir y abordarse de otro modo respecto a su análisis. En este sentido resultaría de interés indagar respecto al tipo de relaciones que establecen los estudiantes entre los procedimientos utilizados y los resultados que obtienen a partir del proceso de resolución, con determinados conceptos centrales de la disciplina establecidos en su estructura cognitiva, y el valor que le otorgan a estos. Ello permitiría obtener información sobre las diversas causas responsables de las interferencias en los aprendizajes en este campo, en concordancia con Ayuso y Banet (2002), Rendón et al. (2008) y Sigüenza Molina (2000), entre otros autores. Por otra parte, si bien, en general, los estudiantes advierten que el primer problema es de resolución mecánica y que, en cambio, para el segundo se requiere que los alumnos razonen a partir de la información que se les brinda para resolverlo con éxito; es de destacar que el grupo de estudiantes avanzados y noveles que no resuelven el segundo problema reconocen limitaciones para enfrentar el proceso de resolución del mismo. Lo expresado es consistente con las ideas de Sigüenza y Sáez (1990), “Un problema no podrá ser resuelto mediante el recuerdo, el reconocimiento, la reproducción o la aplicación de un único algoritmo. De este modo el problema vendrá definido por el proceso de resolución que deberá seguir la persona que intenta alcanzar su solución y no por el grado de dificultad que presente para esa persona” (p. 225). Quizá la cuestión medular gire en torno a las dificultades que ofrece para su resolución un problema

“*efecto - causa*”, para lo cual se requiere analizar los datos aportados, establecer relaciones entre ellos y deducir resultados; en este sentido, los alumnos reconocen dicha dificultad y señalan que la forma mecánica de resolver los problemas denominados “*causa - efecto*” resultan más fáciles y pueden resolverse aplicando un determinado mecanismo general o algoritmo. Estos hallazgos están en concordancia con la postura de Sigüenza Molina (2000), respecto a los problemas efecto-*causa* en relación a que exige que el alumno opere en un espacio - problema experimental, que efectúe inferencias de tipo causal y utilice modelos con mayor poder de explicación y predicción; los mismos además le añaden otra complejidad al proceso, haciendo que el repertorio de causas que posee el estudiante resulte insuficiente para explicar ciertos fenómenos, y de esta insuficiencia resulta “*un esquema mental de la genética mendeliana más consistente y complejo*” (p. 446).

Cuestiones emergentes del estudio

Una cuestión que se ha presentado como central en esta investigación es que el tratamiento de estos temas por parte de los libros de texto se configura, entre otros, como un fuerte factor que influye en la construcción de conocimientos y en las elecciones del alumnado, avalado por ejemplo, por los porcentajes de alumnos que prefieren el carácter “color de ojos en las moscas” para una probable explicación de las leyes de Mendel; también en la elección de un problema cerrado o *causa-efecto* referido a la “cresta en guisante” y “cresta sencilla” de un ave en lugar de un rasgo más cotidiano como el color de ojos en el hombre. Probablemente, para dar respuesta a esta cuestión de forma más acabada, debería indagarse también sobre la interacción discursiva en el aula, el tipo de preguntas, ejemplos, problemas y demás estrategias que utilizan los docentes en las clases de Biología al abordarse los temas de Genética. En este sentido resulta necesaria la problematización de los contenidos buscando interpelar y desafiar a los alumnos fomentando así el desarrollo de niveles de orden superior como el cognitivo alto, el metacognitivo, el reflexivo, el crítico, el emotivo, el comunicativo, el participativo y el creativo e imaginativo; así, al abordarse los temas en profundidad e incorporando determinadas competencias científicas como contenido a ser enseñado, se favorece la posibilidad de incidir en la realidad del joven o adulto que aprende, transformándola (Lapasta, 2017; Praderio 2017). Lo cierto es, que de este análisis concreto, emergen elementos coincidentes entre algunas preferencias de los estudiantes y los desarrollos realizados en los textos. Por otra parte, en forma general y a modo de síntesis, los saberes identificados en el grupo bajo estudio muestran ciertas tendencias, que tienen algunos puntos de encuentro con los obtenidos por Tamayo Alzate y Sanmartí (2003):

-
- Elaboración de discursos iterativos, reproductores y parciales, ya sea al definir un concepto o al responder a un cuestionamiento relacionado con él, situación que, con matices, se encuentra presente en estudiantes noveles y avanzados. En función de los aspectos abordados en este análisis, el discurso utilizado en los libros de texto presenta similitudes o elementos comunes con los elaborados por los estudiantes. En este sentido, un factor determinante que supera a esta investigación, pero sobre el que se debería indagar, es el discurso del profesor en el aula, así como el tipo de actividades, problemas y ejemplos que se seleccionan al diseñar una unidad didáctica para el área de la Genética.
 - Los discursos utilizados por el alumnado, si bien en varias ocasiones pueden aparecer como adecuados y coherentes, cuando se debe recurrir a ellos para realizar interpretaciones de situaciones concretas, presentan dificultades en algunos casos para articular los conceptos en un todo relacionado, integrando conceptos en diferentes formatos representacionales. Esta inconsistencia detectada tanto en estudiantes noveles como avanzados revela problemas en la conversión de un tipo de representación a otra –textual/simbólico, no textual/icónico- y, probablemente, dificultades en el plano puramente procedimental.
 - Se observan conflictos en el uso de conceptos para la construcción de un discurso global estructurado lógicamente; los conceptos vertidos, aparecen como adecuados y coherentes de manera superficial, dado que se conoce su significado en forma aislada, expresados en discursos correctos y esquemas inadecuados o a la inversa, aspectos que se observan incluso en estudiantes avanzados.

Las regularidades halladas como resultado de este estudio dan cuenta de la existencia de ciertas fragilidades en relación a algunos saberes de los futuros profesores, las cuales resultan aspectos a tener en cuenta en la formación del profesorado dado que pueden tener su influencia en la consecución de otros aprendizajes (Tabla 69). La ausencia de un andamiaje integral de los conceptos a enseñar y las representaciones inadecuadas sobre la temática objeto de análisis pueden actuar como barreras y transformarse en obstáculos para el aprendizaje. Considerando a Bachelard (1971), en relación al desarrollo epistemológico del conocimiento científico "*...cuando se buscan las condiciones psicológicas del progreso de las ciencias se llega a la convicción de que el problema del conocimiento debe ser colocado en términos de obstáculos...*" (p. 178); para él un obstáculo epistemológico, "*...impide el avance del conocimiento científico, y no se refiere a que los fenómenos sean complejos o a las limitaciones técnicas para su estudio. Los obstáculos epistemológicos tienen un carácter*

más subjetivo, porque son confusiones o entorpecimientos que se dan en el acto mismo de conocer y que actúan como causa de inercia impidiendo el desarrollo del conocimiento.” (p. 178). En consideración de este autor, y recuperando sus ideas en el marco de esta discusión, los obstáculos epistemológicos en ciencias también se dan en el campo de la educación, cuando a través de la enseñanza se trasladan a los alumnos y son fuente de ideas alternativas y errores que inciden desfavorablemente en el aprendizaje estudiantil.

En 1989, Giordan refería que previo a la enseñanza sistemática, el alumnado posee “*ideas*” sobre un concepto, es decir que tienen un “*marco de referencia*” propio que les permite interpretar cierta información que reciben o un fenómeno determinado. Para él estas ideas que denomina representaciones, pueden describirse en “*grandes tipos*” o “*marcos de referencia*” generales de los cuales depende el aprendizaje, ya que a través de ellas el sujeto interpreta la información. Si no se tienen en cuenta estas representaciones, lo que se pretende enseñar es eludido o queda aislado junto con conocimientos de la vida cotidiana. Apunta el autor que conocer estas representaciones permite adaptar mejor el proceso de enseñanza o incluso proponer una estrategia didáctica más eficaz en sus componentes: situaciones, intervenciones del profesor, ayudas didácticas. Para mediar en el proceso de enseñanza con éxito, es necesario, según él, explorar y conocer esta estructura tal cual funciona (y no tal como suponemos que está establecida), para luego, apoyarse en ella. Giordan señala, además, que las representaciones iniciales de los alumnos no siempre constituyen un obstáculo epistemológico; en algunos casos pueden indicar al profesor las dificultades y el camino que queda por recorrer. El individuo es el que debe construir el conocimiento y por lo tanto encontrarse en situación de transformar sus representaciones. También opina que las representaciones de los individuos no responden sólo a imágenes de la realidad, sino que cumplen diversas funciones: sirven como instrumento epistemológico (de pensamiento), como punto de anclaje para apropiarse de conocimientos, actúan como intermediarios entre el conocimiento y el propio individuo permitiendo que, mediante una interacción entre estas estructuras de pensamiento y las informaciones que recibe el sujeto, se produzca un aprendizaje significativo. Es aquí donde cobran sentido el papel de los libros de texto y diversos materiales didácticos, así como las intervenciones docentes. En este sentido es incumbencia de un colectivo diverso, como los formadores de formadores, los investigadores en didáctica de las ciencias, los responsables de cargos de gestión en la enseñanza superior, entre otros actores, de hallar las formas de superar las dificultades detectadas en la búsqueda de una nueva agenda en la Didáctica de las Ciencias que resulte generadora de aprendizajes duraderos y a largo plazo (Litwin, 1996; Litwin, 2000). Interesa entonces profundizar los

estudios sobre la construcción de ciertos tipos de saberes, valorando su potencial en la búsqueda de estrategias de cambio que puedan llevarse a la acción. Significa también asumir que “el habla es acción y que, por lo tanto, no es posible distinguir entre prácticas discursivas –que supondrían solamente hablar– y no discursivas –que implicarían exclusivamente hacer” (Soutwhell y Vasilliades, 2014, pp. 8-9).

Tabla 69. Fragilidades detectadas a partir de las producciones de los estudiantes y su posible influencia en el logro de otros aprendizajes.

Respuestas de los estudiantes	Probable influencia
Confunden el concepto de alelo con gen y carácter	Establecer claramente las relaciones entre estos conceptos y el significado de procesos más complejos.
Confunden genotipo heterocigota con cromátidas hermanas y combinación de alelos en un cromosoma simple.	Interpretación insuficiente en relación a la resolución de problemas
Sus elecciones coinciden con el tratamiento que tradicionalmente se le da a estos temas (ejemplos, problemas y formas de resolución clásicos).	Transferencia a otros contextos. Aprendizaje mecánico, descontextualizado
Sin embargo demuestran interés por el tratamiento de contenidos genéticos, centrado en la herencia y especies familiares.	Dificultades para interpretar y resolver problemas abiertos o efecto causa
Orientación hacia el trabajo con problemas cerrados o causa-efecto	

En el caso particular del análisis de textos, el mismo permitió realizar diversas observaciones. Un aspecto a destacar es que si bien en estos textos académicos básicos y complejos los contenidos se presentan integrados a nivel intra-capítulos, no ocurre lo mismo al considerar la estructura general de la obra, donde esta integración se desvanece; esta independencia se debe a las escasas relaciones establecidas entre los capítulos de una misma obra, dado que a partir de su examen se advierte, con matices, cierta desconexión entre la distribución aleatoria de los genes durante el proceso de formación de los gametos, los fenómenos asociados a la fecundación y el abordaje del estudio de las leyes de la herencia. Esto hace que se desaprovechen algunas posibilidades de articulación que facilitarían establecer bases más sólidas para interpretar las bases y principios de Genética, y limita la potencialidad de los recursos textuales y las imágenes; por ejemplo: No se destaca a través de un discurso vinculante, la relación existente entre el proceso meiótico y las Leyes de Mendel que son tratados en capítulos diferentes, perdiéndose de este modo, el valor de las proposiciones e imágenes utilizadas en toda la obra así como los diversos enlaces que pueden establecerse entre los contenidos, encadenamientos que acentuarían el valor de cada texto. Las particularidades señaladas coinciden en parte con los resultados obtenidos por Perales

Palacios (2008), en libros españoles destinados a la educación secundaria; en dicha investigación se pone en evidencia la inadecuación didáctica de las ilustraciones presentes en los textos analizados por el autor, quien destaca en particular la insuficiente orientación sobre la información que las ilustraciones suministran, tanto dentro de la propia imagen como en relación con el texto escrito externo a la misma. Si bien esta tendencia no se observa en forma tan marcada en los textos explorados en esta Tesis, existen puntos de coincidencia, concretamente con lo reportado para el texto básico 2 (Tb2) en el cual la integración texto-imagen se encuentra debilitada por la inadecuada ubicación de las ilustraciones en relación al texto que las referencia. Otro punto de contacto que puede establecerse con lo documentado por Perales Palacios (2008), es la ausencia ya referida, de articulación entre contenidos de diferentes capítulos y el ensamble que podría darse entre ellos a partir de, por ejemplo, referenciar en un capítulo, a una figura presente en un capítulo anterior; este tipo de acoplamientos otorgaría una mayor cohesión de contenidos en cada obra, tejiendo las relaciones necesarias para otorgar a las mismas una estructura más integral. En este sentido, las insuficientes relaciones entre los núcleos temáticos detectada en el presente análisis, podría incidir tal vez, en los aprendizajes logrados por los lectores o, al menos estar implicados en los saberes y la formación de las propias representaciones sobre un contenido que realizan los futuros docentes.

En lo que corresponde particularmente al uso de las imágenes y la simbología, se encontró que si bien los textos básicos presentan visos propios, el uso de la combinación de dibujo figurativo y esquemático con signos y símbolos sobresale como recurso utilizado para ilustrar el desarrollo textual de los principios de la herencia. En los textos complejos se recurre a dibujos figurativos y esquemáticos con signos y símbolos destacándose también los organigramas. En ambos casos, las fotografías (de alto nivel de iconicidad) están presentes en ambos grupos de textos. Como se expuso en el Marco Teórico y en concordancia con Grilli, Laxague y Barboza (2015), la combinación de dibujos y fotografías como técnicas ilustrativas se complementan y pueden ser promotoras de una mejor comprensión; en la misma línea, en este trabajo se encontró el uso de una combinación de formatos de representación externa, en particular organigramas con fotografías y gráficas con dibujos esquemáticos. Este método probablemente colabore en la comprensión de procesos complejos y encadenados, pero es importante advertir que para ello el lector debe lograr un análisis vinculado a la lectura y conversión de representaciones en el sentido de Duval (1999); de otro modo este tipo de técnicas podrían actuar como barreras y ser fuentes de

dificultades para el aprendizaje del contenido. Requiere por tanto, y especialmente en estudiantes novatos, de una vigilancia por parte de un docente o tutor, que acompañe el proceso y represente un andamiaje para su consecución. Raviolo 2019, en relación a las imágenes utilizadas en el campo de la química, refiere que en ella son comunes los dibujos esquemáticos, en los que una región del dibujo corresponde a partes de un objeto real; otra región es figurativa, con un nivel de representación macroscópico de la materia, y se suelen incluir también otros niveles de representación como son el nivel submicroscópico y el nivel simbólico, como aspectos abstractos que no pueden verse en dichos objetos pero cumplen una función interpretativa. Según este autor, esto problematiza la lectura de la imagen y demanda la ayuda de un docente orientada a identificar y a integrar los diferentes niveles de representación.

Otra particularidad observada en la literatura consultada se refiere a la utilización que se hace de los problemas de Genética al presentarlos en el cuerpo de los capítulos pertinentes. Diversos autores (Corvacho y De, 2009; García y Cañal, 1995; Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Gil, Martínez Torregrosa y Senent Pérez, 1988; Pantuso et al., 2015; Perales Palacios, 1993; Perales Palacios, Alvarez, Fernández, García, González y Rivarosa, 2000, entre otros), han destacado la importancia de trabajar con problemas, ya que el mismo genera un proceso de reconstrucción de conocimientos que aproxima al alumno a temas susceptibles de despertar su interés, favoreciendo el logro de aprendizajes autónomos de manera progresiva. En los textos básicos y complejos analizados en este estudio, si bien la realización de ejercicios o problemas de lápiz y papel están presentes y algunos ejemplos y ampliaciones pueden colaborar en este sentido, los mismos se despliegan en general, al final de los capítulos a modo de ejercitaciones o de actividades complementarias, no formando parte del cuerpo de los capítulos respectivos. Por cierto, se valoran positivamente los desarrollos paso a paso de algunos problemas específicos, que se presentan como orientadores y resultan significativos en cuanto a las recomendaciones y guías que ofrecen al lector. Por otra parte, y como ya se ha señalado, el trabajo con problemas efecto- causa favorece el logro de aprendizajes duraderos (Ibáñez Orcajo, 2002); en este orden de ideas, se advierte en los dos grupos de textos, un predominio de problemas de tipo efecto- causa en las ejercitaciones destinadas al lector; en el cuerpo del texto las ejemplificaciones se inclinan hacia una combinación de tipologías. En este sentido, estos hallazgos en textos destinados a la enseñanza superior resultan diferentes a lo encontrado para los niveles medios de la educación, como lo reportado por Perales, et al. (2000), sobre la preeminencia de problemas causa-efecto en las actividades que se ofrecen en los textos destinados a la enseñanza

secundaria española. Al discriminar entre los dos grupos de obras, en los textos básicos se ofrecen problemas de tipo I, de modalidad cerrada, directa o causa efecto y de tipo II, de modalidad abierta, más compleja o efecto causa; en cambio en los textos complejos, se agregan problemas tipo III o de tipología mixta, con cuestionamientos de características abiertas combinados con sesgos de tipo cerrado, o viceversa. En los textos complejos se destaca, en relación a los básicos, un elevado número de problemas de diversa modalidad, ofrecidos al lector para ejercitación y autoevaluación.

Otra característica encontrada en la literatura bajo análisis es que las experiencias que se describen suelen ser presentadas de modo que ilustren una explicación, con prevalencia del contenido teórico y con escasa articulación, principalmente en los textos complejos con propuestas prácticas o experimentales (referido también por García Barros y Martínez Losada, 2003).

Se observa también, en concordancia con Jiménez Valladares y Perales Palacios (2001), que se plantean preguntas, problemas y cuestionamientos que requerirían, por su complejidad, de la supervisión de un docente; en este trabajo se adhiere a la recomendación de los citados autores, quienes consideran necesario un proceso de renovación de los libros de texto, mejorando la coordinación entre los autores de los contenidos y los ilustradores. Finalmente, cabe destacar que las representaciones lingüísticas (lenguaje - discurso) y pictóricas (gráficos cartesianos, fotografías, diagramas de conceptos) utilizadas en los capítulos examinados, se encuentran relacionadas con el contenido tratado. Sin embargo, estas representaciones externas presentes en los textos, podrían interferir en la consecución del aprendizaje autónomo de los estudiantes. Esta observación se basa en una serie de características identificadas en los textos analizados, que se exponen aquí a modo de recapitulación y que serán retomadas en el Capítulo 5 (Conclusiones):

- Las representaciones externas suelen encontrarse desvinculadas en el conjunto de la obra. Si bien se observa una relación articulada entre las representaciones lingüísticas (lenguaje-discurso) y las representaciones pictóricas (dibujos figurativos, fotografías, diagramas, dibujos esquemáticos) utilizadas en los capítulos pertinentes, si se considera la obra en su conjunto, las mismas quedan fuera del contexto necesario para que adquieran su verdadero valor; es decir que se desaprovecha el potencial de estas representaciones como dinamizadores de los aprendizajes al no aprovechar todo su potencial.

- No se recurre a las representaciones externas para establecer relaciones transversales o verticales en el texto, desperdiándose su valor para establecer conexiones entre capítulos o temas relacionados.
- Son limitadas las situaciones, especialmente en textos complejos, en las cuales se utiliza una representación pictórica para plantear situaciones problematizadoras o para introducir al alumno en la resolución de problemas de lápiz y papel.
- Algunos cuestionamientos o problemáticas presentados en los textos, debido a su complejidad, requieren de un acompañamiento por parte de los docentes.
- Además, como ya se anticipó, es notoria la ausencia de relaciones entre los capítulos que integran cada obra, presentándolos como entidades independientes unos de otros y perdiéndose así el carácter integrador de la disciplina
- Otra característica a destacar que se aprecia en los textos tomados para el análisis, es que se presentan múltiples recursos didácticos, tanto en el cuerpo de la obra como en los sitios web complementarios. A pesar de esto, la forma en que se los utiliza, induce a pensar que el valor didáctico de estos como promotores del aprendizaje, no se explota en su totalidad. Esta idea se sustenta una vez más, en la ausencia de relaciones entre temas y capítulos, en un trabajo compartimentalizado en el cual está ausente la integración de conceptos y procesos; parece que *“todo está allí, en los textos”*, pero no se aprovecha la riqueza o valor didáctico de los diversos recursos.

Del mismo modo que para los saberes del alumnado, algunas características del abordaje en los textos pueden tener su peso en el logro de otros aprendizajes (Tabla 70).

Tabla 70. Características del tratamiento temático en los libros de texto y efecto posible en el logro de otros aprendizajes.

Abordaje en los textos	Probable influencia
Los contenidos suelen presentarse de modo disgregado e incompleto, con ausencia de relaciones (articulación intra-capítulos pero no inter-capítulos); los recursos textuales y las imágenes presentes son desaprovechadas (Vinculaciones texto-imagen)	Comprensión del amplio significado de una noción: comprensiones inadecuadas Fragmentación de saberes. Interferencias en la comprensión de procesos complejos e incluso
Prevalencia de problemas cerrados o causa-efecto en el cuerpo de los capítulos. Combinación de distintos tipos de problemas al finalizar como ejercitación	Transferencia a otros contextos (efecto- causa). Escaso desarrollo de habilidades para resolver problemas abiertos o efecto-causa
Actividades y ejemplos asociadas principalmente a especies clásicas o no conocidas	Transferencia a otros contextos (especies conocidas)

Es posible pensar que lo observado acaso podría contribuir a la fragmentación de los saberes sobre conceptos genéticos que, por su naturaleza, están integrados; ello quizá interfiera en la comprensión de procesos complejos e incluso encadenados y dependientes uno de otro, como la replicación del ADN, el proceso meiótico, la herencia y el flujo de la información genética de una generación a otra.

Una línea de análisis que podría estar relacionada con las regularidades encontradas en los libros revisados, es la que plantean Nascimento y Martins (2007), quienes advierten que los autores de libros consideran un determinado perfil de estudiante y profesor cuando producen los textos de Genética, y que probablemente estas condiciones de producción del texto afecten aspectos como su composición y organización; sobre esta base cabría reflexionar acerca de los propios criterios de selección de los profesores y sobre las posibilidades de interacción entre los estudiantes y los capítulos o libros de Genética.

A partir del trabajo realizado se revelan indicios de una pérdida de posibilidades o itinerarios didácticos que se podrían recorrer, al no explotar las potencialidades de las representaciones utilizadas en los textos. Además, la ausencia de articulación entre contenidos y el tratamiento compartimentalizado que se observa en los mismos, podría generar dificultades en la comprensión de los procesos genéticos o contribuir a la construcción de saberes parciales como se ha observado a partir de la información aportada por el análisis de los cuestionarios. En consideración de lo anterior, resultaría apropiado extender a la formación de grado, las recomendaciones de Fabro (2006) acerca de la organización de los contenidos en “tópicos generativos” como estrategia para la superación de la fragmentación de saberes y para el desarrollo de procesos de comprensión en la capacitación de posgrado de profesores de ciencias; el énfasis del autor está puesto en la investigación a partir de las propias actividades de enseñanza, con base en los resultados de problemas prácticos y su posterior análisis, con el objeto de atender a las opiniones de los protagonistas.

Una pregunta que puede formularse siguiendo esta línea de análisis es si las definiciones, ilustraciones y otras representaciones que aparecen en la bibliografía colaboran como facilitadores o como obstaculizadores de los aprendizajes. Lo que se observó es que no se aprovecha su potencial como generadores de aprendizajes; como consecuencia, ello podría interferir en la comprensión de conceptos abstractos y complejos relacionados. Como se argumentó, la desconexión entre temas que por su naturaleza están integrados, podría ser una de las razones de más peso que dificulten la construcción de saberes en forma adecuada ¿Cuáles son entonces las características de las definiciones, dibujos y otras representaciones que aparecen en la bibliografía? Si se hace referencia a las definiciones, estas son parciales y

no integradoras. Respecto a las imágenes, las mismas están presentes, resultan representaciones interesantes y articuladas con la parte del texto que las contiene, pero poco explotadas desde su lectura o análisis.

Con el objeto de complementar las ideas antes desarrolladas, desde un punto de vista valorativo, las posturas y actitudes del alumnado respecto al tema bajo estudio, y que surgen del cuestionario son las siguientes:

Ante la situación concreta de resolver un problema cerrado (causa-efecto) y uno abierto (efecto-causa), se reconocen en ambos grupos, dificultades para resolver el segundo (más complejo) y no el primero (más simple, de resolución mecánica). Sin embargo, al cruzar los resultados del cuestionario, se detecta una cuestión que puede resultar medular: una fracción menor de estudiantes de los dos grupos reconocen a los problemas de tipo abierto como propicios para generar mejores aprendizajes que un problema de tipo cerrado, que es por el que se inclina la mayoría por considerarlos fácil, sencillo, simple, práctico o de resolución inmediata. Entonces cabe preguntarse si las dificultades detectadas para resolver problemas abiertos radican en su naturaleza o en el modo en que son presentados al alumnado ¿Se deberían reemplazar, al menos inicialmente, los enunciados por imágenes que los representen? ¿Cuál es la razón por la que resultan de compleja resolución los problemas abiertos? Este tipo de cuestionamientos no son nuevos en el campo de la didáctica de la Biología (Perales Palacios, 1993); en este sentido, y en correspondencia con Perales Palacios et al. (2000) y Perales Palacios (2008), son necesarias propuestas concretas de soluciones que surjan de la investigación educativa con la intención de mejorar los procesos de enseñanza. Probablemente, la existencia de representaciones o conceptualizaciones inadecuadas sobre determinados contenidos, actúen interfiriendo en una apropiada construcción de las nociones indagadas, promoviendo cierta falta de claridad respecto a la correspondencia y relaciones cruzadas entre algunos de los principios básicos de la herencia (aportaciones similares son referidas por Pino, 2003 y Diez de Tancredi, 2006). Sin embargo, cabe pensar que las conexiones entre conceptos tal vez existen, pero que la mayor dificultad en el grupo estudiado radica en lograr expresarlo en distintos formatos representacionales; se podría suponer que las debilidades detectadas ¿Corresponden a una inadecuada comprensión del contenido, a un aprendizaje repetitivo o memorístico o a aspectos procedimentales que no han sido trabajados suficientemente? ¿Deberían realizarse estudios que indaguen en este sentido y en relación a estos contenidos en particular? Los mencionados son cuestionamientos que quedan abiertos y que muestran los diversos caminos y las nuevas preguntas que quedan formuladas para futuras investigaciones. Otro factor podría ser la escasez de relaciones entre

los enunciados de las Leyes de Mendel y los ejercicios o problemas de Genética, desconexión entre teoría y práctica que conduce a la resolución mecánica de los problemas que fue expresada por los futuros profesores, proceso que luego se olvida y que ya ha sido referida por autores como García Lillo, Quinto Medrano y Martínez Torregrosa (2015). Por otra parte, podría darse que los conceptos, gráficos, esquemas, etc., que figuran en los textos comúnmente utilizados para la enseñanza superior, influyan de manera moderada como facilitadores de aprendizajes en esta área y se debieran proponer otras tipologías.

Finalmente, considerando los aportes y propuestas de los autores citados, y atendiendo a los hallazgos en las obras analizadas, en la Figura 75 se presenta un extracto de lo encontrado en ellas.

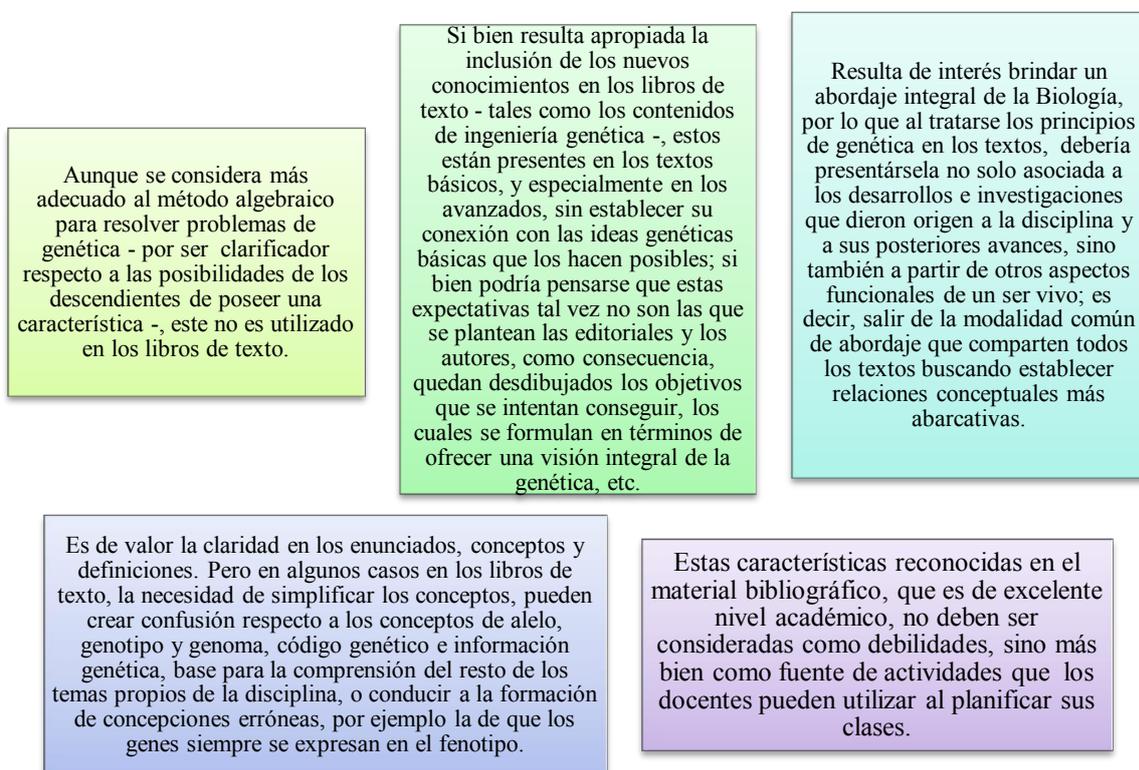


Figura 75. Síntesis de los hallazgos en los libros de texto analizados.

Corolario

Lo expuesto en este Capítulo muestra una vez más, las complejidades para su comprensión que entrañan ciertos conceptos, los cuales son producto de diversas funciones que involucran procesos a nivel molecular, celular y organismo; tal es el caso del proceso de división celular meiótica que conduce a la formación de gametos, portadores de información genética y fundamentales en los fenómenos hereditarios. Como efecto añadido, si lo anterior no es interpretado puede interferir sobre la capacidad de comprensión de otros principios propios de la Genética, más complejos, como la teoría cromosómica de la herencia, la genética molecular y la ingeniería genética (García Lillo, Quinto Medrano y Martínez Torregrosa, 2015). Estos resultados son coincidentes con lo reportado por diversos autores (Ayuso *et al.*, 1996; Gagliardi, 1986; Giordan y de Vecchi, 1988; González *et al.*, 2008; Kindfield, 1994; Liberatore Cavallo, 1994; Morin, 1995; Ramorogo y Wood- Robinson, 1995, entre otros), quienes enfatizan la necesidad de buscar caminos alternativos para la enseñanza de estos tópicos, tarea que, por la naturaleza abstracta del contenido y la dificultad de comprensión que entraña, enfrenta al profesorado con el problema y la tarea de transponerlos en distintos formatos y para diferentes niveles. Es aquí, donde cobra un nuevo sentido la idea de Villalobos Claveria y Hermosilla (2016), de tomar la docencia universitaria como un campo de experimentación didáctica que aporte a la génesis de un nuevo modelo de formación del profesorado.

En el Capítulo siguiente se presentarán las conclusiones que derivaron de esta investigación y algunas recomendaciones relacionadas con la implicancia de las mismas para la enseñanza y para otros estudios sobre la temática.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Introducción

Las preguntas y objetivos que guiaron este estudio fueron sustentados por un Marco Teórico (Capítulo 1) construido a partir de referentes que permitieron el conocimiento del estado actual del tema, desde el que se desarrolló el proceso investigativo (Figura 76).

En función de lo anterior, se definió el enfoque metodológico más adecuado, a la vez que se decidieron y diseñaron los instrumentos a emplear para explorar los saberes de los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas sobre determinados conceptos centrales del campo de la Genética y su abordaje en los libros de texto destinados a la enseñanza superior en la que se abordan estos temas (Capítulo 2). En el Capítulo 3 (Resultados) se mostraron los productos del estudio realizado, los cuales se describieron de acuerdo a los objetivos de la investigación.

La interpretación, significado, consecuencias y comparación con otros autores permitió dar sentido a los resultados durante el proceso de Discusión (Capítulo 4).

En este Capítulo 5 se presentan las conclusiones y algunas recomendaciones para la enseñanza de estos temas. También se realiza una reseña de los aportes de la investigación realizada y las líneas prospectivas que quedan abiertas para futuros estudios. En este sentido se recuperan las preguntas y los objetivos formulados para darles respuesta y se describen las principales derivaciones en cada caso. Por otra parte, se destacan, de modo sintético, las principales aportaciones de la investigación. Finalmente, se identifican las posibles contribuciones para otras investigaciones o áreas de conocimiento y futuras líneas de investigación apoyadas en los resultados obtenidos.

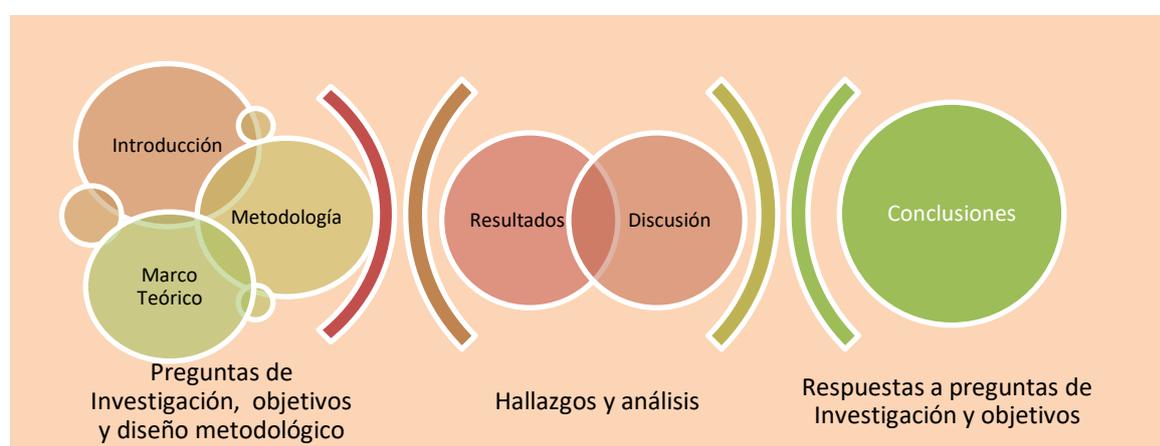


Figura 76. Estructura del proceso de investigación realizado.

Considerando que desde la perspectiva cualitativa la investigación educativa pretende la interpretación de los fenómenos, admitiendo, desde su planteamiento fenomenológico, diversas explicaciones, este trabajo de Tesis tuvo la finalidad de explorar los saberes sobre

Genética logrados por alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas de la FaHCE, UNLP. Además, indagó las características de estos saberes, especialmente las de aquellos estudiantes próximos a egresar. En este sentido, los objetivos planteados en este estudio no se limitaron solo a contenidos disciplinares respecto a la Genética, sino que se amplió hacia otros ámbitos, explorando las posturas e ideas de los estudiantes en relación a la enseñanza de los mismos. Para esta evaluación se recurrió a herramientas cuantitativas que tuvieron su papel durante el desarrollo del trabajo. Por otra parte, en esta investigación se observó el tratamiento que se otorga a estos temas en los textos utilizados en la enseñanza universitaria, analizándolos desde la perspectiva del contenido y de la imagen. Finalmente se contrastó la información aportada por los cuestionarios y los textos buscando diferencias y similitudes entre ambos.

Considerado lo anterior y atendiendo a los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos escogidos para la recolección de los datos, corresponde, luego del análisis y discusión de los mismos, presentar las conclusiones a las que se ha arribado.

En la primera parte de este capítulo se aborda lo encontrado acerca de los grandes ejes o núcleos temáticos que se exploraron, como son las nociones sobre división meiótica, formación de gametos y herencia biológica, y posteriormente sobre terminología, simbología y problemas genéticos.

En la segunda parte, se retoman estos hallazgos y se presentan las conclusiones en relación con los objetivos específicos de la Tesis, para, en tercer lugar, organizar y abordar las mismas desde las dimensiones conceptual o declarativa, metodológica o procedimental y didáctica o relativa a la toma de decisiones intencionales sobre los modos de enseñar.

Reflexiones y conclusiones vinculadas a las nociones sobre división meiótica, proceso de formación de gametos y herencia biológica

La información obtenida a través del cuestionario muestra que los estudiantes novatos presentan una progresión en la construcción de la noción que resulta acorde con el tramo de la carrera que transitan, expuesta a través de enunciados que conceptualizan de manera parcial y considerando algunos de los aspectos que incumben al contenido; en relación a los alumnos avanzados, solo la mitad parece haber logrado un saber complejo sobre el concepto, integrando en él las diferentes dimensiones que lo atraviesan. Si se consideran algunas definiciones tomadas de los textos de Biología analizados, se encuentran diversas definiciones de gameto con características fragmentarias y/o de distinto nivel de complejidad similares a las definiciones emitidas por los estudiantes. Al comparar las definiciones del alumnado con las que figuran en la bibliografía consultada, se observan similitudes, dado que

no se contemplan todos los aspectos mencionados o se encuentran en forma dispersa; esta complejidad tampoco está presente en las definiciones que figuran en los glosarios. En los textos no se observa un abordaje integral en torno a las variadas funciones de los gametos; se remite a una o dos de las categorías mencionadas, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes. Se observa además que el proceso de meiosis suele desarrollarse de manera independiente a los principios de Genética, en especial en los textos básicos. Si nos remitimos a la bibliografía consultada encontramos que diversos autores (Ayuso et al, 1996; Klautau et al, 2009; Legarralde, 2011; Legarralde et al, 2012, entre otros), creen necesario abordar la meiosis y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica ya que se presentan dificultades para relacionarlas. Finalmente, ante la solicitud de esquematizar un gameto masculino y uno femenino, se obtuvieron diversidad de diseños donde la mayoría de los encuestados producen esquemas que se corresponden con un modelo adecuado; entre los generados por los estudiantes noveles predominan dibujos esquemáticos sin detalles, pero con buena representación también de un modelo adecuado con detalles, donde algunos dibujos están muy bien logrados. Las producciones de los alumnos avanzados en la carrera presentan detalles y referencias. Todos los dibujos son de gametos animales, heterogametos, y representan óvulos y espermatozoides. En los textos nuevamente se observan similitudes con las producciones de los alumnos; en general, se presentan esquemas que representan a los gametos femeninos y masculinos propios de los animales (óvulo y espermatozoide), o que directamente remiten al hombre. Si bien aparecen esquemas de gametos de otros grupos, estos se presentan cuando se describe ese grupo en particular y no cuando se abordan las funciones de reproducción en general.

Entonces se observa como elemento común entre estudiantes y textos básicos y complejos la manifestación de la característica polisémica del contenido analizado, en este caso, gameto desde su concepto, funciones y origen, el cual se encuentra fragmentado en las obras, en coincidencia con las conceptualizaciones parciales detectadas en los futuros profesores.

Si bien el tema no se agota con este estudio, los resultados del mismo revelan la necesidad de un abordaje integral del concepto *gameto*, su origen y diversidad de funciones, así como la contextualización de las imágenes utilizadas, con el objeto de aprovechar su potencial didáctico. La bibliografía analizada contribuye con una visión parcial, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes, lo cual no favorece la progresión de los conceptos. En este sentido sería de interés que en la literatura estuvieran presentes definiciones de tipo integral, abarcadoras de los significados complejos de determinados términos; las mismas podrían incorporarse en los últimos capítulos, ya que, en

los textos, se hace referencia recurrentemente a ellos a medida que se avanza hacia temas más complejos. Las características detectadas en parte de la bibliografía utilizada como material de estudio por los futuros profesores, como es la de presentar en forma dispersa las diferentes dimensiones de los conceptos, pone al descubierto la necesidad de suplir esas debilidades con un trabajo bien orientado por parte de los formadores de formadores. Por lo expresado deberían definirse líneas de trabajo con el énfasis puesto en la producción de materiales adecuados para los propósitos de la construcción compleja de conceptos básicos y con el objeto de suplir las flaquezas de la bibliografía con un adecuado tratamiento de los temas en las clases del Profesorado. Este, sin duda, representaría un valioso aporte para lograr revertir la construcción conceptual fragmentaria detectada en la población estudiantil analizada. Sobre esta base de, quedan abiertos caminos para seguir futuras investigaciones, tales como explorar el discurso del profesor en el aula y extender el análisis de los textos a otras bibliografías específicas, como pueden ser textos de Histología, Fisiología, Biología Molecular, Biología Celular u otros libros de Genética utilizados en los cursos respectivos, dado que la información proveniente de ellos puede complementar y ampliar la obtenida a partir de los textos de Biología General y de Genética examinados en este trabajo. Tomando en consideración la bibliografía básica y especializada se destacan ciertos aspectos de los conceptos aludidos en varios segmentos de las obras, donde emergen las dimensiones antes citadas en el contexto de uso; resulta de interés focalizar en los mismos respecto a su abordaje. Si bien no puede decirse que las definiciones no están explicitadas en los textos analizados, podría pensarse que la fragmentación de las dimensiones que abarca un concepto hace que su definición no sea suficientemente explícita, por lo que ciertos aspectos de su enunciación resultan implícitos y por lo tanto, requieren de un análisis de mayor profundidad por parte del lector, ya sea para comprenderlo o para encontrar una verdadera interpretación que permita la construcción de la noción. Por otra parte, las características en el abordaje del tema, tanto en textos básicos como avanzados, muestra una clara articulación intracapítulos y una cierta desconexión entre los capítulos que integran cada obra. Con el objeto de contribuir a mejorar la comprensión de fundamentos básicos de Genética, se deben utilizar recursos didácticos específicos, que atiendan a los aspectos citológicos y genéticos, a los procesos de mitosis y meiosis, a la estructura de los cromosomas, así como a la ploidía de las células resultantes y a la cantidad de material genético presente en las mismas. El estudio reveló además y para ambos grupos que, al observar las conceptualizaciones teóricas de las nociones indagadas y sus correspondientes representaciones gráficas, se encontraron menos dificultades en expresar las ideas a través de proposiciones escritas respecto a hacerlo en

forma de esquemas representativos. Se detectó además que los saberes sobre alelo y genotipo heterocigota no se modifican sustancialmente en los estudiantes avanzados del profesorado respecto a los noveles. Esto muestra la persistencia de concepciones alternativas al conocimiento científico en los futuros profesores a pesar de haber estudiado los contenidos específicos de la disciplina en la asignatura Genética. Sin embargo, la trayectoria en la carrera parece estar vinculada a la producción de representaciones gráficas mejor logradas en los estudiantes avanzados. Tomando como base los aportes de este estudio, se deberían considerar algunos criterios que orienten el tratamiento de los temas mencionados, proponiendo estrategias de trabajo que colaboren en los aprendizajes de estos contenidos. En este sentido, se torna necesaria la puesta en práctica de secuencias didácticas que permitan a los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas la explicitación y posterior reflexión crítica acerca de sus representaciones verbales y gráficas. Esto permitiría la detección de posibles obstáculos subyacentes que podrían interferir en el aprendizaje de conceptos genéticos más complejos, como así también en la vinculación con los procesos celulares en los que dichos conceptos se enmarcan. Además, colaboraría en el desarrollo de habilidades representacionales en forma de destrezas que posibiliten la expresión de los saberes construidos a través de distintos formatos de representación y adecuados desde el punto de vista científico.

Como conclusiones emergentes de las producciones de los estudiantes noveles y avanzados analizadas se destaca que los futuros docentes movilizaron saberes en distintos formatos y que, a partir del análisis realizado se observa una disputa entre los modos de representación textuales y no textuales de las nociones genéticas indagadas. En este sentido, se observa una inconsistencia entre las representaciones textuales y las no textuales, incongruencia o no correspondencia que advierte respecto a la necesidad de trabajar en la conversión de representaciones, familiarizando a los alumnos con diversas tipologías representacionales; esto, en la búsqueda de mejores logros de aprendizaje vinculados a la comprensión de nociones relevantes del campo de la Genética. En esta línea, la didáctica de la Genética se establece como un campo sobre el cual seguir explorando e innovando, dado que demanda un trabajo permanente, tanto en el sondeo y registro de las dificultades para aprender conceptos disciplinares, cómo en el diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas superadoras de las estrategias de enseñanza utilizadas habitualmente.

Reflexiones y conclusiones vinculadas a la terminología, simbología y problemas genéticos

Los resultados de este estudio muestran que los estudiantes universitarios encuestados se inclinan por los problemas de Genética con una modalidad de abordaje cerrada, tendencia que se observa tanto en estudiantes noveles como en avanzados. Los argumentos que esgrimen para fundamentar esta opción se asocian a la simplicidad de este tipo de problemas, a la presencia de datos suficientes para su resolución y, en menor medida a que facilitan la comprensión de conceptos. Las dificultades expresadas en el proceso de resolución de problemas están vinculadas con los problemas de tipo abierto, modalidad en relación a la cual se reconocen limitaciones para realizarlos y se les atribuye ausencia de datos suficientes y un planteo poco claro.

A partir de los hallazgos de este trabajo, y de los aportes de los diversos autores consultados, se detectan ciertas necesidades vinculadas a los procesos de enseñanza relacionados a las modalidades de abordaje en el trabajo con problemas genéticos. Una de ellas es la de introducir cambios metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética, profundizando en el análisis y potencialidades de cada modalidad de trabajo con problemas en los años superiores de la carrera de profesorado; esta idea, fundamentada en criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes y que consideren su utilidad formativa para los futuros profesores. En este sentido y a partir de la detección de estas necesidades, las recomendaciones o propuestas podrían contemplar el diseño de propuestas instruccionales que atiendan a los conocimientos previos de los alumnos y que faciliten el desarrollo y evolución de los procesos de conceptualización; para ello se deberían tomar en consideración también las dificultades y obstáculos de aprendizaje presentes en los estudiantes universitarios y futuros profesores.

Otro aspecto a considerar es el de articular en una visión integral la estructura y dinámica celular con los procesos genéticos para evitar que estos sean comprendidos parcialmente. De este modo se favorecería en los estudiantes la posibilidad de establecer relaciones entre problemas de herencia con la transmisión de la información genética y con la meiosis; además se evitaría que estos problemas sean resueltos correctamente, pero de manera mecánica. Otra posibilidad es comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución; utilizar problemas efecto-causa, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (causa), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc., transmitiendo una imagen

de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual, orientada hacia la construcción de saberes sociales. Ello representa un verdadero desafío para la formación docente, por lo que se presenta como una línea a considerar y con un rol protagónico en el campo de la educación del siglo XXI.

Las conclusiones y su relación con los objetivos específicos de la Tesis

En el desarrollo que sigue, se recuperan los hallazgos de este estudio a partir de la relación de los mismos con los objetivos específicos (Figura 77) formulados a partir de las preguntas de investigación y objetivos generales. De este modo se responde cada uno, pero considerándolos de manera integrada con los demás.

Uno de los hallazgos de interés deriva de la información obtenida a través del cuestionario, la que muestra que los estudiantes noveles presentan una progresión en la construcción de ciertas nociones que resultan acordes con el tramo de la carrera que transitan, expuestas a través de enunciados que conceptualizan de manera parcial y considerando algunos de los aspectos que incumben al contenido indagado; en los alumnos avanzados estos saberes se encuentran fragmentados, dado que solo la mitad parece haber logrado un saber complejo sobre ciertos conceptos, integrando en ellos las diferentes dimensiones que lo atraviesan. Si se consideran algunas definiciones tomadas de los textos de Biología analizados, se encuentran diversas definiciones con características fragmentarias y/o de distinto nivel de complejidad similares a las definiciones emitidas por los estudiantes.

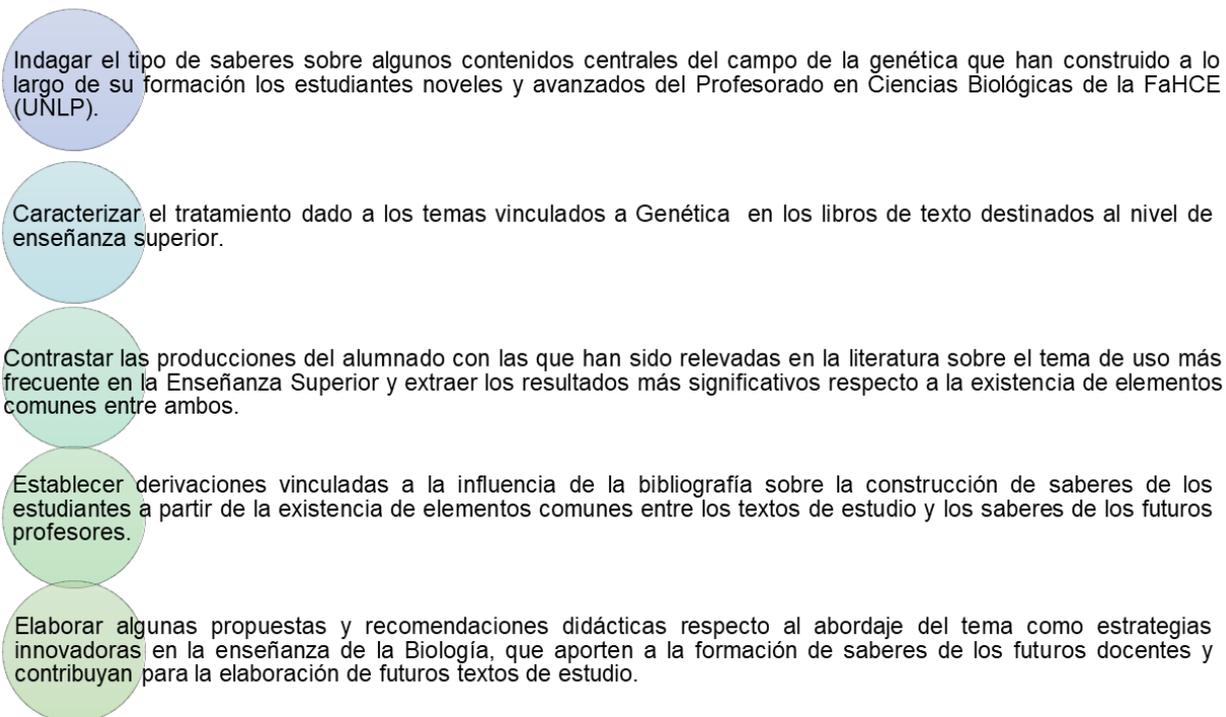


Figura 77. Objetivos Específicos de la Investigación

Por otra parte, al comparar las definiciones del alumnado con las que figuran en la bibliografía consultada, se observan similitudes, dado que no se contemplan todos los aspectos mencionados en un mismo discurso o estos se encuentran en forma dispersa; esta complejidad tampoco está presente en las definiciones que figuran en los glosarios. Una nota de interés en los textos es que no se percibe en ellos un abordaje integral en torno a las variadas dimensiones de las nociones indagadas; se remite, tanto en los textos básicos como en los complejos, en distintos capítulos, a una o dos de las categorías mencionadas, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes. Se advierte además que el proceso de meiosis y formación de gametos suele desarrollarse de manera independiente a los principios de Genética, en especial en los textos básicos.

Además, tomando en consideración la bibliografía básica y especializada se destacan ciertos aspectos de los contenidos polisémicos explorados, en varios segmentos de las obras, donde emergen las diversas dimensiones que subsumen, pero en el contexto de uso; resulta de interés entonces, focalizar en los mismos respecto a su abordaje, teniendo en cuenta la naturaleza multiséntica de ciertos conceptos. Si bien no puede decirse que las definiciones no están explicitadas en los textos analizados, podría pensarse que la fragmentación del concepto hace que su definición no sea suficientemente explícita, por lo que ciertos aspectos de su enunciación resultan implícitos y por lo tanto, requieren de un análisis de mayor

profundidad por parte del lector, ya sea para comprenderlo o para encontrar una verdadera interpretación que permita la construcción de la noción. Por otra parte, las características en el abordaje del tema, tanto en textos básicos como avanzados, muestra una clara articulación intracapítulos y una cierta desconexión entre los capítulos que integran cada obra.

El estudio reveló además en ambos grupos de estudiantes, que, al observar las conceptualizaciones teóricas de las nociones indagadas y sus correspondientes representaciones gráficas, se encontraron menos dificultades en expresar las ideas a través de proposiciones escritas (representaciones textuales, lingüísticas o simbólicas) respecto a hacerlo en forma de esquemas o dibujos representativos (representaciones no textuales, pictóricas o icónicas).

Se detectó también que, particularmente, los saberes sobre alelo y genotipo heterocigota no se modifican sustancialmente en los estudiantes avanzados del profesorado respecto a los novales. Esto muestra la persistencia de concepciones alternativas al conocimiento científico en los futuros profesores a pesar de haber estudiado los contenidos específicos de la disciplina en la asignatura *Genética*. Sin embargo, la trayectoria en la carrera parece estar vinculada a la producción de representaciones gráficas mejor logradas en los estudiantes avanzados.

Como conclusiones emergentes a partir del análisis de las producciones de los estudiantes avanzados, se destaca que los futuros docentes movilizaron saberes en distintos formatos y que, a partir del examen realizado se observa una disputa entre los modos de representación textuales y no textuales de las nociones de Genética examinadas. En este sentido, se observa una inconsistencia entre las representaciones textuales y las no textuales, incongruencia o no correspondencia que advierte respecto a la necesidad de trabajar en la conversión de representaciones. Conjuntamente, se encontró que los estudiantes universitarios encuestados se inclinan por los problemas de Genética con una modalidad de abordaje cerrada, tendencia que se observa tanto en estudiantes novales como en avanzados. Los argumentos que esgrimen para fundamentar esta opción se asocian a la simplicidad de este tipo de problemas, a la presencia de datos suficientes para su resolución y, en menor medida, a que facilitan la comprensión de conceptos. Las dificultades expresadas en el proceso de resolución de problemas están vinculadas con los problemas de tipo abierto, modalidad en relación a la cual se reconocen limitaciones para realizarlos y se les atribuye ausencia de datos suficientes y un planteo poco claro.

Con la síntesis precedente se explicitan brevemente los hallazgos de este estudio en relación a cuatro de los cinco objetivos específicos planteados. El quinto objetivo (Figura 78) es una

derivación de los anteriores por lo que se recupera a continuación, intentando exponer el conocimiento generado, en un aporte sustentado en los mismos con implicaciones didácticas. En este sentido, se formulan algunas sugerencias que podrían resultar útiles para futuras intervenciones de aula o nuevas ediciones de textos.



Elaborar algunas propuestas y recomendaciones didácticas respecto al abordaje del tema como estrategias innovadoras en la enseñanza de la Biología, que aporten a la formación de saberes de los futuros docentes y contribuyan para la elaboración de futuros textos de estudio.

Figura 78. Último objetivo específico de la investigación.

En primer lugar, si bien el tema no se agota con este estudio, los resultados del mismo revelan la necesidad de un abordaje integral de conceptos y de procesos, así como la contextualización de las imágenes utilizadas, con el objeto de aprovechar su potencial didáctico; la bibliografía analizada contribuye con una visión parcializada, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes, lo cual no favorece la progresión de los conceptos. En este sentido sería de interés que en la literatura estuvieran presentes definiciones de tipo integral, abarcadoras de los significados complejos de determinados términos; las mismas podrían incorporarse en los últimos capítulos, ya que, en los textos, se hace referencia recurrentemente a ellos a medida que se avanza hacia temas más complejos.

Por otra parte, las características detectadas en parte de la bibliografía utilizada como material de estudio por los futuros profesores, como es la de presentar en forma dispersa las diferentes dimensiones de los conceptos, pone al descubierto la necesidad de suplir esas flaquezas con un trabajo bien orientado por parte de los formadores de formadores. Por lo expresado deberían definirse líneas de trabajo con el énfasis puesto en la producción de materiales adecuados para los propósitos de la construcción compleja de conceptos básicos y con el objeto de suplir las ausencias de la bibliografía con un adecuado tratamiento de los temas en las clases del profesorado. Este, sin duda, representaría un valioso aporte para lograr revertir la construcción conceptual fragmentaria o parcial detectada en la población estudiantil analizada.

Con el objeto de contribuir a mejorar la comprensión de algunos fundamentos básicos de Genética, se sugiere utilizar recursos didácticos específicos, que atiendan a los aspectos citológicos y genéticos, a los procesos de mitosis y meiosis, a la estructura de los cromosomas, así como a la ploidía de las células resultantes y a la cantidad de material

genético presente en las mismas, pero desde una perspectiva integral y articulada en la estructura global de los textos.

Tomando como base los aportes de este estudio, se deberían considerar algunos criterios que orienten el tratamiento de los temas mencionados, proponiendo estrategias de trabajo que colaboren en los aprendizajes de estos contenidos. En este sentido, se torna necesaria la puesta en práctica de secuencias didácticas que permitan a los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas la explicitación y posterior reflexión crítica acerca de sus representaciones verbales y gráficas. Esto permitiría la detección de posibles obstáculos subyacentes que podrían interferir en el aprendizaje de conceptos genéticos más complejos, como así también en la vinculación con los procesos celulares en los que dichos conceptos se enmarcan. Además, colaboraría en el desarrollo de habilidades representacionales en forma de destrezas que posibiliten la expresión de los saberes construidos a través de distintos formatos de representación y adecuados desde el punto de vista científico. Así, en la búsqueda de mejores logros de aprendizaje vinculados a la comprensión de nociones relevantes del campo de la Genética se propone trabajar en la conversión de representaciones, familiarizando a los alumnos con diversas tipologías representacionales y en la explicitación de sus representaciones, sean estas expresadas en un lenguaje gráfico, simbólico o en una combinación de ambos.

Asimismo, a partir de los hallazgos de este trabajo, y de los aportes de los diversos autores consultados, se detectan ciertas necesidades vinculadas a los procesos de enseñanza relacionados a las modalidades de abordaje en el trabajo con problemas genéticos. Una de ellas es la de introducir cambios metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética, profundizando en el análisis y potencialidades de cada modalidad de trabajo con problemas en los años superiores de la carrera de profesorado; esta idea, fundamentada en criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes y que consideren su utilidad formativa para los futuros profesores. En este sentido y a partir de la detección de estas necesidades, las recomendaciones se orientan a contemplar el diseño de propuestas instruccionales que atiendan a los conocimientos previos de los alumnos y que faciliten el desarrollo y evolución de los procesos de conceptualización; para ello se deberían tomar en consideración también las dificultades y obstáculos de aprendizaje presentes en los estudiantes universitarios y futuros profesores. Otro aspecto a considerar es el de articular en una visión integral la estructura y dinámica celular con los procesos genéticos para evitar que estos sean comprendidos parcialmente. De este modo se favorecería en los estudiantes la posibilidad de establecer relaciones entre problemas de herencia con la transmisión de la información

genética y con la meiosis; además se evitaría que estos problemas sean resueltos correctamente, pero de manera mecánica. Otra posibilidad es comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución; utilizar problemas efecto-causa, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (causa), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc., transmitiendo una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual, orientada hacia la construcción de saberes sociales. Ello representa un verdadero desafío para la formación docente, por lo que se presenta como una línea a considerar y con un rol protagónico en el campo de la educación del siglo XXI.

Las conclusiones del trabajo de Tesis en tres dimensiones de síntesis

Teniendo en cuenta la configuración de saberes del futuro profesor de Ciencias Biológicas, expuesto en la Segunda Sección del Marco Teórico y las características del abordaje de los contenidos indagados en los libros de texto, se sintetizan las conclusiones ya explicitadas desde tres dimensiones (Figura 79):

- 1. Conclusiones relativas a saberes conceptuales o declarativos de los estudiantes y el abordaje de estos en textos de la especialidad.** Son saberes que aluden a conceptos, datos, procesos y principios. Es un *saber acerca de...*
- 2. Conclusiones relativas a los saberes metodológicos o procedimentales de los estudiantes y el tratamiento de los mismos en textos de la especialidad.** Corresponden a saberes de tipo instrumental como la realización de pasos de un proceso, la ejecución de ciertas habilidades, el uso de determinadas estrategias, técnicas o métodos. Corresponde a un *saber hacer* y es de tipo dinámico, dado que los pasos seguidos para ejecutar alguna acción están supeditados a la situación y fin que se persigue; en este sentido, el *saber hacer* puede estar ligado a una secuencia de pasos a seguir, de tipo algorítmico; pero también puede ser más abierto o heurístico, donde la toma de decisiones sobre las acciones a llevar adelante obedece a las particularidades de la situación concreta donde se van a ejecutar.

3. Conclusiones relativas a saberes didácticos, toma de decisiones intencionales sobre los modos de enseñar para favorecer aprendizajes de los contenidos biológicos sobre Genética, y su relación con los textos disciplinares. Comprenden un *saber ser* ya que estas resoluciones tienen un fin didáctico y se despliegan alrededor de un saber con la intención de ser enseñado; al tomar decisiones sobre qué, cómo y de qué manera aproximar un saber a un sujeto destinatario (ya sea un alumno o un lector), el futuro profesor o los autores y editores de un libro de texto ponen en juego actitudes críticas, realistas y activas, y realizan también, valoraciones sobre las fortalezas y debilidades de una estrategia para su uso en el aula.



Figura 79. Las conclusiones del trabajo de Tesis en tres dimensiones de síntesis.

1. Conclusiones relativas a saberes conceptuales o declarativos de los estudiantes y el tratamiento de estos en textos de la especialidad.

Saberes de los alumnos

- Se detectaron dificultades para realizar la conversión del lenguaje escrito al gráfico, o sea de una representación lingüística o textual a una pictórica o no textual.

-
- También se observa un escaso desarrollo de estrategias para la resolución de problemas abiertos.
 - En estudiantes de los dos niveles se identificaron limitaciones para organizar, jerarquizar y relacionar conceptos a través de representaciones textuales y no textuales.
 - En alumnos avanzados se aprecia un desarrollo favorable de competencias para la elaboración de representaciones no textuales y su correspondencia con representaciones textuales, lo que pone en evidencia que se siguen algunas pautas básicas respecto a su construcción. Sin embargo, si bien en estos se obtienen esquemas mejor logrados, se observan debilidades en la conversión de representaciones de un formato a otro.

Abordaje en los textos

- La realización de ejercicios o problemas de lápiz y papel se encuentran preferentemente al final de los capítulos; sin embargo, en cada texto analizado se presentan variantes en el cuerpo del manuscrito que acercan en cierto modo algunas estrategias para su resolución.
- Las representaciones lingüísticas (lenguaje-discurso) y pictóricas (gráficos cartesianos, fotografías, diagramas de conceptos) utilizadas en la bibliografía revisada no son utilizadas para establecer conexiones entre capítulos o temas relacionados; sin embargo, en algunas obras se recurre a ellas para presentar situaciones problemáticas o para inducir a la resolución de ejercicios que requieran el uso de lápiz y papel. Solamente en un texto básico se hallan desarticuladas ya que se las presenta en forma tardía o temprana durante el desarrollo del tema.

3. Conclusiones relativas a saberes didácticos o toma de decisiones intencionales sobre los modos de enseñar para favorecer aprendizajes de los contenidos biológicos sobre Genética, y su relación con los textos disciplinares

Saberes de los alumnos

- Según lo manifestado por los estudiantes participantes de este estudio, algunas ideas, creencias o percepciones referidas a los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Genética son las siguientes:
- Existe una orientación positiva hacia el trabajo con problemas cerrados, los que se perciben como simples, prácticos y de fácil resolución.

-
- Los problemas genéticos de modalidad abierta se conciben como más complejos y fuente de dificultades para su resolución.
 - Resultan de interés para los futuros profesores, y para el abordaje de las Leyes de la Herencia en las clases de Biología, que el tratamiento de las mismas se centre en la herencia humana y en especies familiares o conocidas por los alumnos.
 - En las elecciones del alumnado se revela la influencia que ejercen los ejemplos tradicionales (*eg.* ojos rojos de la mosca de la fruta) utilizados en la bibliografía relativa a estos temas.
 - Se valora la utilidad de dibujos e imágenes en una secuencia didáctica por su capacidad explicativa o de síntesis.
 - Ante una situación de enseñanza, un grupo de futuros profesores logra transformar su conocimiento disciplinar en una forma de conocimiento que cree, resulta adecuada para sus futuros alumnos y para la tarea de enseñar.

Abordaje en los textos

- Se observa una pérdida de posibilidades y situaciones de aprendizaje relacionados con un escaso uso de las representaciones externas presentes en los libros de texto consultados (se los referencia en un contexto puntual de uso y no se vuelven a referenciar en el texto de la obra).
- La ausencia de relaciones entre capítulos detectada, hace que los recursos textuales y las imágenes presentes en el texto no se aprovechen en su totalidad

Supuestos o conjeturas que se desprenden del estudio realizado

Considerando el cuerpo del trabajo que se desarrolló y las ilaciones realizadas, del mismo surgen las siguientes ideas que pueden formularse a modo de supuestos o conjeturas que se desprenden de esta investigación y que pueden ser retomadas en estudios futuros (Figura 80).

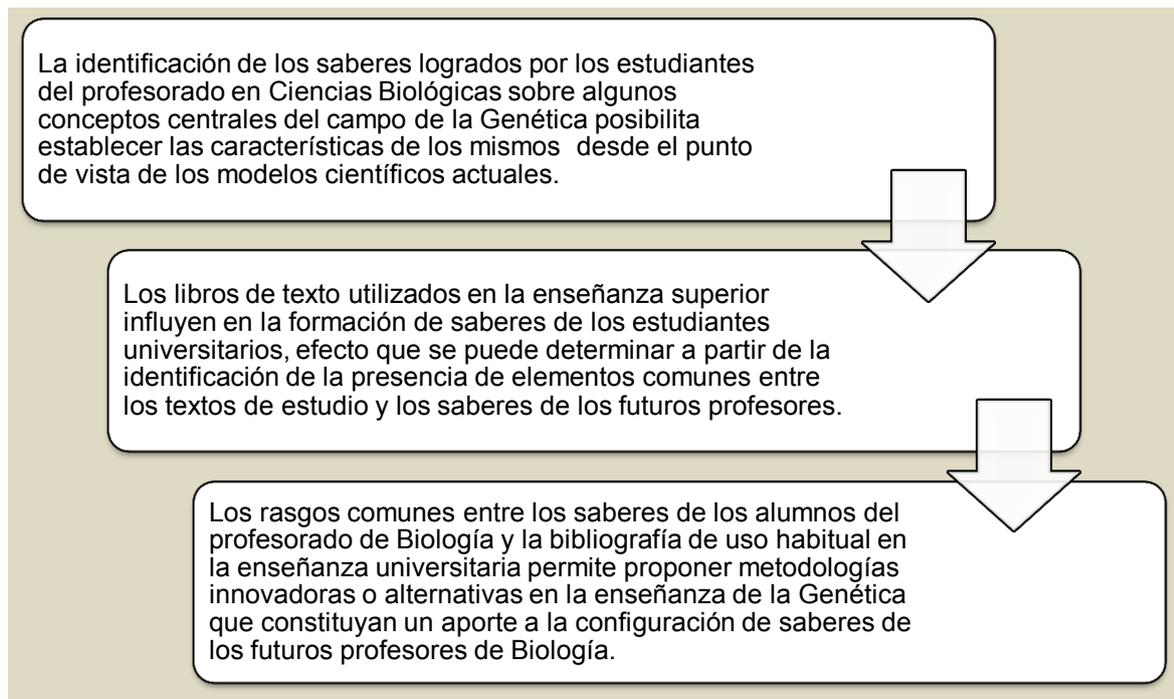


Figura 80. Supuestos o conjeturas que se desprenden del estudio realizado

Aportes de la investigación

La búsqueda de explicaciones a los fenómenos biológicos implicados en la herencia de caracteres de padres a hijos ha sido y es objeto de análisis por parte de la comunidad científica. En el marco de la enseñanza de las ciencias el camino hacia el estado actual del conocimiento en el área resulta de interés, particularmente cuando se trata del diagnóstico de las características de los saberes logrados por los futuros profesores de Biología. Considerando que es una ciencia que evoluciona vertiginosamente, cuyos avances llegan a la ciudadanía por diferentes medios, la formación docente en este campo se constituye como un emergente, y el análisis de la bibliografía específica, de la cual se nutren los estudiantes del profesorado, como una necesidad. Así, en función de los resultados obtenidos, los futuros educadores reconocerán sus logros y también sus limitaciones, utilizando este autoconocimiento para orientar sus prácticas hacia asuntos y problemas sociales, hacia la toma de decisiones frente a cuestiones tales como el desarrollo de terapias génicas aplicadas al tratamiento de enfermedades humanas, el riesgo de patentar la dotación genética de la humanidad y de otras especies, entre otros asuntos y demandas de interés. En este sentido, el desafío de esta investigación fue lograr resultados y recomendaciones que contribuyan a ampliar el conocimiento disponible sobre este campo de la educación en ciencias y a

enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de temas complejos y abstractos como el que se estudió.

El diseño de instrumentos para recabar los datos de interés para esta investigación y la definición de criterios de análisis para el estudio de los mismos fue otro aporte de este estudio cuya fundamentación se encuentra explicitada en el Marco Teórico al referir, en el estado actual del tema, que los estudios en el nivel universitario sobre este recorte específico, son escasos. Se estima, por tanto, que la información generada a partir de este trabajo redundará en un aporte al abordaje educativo de la temática en dicho nivel y en niveles previos; por otra parte se espera que los conocimientos logrados sean destinados y utilizados por otros investigadores para realizar nuevos estudios sobre el tema. Esa es la razón por la cual el diseño de instrumentos específicos resultó de importancia al igual que los resultados; radica en que esos instrumentos construidos para el análisis provienen de un proceso de trabajo que implicó:

- La exploración sobre diseños previos de otros investigadores.
- La indagación respecto a instrumentos similares existentes en otros ámbitos de investigación cercanos al campo de estudio.
- La evaluación del aporte de esos instrumentos para esta investigación y su posibilidad de adaptación y contextualización.
- La incorporación de nuevos criterios, categorías, indicadores, etc. haciendo un proceso de re-contextualización al propio ámbito de esta investigación, es decir un nuevo aporte a ese diseño previo.
- La aplicación de esos instrumentos modificándolos cuando se consideró necesario, analizando los resultados obtenidos, pero también el funcionamiento de las propias herramientas de análisis.

Todo este proceso generó, como derivación, unos instrumentos nuevos, originales, que son sin lugar a duda, una parte importante de la investigación en función del aprovechamiento que de ellos puedan hacer otros investigadores, tomando como punto de partida estos instrumentos, adaptándolos si es necesario, a determinados alumnos, libros, nivel de enseñanza, etc.

En esta línea, se intentó colaborar con la construcción y consolidación del área propia de investigación, asumiendo que un estudio de esta índole realiza diversos aportes:

-
- En primer lugar, origina ciertos resultados concretos como la tipificación del abordaje de los temas sobre Genética en los libros de texto destinados a la enseñanza universitaria.
 - Además, contribuye con la caracterización de los saberes de un grupo de alumnos del profesorado de Biología sobre dichas temáticas.
 - Por otra parte, coopera con la descripción de elementos comunes detectados a partir de contrastar los saberes de los estudiantes y el tratamiento en la bibliografía, lo que proporcionan indicios sobre, al menos, ciertos patrones o modelos similares en ellos.
 - Sobre la base del conocimiento generado produce recomendaciones que derivan del estudio realizado, tanto para los docentes y el trabajo en el aula como para los autores y editores de libros de texto universitarios.
 - Colabora con un diseño metodológico e instrumentos que se suman al corpus al que se intenta contribuir con esta investigación.
 - Finalmente, el trabajo efectuado deja definidas algunas líneas prospectivas que quedan abiertas a partir de este estudio, para futuras investigaciones.

En definitiva, este trabajo contribuye con un diagnóstico del estado actual del tema al desarrollo de la Didáctica de las Ciencias y sus derivaciones tiene extensiones que atañen a diversos aspectos (Tabla 71).

Tabla 71. Contribuciones de esta investigación al campo de la didáctica de las ciencias.

Este trabajo contribuye con un diagnóstico del estado actual del tema al desarrollo de la Didáctica de las Ciencias en aspectos vinculados a:	El reconocimiento de los saberes que sobre ciertos conceptos básicos de Genética tienen los estudiantes del profesorado de Biología.
	La generación de conocimiento respecto a las particularidades de estos saberes.
	La elaboración de recomendaciones pertinentes al campo concreto de la Enseñanza de la Genética, que atiendan a la información aportada por esta investigación.
	El aporte, a partir de las observaciones realizadas, al desarrollo de metodologías de aula cercanas a las perspectivas del alumnado y que sean acordes con el desarrollo actual de la ciencia.
	La sugerencia, para los editores y autores de libros de texto destinadas a la enseñanza superior, de articular contenidos en la totalidad de la obra, de modo de generar un producto que muestre el armazón integrado del campo de la Biología en general y de la Genética en particular.
	La promoción de acciones de innovación educativa que atiendan a los resultados del presente estudio, con el objeto de contribuir a la formación del profesorado en Ciencias Biológicas.

Implicancias didácticas de los resultados de esta investigación

El origen de este estudio surgió a partir de la concepción de que describir y comprender los saberes de los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas sobre algunos conceptos centrales del campo de la Genética, es necesario si se desea incidir significativamente en los procesos de aprendizaje. Para ello se planeó identificar estos saberes, describirlos y, en función de lo detectado pensar acciones tendientes a lograr la integración y evolución de los mismos, o reorientarlos considerando las diferentes dimensiones que inciden en la formación de saberes y representaciones de la disciplina. También se enfocó en el análisis de la bibliografía utilizada habitualmente para el estudio de los contenidos genéticos, a partir de la idea de que en ellos se podrían encontrar elementos comunes con los saberes de los alumnos; el conocimiento generado a partir de ellos también se conjugó para definir ciertos aspectos sustantivos que se deberían considerar y que se sugieren como aportes que quizá pueden contribuir a fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en el campo de la Genética.

En primer lugar, se plantea la necesidad de que los alumnos construyan adecuadamente los conceptos básicos respecto a estos temas, lo que implica destinar el tiempo suficiente a su enseñanza y a la elaboración de actividades variadas con énfasis en su evaluación.

Luego, alcanzado lo anterior, al modo tradicional de presentar los problemas de Genética (problemas cerrados, causa-efecto) debería contraponerse con mayor insistencia, tanto en las

clases como en los textos, el trabajo con verdaderos problemas (problemas abiertos, efecto- causa). Estos favorecen aprendizajes significativos ya que conducen al estudiante hacia la búsqueda de modelos más explicativos y predictivos.

Trabajar en la resolución de problemas abiertos permitiría un abordaje más dinámico e integral de los contenidos referidos a la división meiótica y las leyes de la herencia. Esto facilitaría el logro de aprendizajes más duraderos y acordes con el modo en que se construyen conocimientos, es decir, a partir de problemas verdaderos.

Por otra parte, el trabajo con problemas abiertos promueve cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes, que pueden ser extendidos a otras disciplinas. Por esto resulta necesario desarrollar enfoques de este tipo en la formación del profesorado, promoviendo egresados capaces de generar materiales y actividades innovadores que contribuyan a mejorar los procesos y la calidad de la enseñanza.

Como derivación, el trabajo partiendo de problemas abiertos induciría a una revisión de las propuestas curriculares y de las intervenciones didácticas, que debería repercutir en el desarrollo de nuevos y adecuados materiales curriculares.

Hallar un complemento al método de la Cuadrícula o Tablero de Punnett es un punto que también debería considerarse, buscando un método que permita la resolución de problemas de modo razonado y no una estrategia automática para obtener el resultado esperado. En este sentido, desarrollar estudios para probar la validez del Método Algebraico constituye una línea de investigación que aporte información al respecto.

Otro cambio que debería introducirse tanto en los libros de texto como en las situaciones de enseñanza, y que favorecería la construcción de conocimientos adecuados, es el de complementar el uso de las letras mayúsculas y minúsculas que se utilizan para representar a los alelos de un gen, por esquemas de los cromosomas con los alelos respectivos.

Resulta necesario un abordaje integral de los conceptos, por ejemplo, respecto al concepto y a la diversidad de funciones que desempeñan los gametos; la bibliografía analizada contribuye con una visión parcializada, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes, lo cual no favorece la evolución de los conceptos. En este sentido sería de interés que en la literatura estuvieran presentes definiciones de tipo integral, abarcadoras de los significados complejos de determinados términos; las mismas podrían incorporarse en los últimos capítulos, ya que, en los textos, se hace referencia recurrentemente a ellos a medida que se avanza hacia temas más complejos. Este, sin duda, representaría un valioso aporte para lograr revertir la construcción conceptual fragmentaria detectada en la población estudiantil encuestada.

Incorporar la Teoría Cromosómica de la Herencia en secuencias didácticas colaboraría con una visión integral y articulada de procesos que, por su naturaleza lo están, como duplicación del ADN, meiosis, formación de gametos y patrones hereditarios.

Al tratar los temas relativos a la herencia debería sustituirse el tratamiento tradicional (basado en cobayos, caballos palominos y frijoles, entre otros), por temas más cercanos al alumno, como características propias del hombre o de especies domésticas, enfermedades comunes, etc., las cuales, si bien están presentes, deberían tener mayor prevalencia.

También se deberían dirigir esfuerzos relativos a la lectura e interpretación de representaciones pictóricas y en la conversión de representaciones lingüísticas o textuales en pictóricas o no textuales. También se debería insistir en una alfabetización tendiente a la construcción de este tipo de representaciones, centrando la atención en la elaboración de gráficos, como dibujos, mapas conceptuales, esquemas, etc.

Finalmente, resultan necesarios otros cambios que contribuyan a la dinámica de las clases, como utilizar modelos tridimensionales de cromosomas en papel o realizados con cables u otros elementos de colores, entre otros materiales a los que se podría recurrir. Sería apropiado también acudir al desarrollo de juegos didácticos que promuevan un trabajo situado y dinámico vinculado al comportamiento del material genético durante los procesos vinculados a la herencia. De este modo podrían lograrse aprendizajes más significativos respecto al comportamiento de los cromosomas durante la división meiótica y su distribución a los gametos; además contribuiría a la comprensión de los conceptos cromosoma - cromátide - gen - alelo.

Líneas prospectivas para la educación en el campo de la Genética

Sobre la base de lo expuesto, quedan abiertos caminos para seguir otras investigaciones (Figura 81), tales como:

- Extender el análisis de los textos a otras bibliografías específicas, como pueden ser textos de Biología Molecular, Biología Celular, Fisiología, Histología y Embriología u otros libros de Genética utilizados en los cursos respectivos, dado que la información proveniente de ellos puede complementar y ampliar la obtenida a partir de los textos de Biología General y de Genética examinados en este trabajo.
- Realizar indagaciones acerca de ciertas dificultades detectadas y preguntas que quedaron formuladas en el Capítulo 4 (Discusión), por ejemplo, las relativas a la conversión de representaciones y las debilidades encontradas en su construcción, o las relacionadas al análisis y resolución de problemas abiertos.

- Explorar el discurso del profesor en el aula
- Desarrollar nuevas perspectivas o metodologías de intervención en el aula con el objeto de favorecer el aprendizaje de estos temas. Una de ellas es proponer al alumnado actividades de análisis crítico de las actividades y abordajes que se presentan en los libros de texto. Otra posibilidad es aplicar nuevas tecnologías de la información y la comunicación; estas herramientas aplicadas a la educación por medios virtuales y multimediales contribuirían a formar con eficiencia y competencia a futuros profesores compatibles con esta sociedad de la información.
- Elaborar materiales curriculares que atiendan a los resultados de este estudio.
- Validar los materiales curriculares desarrollados para su utilización en el aula.



Figura 81. Líneas prospectivas para la educación en el campo de la Genética.

Comentario final

En el campo de la investigación en Didáctica de la Biología, los estudios sobre las representaciones de los estudiantes, relacionadas a tópicos estructurantes o principios unificadores, como es el caso del proceso meiótico y su relación con los fundamentos básicos de Genética, se presenta como un área rica a seguir explorando. En nuestro país, esta perspectiva se plantea como una necesidad al considerar los contenidos relativos a estos

temas que se introdujeron en las reformas curriculares de los últimos años en los nuevos diseños para la enseñanza secundaria. Lo señalado involucra la formación permanente del colectivo docente que se desempeña en la educación secundaria y superior; por ello, el trabajo conjunto, el intercambio con otros colegas, el diseño de materiales didácticos, etc., aportarían a la mejora de la calidad de la enseñanza en el campo de la Genética. Esto se potenciaría si, para llevarlo a cabo, se consideraran los resultados de este trabajo de Tesis y otras investigaciones presentes en la literatura, permitiendo la reflexión sobre el aprendizaje, el conocimiento de las dificultades y posibilidades de los alumnos, para, en base a ello, realizar el diseño instruccional.

Así, los docentes basarían sus intervenciones en ciertos principios o “*mandamientos*” como sugiere Pozo (1999 b), especialmente en dos:

“Reflexionarás sobre las dificultades a que se enfrentan tus aprendices y buscarás modos de ayudarles a superarlas” (p. 346).

“Transferirás progresivamente a los aprendices el control de su aprendizaje sabiendo que la meta última de todo maestro es volverse innecesario” (p. 347).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- Abela, J. A. (2003). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*. Fundación Pública Andaluza. Centro de Estudios Andaluces, España. <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf>
- Abril, A. M., Muela, F. J. y Quijano, R. (2002). Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1ª fase). En *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Relación Secundaria Universidad*. Ed. Elortegui, Medina, Fernández, Varela y Jarabo. pp. 200-206.
- Acero, F. (2008). *Estructura del libro de texto universitario: un análisis de textos de álgebra lineal*. Tesis: Universidad de San Andrés, Buenos Aires. <http://live.v1.udesa.edu.ar/files/MaeEducacion/Microsoft%20Word%20-%20Resumen%20Acero.pdf>
- Acevedo Díaz, J.A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52 (1), 5-16. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/salactsi/acevedo18.htm>
- Acevedo Díaz, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), 80- 111. Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo, J.; Vazquez, A.; Martín, M.; Oliva, J.; Acevedo, P.; Paixao, M.; Manassero, M. (2005). Naturaleza de la Ciencia y Educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2 (2), 121-140. Recuperado de http://www.apaceureka.org/revista/volumen2/numero_2_2/Vol_2_num_2.htm
- Adúriz- Bravo, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17-18, 61-74. España: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 130-140. Recuperado de <http://reec.uvigo.es/>
-

Ageitos, N., Puig, B., y Calvo-Peña, X. (2016). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 14 (1), 86-97. Recuperado a partir de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3007>

Aguilar, A. (2008). Herramientas metacognitivas para la determinación de estructuras cognitivas de los alumnos, en relación al proceso de Mitosis. *VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Aguilar Correa, C. (2013). Estudio de las concepciones alternativas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre conceptos estructurantes de Ecología a través de la técnica de redes semánticas naturales. *Revista Estudios Hemisféricos y Polares*, 4 (4), 267-287.

Aguilar, S., Maturano, C. y Núñez, G. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 691-713. Recuperado de <http://reec.uvigo.es/>

Aguilera, S., Boatto, Y., Rapetti, M. y Vélez, G. (2011). Pensando en las relaciones entre cambio conceptual y creencias motivacionales. ¿Cómo se configuran estas relaciones en la lectura de textos académicos?. *Revista Iberoamericana de Educación*, 54 (5), 7. Recuperado de <https://rieoei.org/RIE/article/view/1654>

Altet, E. (2005). La competencia del maestro profesional o la importancia de saber analizar las prácticas. En L. Paquay, M. Altet, E. Charlier, P. Perrenoud, (Coords.), *La formación profesional del maestro. Estrategias y competencias*, 22-54. México: FCE.

Andramunio Acero, Z. E. (2014). *Estudios de caso, una estrategia de aula para Mejorar la comprensión de la herencia*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.

Anijovich, R. y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula*. Aique: Buenos Aires, Argentina.

-
- Anselmino, C. (2018). La imagen en Histología. Puente hacia la comprensión y la apropiación de contenidos. *Trayectorias Universitarias*, 4 (6), 51-57. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias/article/view/5983>
- Arana, A. (2007). Representando la complejidad ambiental: Dos estudios de caso. *Investigación y Postgrado*, 22 (1), 13-58.
- Armúa de Reyes, C. (2003). Una propuesta integradora en la enseñanza de la Biología. *Memorias V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología*, 4. Argentina: A.D.B.I.A.
- Artola, E. C. (2016). *Las representaciones gráficas cartesianas en el ámbito de biología de poblaciones: Análisis ontosemiótico de libros de texto e intervención didáctica en estudiantes de educación secundaria*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/43534>
- Astolfi, J. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 147-155.
- Astolfi, J. (1999). *El "error", un medio para enseñar*. Sevilla, España: Ed. Díada.
- Astolfi, J. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 206-216.
- Astolfi, J.P. (2003). *Aprender en la escuela*. Santiago: J.C. Sáez Editor.
- Astudillo, C.; Rivarosa, A. y Ortiz, F. (2009). La ciencia según futuros profesores: entre la tradición y la novedad. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 62-65. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-62-65.pdf>
- Audesirk, T., Audesirk, G y Byers, B. (2013). *Biología. La vida en la tierra con Fisiología*. Novena edición, 1000 p. Pearson Educación de México, S.A de C.V.: México, 2013. ISBN: 978-607-32-1526-8

-
- Audicio, E; Delgado, C; García, N; Lamas, C.; Orzuza, S.; Scaglia, R; Tahuil, A; Terradez, M. (2005). La integración jerárquica de conceptos biológicos partiendo de concepciones alternativas de los alumnos en la carrera de Psicología de la UNR. *Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*. ADBIA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston. Versión española: Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- Ausubel, D. P. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Ayuso E.; Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 127-142.
- Ayuso, E.y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 133-157.
- Azeglio Montañez, L.; Mayoral Nouvelière, L.; Sara, C. (2015). Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, en Actas*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Plata. Ensenada, Argentina. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8046/ev.8046.pdf
- Azevedo Brasileiro, T.S. (2009). Los métodos cuantitativos y cualitativos, una perspectiva integradora. *Revista Amazônica*, 3 (2), 168-177, Humaitá, AM, jul-dez, LAPESAM/GMPEPPE/UFAM/CNPq/EDUA – ISSN 1983-3415.
- Bachelard, G. (1971). *Epistemología*. Barcelona: Editorial Anagrama.

Bachelard, G. (1993). *La formación del espíritu científico. Contribución de un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. 19° edición. México: Editorial Siglo XXI.

Bachelard, G. (2007). *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México: Editorial Siglo XXI.

Badzinski, C., y Hermel, E. D. E. S. (2015). A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de Biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 17 (2), 434-454.

Baena Cuadrado, M. (2000). Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2) 217-226.

Báez Islas, A; Flores Camacho, F.; García Rivera, B.E. (2017). Diversidad de representaciones sobre genética, cómo promover su construcción y explicitación. Memorias del XIV Congreso Nacional de investigación Educativa. San Luis de Potosí. México.
<http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/tematica06.htm>

Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato: I. Contenidos de la Enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 137-153. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Banet%2C+E.+y+Ayuso%2C+E.+%281995%29.+Introducci%C3%B3n+a+la+Gen%C3%A9tica+en+la+Ense%C3%B1anza+Secundaria+y+el+Bachillerato%3A+I

Banet, E. y Núñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (2), 105-110.

Barahona, A., y Piñero, D. (2011). *Genética: la continuidad de la vida*. 5° ed. México: Fondo de Cultura Económica. D.F.ISBN 968-16-4534-0

Barberá, O.; Sanchis Borrás, J.M. y Sendra Mocholí, C. (2011). La evolución biológica en los libros de texto de Educación Secundaria y Bachillerato. Situación actual. Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI: experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la biología y la geología:

Actas del I Congreso de docentes de Ciencias de la Naturaleza. ISBN 978-84-680-0377-1, 115-128

Barbosa Aquino, L.; de Arruda Silva, L. H. y Araécio Uchoa, M. (2019). Enfoques del contenido sobre artrópodos en los libros didácticos de la enseñanza media en Brasil. *Revista de Educación en Biología*, 22 (1), 20-33. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/issue/archive>

Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. 3ª Edición. 192 p. Madrid, España: Ediciones Akal.

Barra, R.; Acosta, R.; Fernández, J.; Atencio, L.; Bornemann, C; Pérez, B.; Marafuschi, C.; de Andrea, P.; Guadagno, L.; Vilches, A. y Legarralde T. (2019). Construcción de un modelo dinámico del ciclo celular. Una experiencia en el aula de Biología universitaria. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. Universidad Nacional de La Plata.– ISSN 2250-8473. Recuperado de <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>.

Barraza Macías, A. (2007). La consulta a expertos como estrategia para la recolección de evidencias de validez basadas en el contenido. *Investigación Educativa (INED)*, (7), 5-14. Universidad Pedagógica de Durango, México.

Barrios, O. (2003). Hacia un nuevo enfoque de la formación inicial. En: Flores, I. *¿Cómo estamos formando los maestros en América Latina?*. Encuentro internacional El desarrollo profesional de los docentes en América Latina. Lima, Perú.

Barrón Tirado, C. (2009). Docencia Universitaria y Competencias Didácticas. *Revista Perfiles Educativos*. México: IISUE, 125, 76-87.

Barrón Tirado, C. (2015). Concepciones epistemológicas y práctica docente. Una revisión. *REDU - Revista de Docencia Universitaria*, 13 (1), 35-56. Recuperado de <http://www.red-u.net>

Barros, C. (1985). Visión histórica de los gametos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 17(1), p.13-23 en <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=qLyz0NDyaGgC&oi=fnd&pg=PA>

13&dq=el+espermatozoide+humano,+por+Anton+van+Leeuwenhoek,+y+del+%C3%
B3vulo,+en+1827,+por+Karl+Ernst+von+Baer&ots=m2hG1-
AgFn&sig=Zzt65vNeFPiXuJe-08qKBwKaU_M#v=onepage&q&f=false

Barros, M. y Carneiro, M. (2005). Os conhecimentos que os alunos utilizam para ler as imagens de mitose e de meiose e as dificuldades apresentadas. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Atas do V E.N.P.E.C. 5, 1- 12.

Beckert, E. y Amaral Gurgel, C. (2005). La lectura de un texto como estrategia de investigación del pensamiento CTS: Las visiones de los futuros Profesores de Biología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2) 141-154. Recuperado de <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>

Beillerot, J.; Blanchard-Laville, C. y Mosconi, N. (1998). *Saber y relación con el saber*. Buenos Aires: Paidós.

Berenheim, C. T. (2011). El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes *Universidades*, 48, 21-32, Unión de Universidades de América Latina y el Caribe Organismo Internacional.

Bermúdez, G. (2018). ¿Cómo tratan los libros de texto españoles la pérdida de la biodiversidad? Un estudio cuali-cuantitativo sobre el nivel de complejidad y el efecto de la editorial y año de publicación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15. DO - 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1102

Bermúdez G.M.A., De Longhi A.L., Gavidia V.C. (2015). La enseñanza monumentalista y utilitarista de las causas de la biodiversidad y de las estrategias para su conservación: un estudio sobre la transposición didáctica de los manuales de la Educación Secundaria española. *Ciencia & Educação*, 21 (3), 673-691.

Bermúdez G.M.A., De Longhi A.L., Gavidia V. (2016). El tratamiento de los bienes y servicios que aporta la biodiversidad en manuales de la educación secundaria española: un estudio epistemológico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (3), 527-543.

Bernal Castro, I. Valbuena Ussa, E. (2011). Estructura sustantiva y sintáctica del conocimiento biológico. *Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extra-Ordinaria. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental, 297- 310. ISSN 2027~1034.

Berry, R. J. (1982). *Neo-Darwinism*. Londres, Inglaterra: Editorial Arnold.

Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la Investigación Educativa*. Madrid, España: Editorial La Muralla. Recuperado de https://www.academia.edu/38170554/METODOLOG%C3%8DA_DE_LA_INVESTIGACI%C3%93N_EDUCATIVA_RAFAEL_BISQUERRA.pdf

Bolívar B, A. (2005.) Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. Profesorado. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/15256>

Bonafé, J. M. (2008) Los libros de texto como práctica discursiva. Rase. *Revista de la Asociación de Sociología de la Educación*, 1 (1), 62-73. Universidad de Valencia, España. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Bonaf%C3%A9%2CJ.+M.+%282008%29+Los+libros+de+texto+como+pr%C3%A1ctica+discursiva.+Rase.+Revista+de+la+Asociaci%C3%B3n+de+Sociolog%C3%ADa+de+la+Educaci%C3%B3n%2C+1+%281%29&btnG=

Bonzanini, T.; Bastos, F (2008). Investigações sobre Formação de Professores de Biologia e o Ensino de Genética. En actas de *VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Borges, R. C.; Oliveira, A.; Costa, R. M. C. (2003). Serpentes peçonhentas: identificação e procedimentos em acidentes – uma análise dos livros didáticos do Ensino Fundamental e Médio. *Revista de Estudo e Pesquisa em Educação*, 5 (1), 121-133. Recuperado de <https://periodicos.ufjf.br/index.php/revistainstrumento/issue/view/799>

-
- Bowler, P. J. (2004). El surgimiento del mendelismo (Capítulo 17). En Barahona, A.; Suárez, E. y Martínez S. –Comp.- (2004). *Filosofía e historia de la Biología*, 379-398- Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México.
- Bracchi, C. (Coord). (2009). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria 3° año ESB. Ciencias Sociales*, 1° Edición, 98 pp. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- Bravo, M. y Arrieta, J. (2005). El Método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35 (3). Recuperado de http://www.rieoei.org/inv_edu38.htm
- Brown, D. and Clement, J. (1989). Overcoming Misconceptions via Analogical Reasoning. Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction. *Instruccion Science*, 18, 237-261.
- Buckley, B. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 895 - 935.
- Bugallo Rodríguez, A, (1995). La didáctica de la Genética: Revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 379-385.
- Bustamante, J. y Jarrín, V. (2018). El inicio de la revolución de los genes. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3 (1), 89-104. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.700>
- Caballer, M. y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 172-180.
- Caballer, M. y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 63-68.

-
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de Genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), 227-244.
- Cabrera Castillo, H. G. (2012). Análisis descriptivo sobre el concepto combustión en libros de texto universitarios. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (3), 311-328. Recuperado de <http://reuredc.uca.es>
- Camero, A. (2003). *Ciencia explicada. Biología*. Bogotá, Colombia: Intermedio Editores.
- Campanario, J. M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 351-354.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Biología*. 7º Edición, 1231 pp. Madrid, España: Editorial Panamericana.
- Canales. A. y de los Ríos D. (2009). Retención de estudiantes universitarios vulnerables. *Calidad en la Educación*, 30.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la “respiración inversa” de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos? *Alambique*, 14, 21-36.
- Caponi, G. (2010). Función, adaptación y diseño en Biología. *Signos filosóficos*, 12 (24), 71-101. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262541765_Funcion_adaptacion_y_diseño_en_Biologia
- Carbache Mora, C. (2015). El aprendizaje en la educación superior. *Revista Internacional de Aprendizaje en la Educación Superior*, 2 (2). Recuperado de <https://journals.epistemopolis.org/edusuperior/article/view/1009>
- Cardoso Marinho, L.; Rodrigues Setúval, F. A.; Oliveira de Azevedo, C. (2015). Botânica general de angiospermas no ensino médio: uma análise comparativa entre livros didáticos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20 (3), pp. 237-258. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/37>

-
- Carney, R. N. y Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from texts. *Educational Psychology Review*, 14, (1), 5-26. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013176309260>
- Carretero, M.; Limón, M.; Rodríguez Moneo, M.; López Manjón, A.; Baillo, M. (1997). *Construir y enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Aique.
- Castedo, A. L., Alonso, J. D., y de Sandiás, C. (2009). La formación del profesorado como factor clave en el éxito de la convivencia educativa. *Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*. Braga: Universidade do Minho, ISBN- 978-972-8746-71-1
- Castro Moreno, J. A. (2013). Conocimiento práctico, historia, filosofía y enseñanza de la biología: el caso de la herencia biológica. *Tecné, Episteme y Didaxis, Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 34, 103-125. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/385>
- Castro Moreno, J. A. y Valbuena Ussa, E. O.(2007). ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la biología escolar. TED: *Tecné, Episteme y Didaxis, Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 22, 126-145. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/385>
- Charlot, B. 2008. *La relación con el saber*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Charrier Melillán, M.; Grande E.; Basque, C. Y Vilanova, S. (2008). Las Imágenes de Gen, Cromosoma y Meiosis en los Libros de Texto Universitarios. En actas de *VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aiqué.
- Chevallard, Y. (2005). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. 3ª ed., 2ª reimp. Buenos Aires, Argentina: Aique Grupo Editor S.A.

-
- Cho, H.M.; Kahle, J.B. y Nordland, F.H. (1985). An investigation of highschool biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69 (5), 707-719.
- CIN. 2013. *Propuesta de Estándares para la acreditación de las carreras de Profesorado Universitario en Biología*. ANEXO I, Resolución N° 856/13.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1041-1053.
- Codina, L. (2018). *Preguntas de investigación en tesis doctorales y trabajos académicos*. Barcelona: Máster Universitario en Investigación en Comunicación Social. Departamento de Comunicación. Universitat Pompeu Fabra, eRepositorio, UPF. Recuperado de <https://www.lluiscodina.com/wp-content/uploads/2018/07/PreguntasInvestigaci%C3%B3nTesisDoctorales-v2.pdf>
- Coll, C. (2010). Enseñar y Aprender en el mundo actual. Desafíos y encrucijadas. *Pensamiento Iberoamericano*, 7, 47-66.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., Zabala, A. (1997). *El constructivismo en el aula*. España: Graó.
- Colon Cesario, M. (2019). Efecto del “estudio de caso” en la comprensión de la Genética Mendeliana [en línea]. *Revista Vinculando*. Recuperado de <http://vinculando.org/educacion/efecto-del-estudio-de-caso-en-la-compresion-de-la-genetica-mendeliana.html>
- Comisión Nacional para el Mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática (2007). *Informe de la Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática*. Serie: El monitor de la educación, 16. Ministerio de educación, Ciencia y Tecnología. Argentina. Recuperado de http://gpdmatematica.org.ar/wpcontent/uploads/2015/08/doc_comision_ciencias_mate_m_minist.pdf
-

-
- Concari, S. B. y Giorgi, S. M. (2000). Los Problemas Resueltos en Textos Universitarios de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, (3), 381-390.
- Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN). <http://www.cucen.org.ar>
- Cortés Gracia, A. L. (2004). Ideas sobre la permeabilidad en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 2004, 22 (1), 37-46.
- Cortés Gracia, A.L. 2006. Análisis de los contenidos sobre permeabilidad en os libros de texto de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), 136-160. Recuperado de <http://reec.uvigo.es/>
- Corvacho, V. y De, P. (2009). Enseñanza de la genética en la educación de nivel superior: dificultades para comprender conceptos y resolver problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. *VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Barcelona, pp. 1020-1023.
- Coutinho, F. A.; Rodrigues e Silva, F. A. Análise do texto de um livro didático de biología orientada pela teoría Ator-Rede: um estudo sobre o tema evolução Biológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19 (3), 531-539.
- Crocco, L, C. Estrabu, C. Sosa, W. Almirón y A. López. (2004). Concepciones sobre genética y evolución en alumnos formados en diferentes orientaciones de la escuela media. *Memorias de las VI Jornadas Nacionales y Iº Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*, 283-286. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Cruz Coke, R. (1999). Historia de la genética latinoamericana en el siglo XX. *Revista médica de Chile*, 127 (12). Versión impresa ISSN 0034-9887.
- Cruz Coke, R. (2003). Valoración de trabajos clásicos en la historia de la genética. *Revista Médicade Chile*, 131 (2), 220-224. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872003000200014>.

-
- Cruz Tomé, M. A. de la (2000). Formación pedagógica inicial y permanente del profesor universitario en España: Reflexiones y propuestas. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 38, 19-35. ISSN 0213-8646.
- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales... ¿distinta terminología y un mismo significado? *Investigación en la Escuela*, 23, 33-42.
- Cubo de Severino, L. (2002). Evaluación de estrategias retóricas en la comprensión de manuales universitarios. *Revista del Instituto de Investigaciones Lingüísticas y Literarias Hispanoamericanas (RILL)*, 15, 69-84.
- Cubo de Severino, L. (2009): Discurso académico científico y perfil inferencial: el manual especializado, *IV Coloquio de Investigadores en Estudios del Discurso y I Jornadas Internacionales de Discurso e Interdisciplina*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Cubo de Severino, L. (2010). *Conocimiento e inferencias en la comprensión de discursos de especialidad: el manual universitario*. ELUA 24, p.73-89
- CUCEN. 2011. *Lineamientos Básicos sobre Formación Docente de Profesores Universitarios*. Comisión Mixta ANFHE-CUCEN. Asociación Nacional de Facultades de Humanidades y Educación (ANFHE) y Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN). <http://www.cucen.org.ar/>
- Cudmani, L. C. de; Pesa, M.; Salinas, J. (2000). Un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1). Recuperado de http://rapes.unsl.edu.ar/Congresos_realizados/Congresos/IV
- Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Flores, G. (2000). *Biología*. 6º Edición en Español, 1496 pp. Madrid. España: Editorial Médica Panamericana.
- Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. (2008). *Biología*. 7º Edición en Español, 1009 pp. Madrid. España: Editorial Médica Panamericana.
- Davies, K. (2001). *La conquista del genoma humano*. España: Ediciones Paidós, Ibérica.

-
- De Andrea, P.; Menconi, F.; Iugovich, A.; Barrios, H.; Legarralde, T. (2015). Análisis del contenido herencia mendeliana en libros de texto de segundo año de la escuela secundaria básica. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria/actas-2015/>
- De Andrea, P., Menconi, M.F., Lorenzo, J. y Legarralde, T. 2016. El significado del término gameta. *Actas XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Recuperado de <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/BAIRES16/Jneb2016/schedConf/presentations>
- De Baz, T. (2007). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding the Concept "Meiosis". Paper presented at The *32nd Annual Conference of The Association for Teacher Education in Europe*. Inglaterra. Recuperado de www.atee2007.org.uk
- Decker, T.; Summers, G. y Barrow, L. (2007). The treatment of geological time the history of life on earth in high school biology textbooks. *The American Biology Teacher*, 69, (7), 401-405.
- De Donato Rodríguez, X. (2013). Sergio Martínez, Xian Huang y Godfrey Guillaumin (comps.), *Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia: hacia una epistemología plural*. *Dianoia: anuario de Filosofía*, 71, 167-174. ISSN 0185-2450. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=58433542008>
- De Longhi A. (2013). Aportes didácticos para la enseñanza en la universidad, en Sacone J. y Pacifico A. (comp.). *Universidad y contexto. Jóvenes y enseñanza*. Universidad Nacional del Litoral. ISBN 978-987-657-894-3
- De Longhi, A. (2014). El conocimiento didáctico del profesor: una bisagra. En Civarolo, M. M. Lizarriturri, S.G. (Comp.) *Didáctica general y didácticas específicas: la complejidad de sus relaciones en el nivel superior*. Villa María, Córdoba, Argentina: Editorial Universidad Nacional de Villa María. Recuperado de http://webarchivo.unvm.edu.ar/archivos/didactica/libro_didacticas.pdf
-

-
- De Longhi, A (2014). El conocimiento didáctico del profesor: una bisagra. En Civarolo, M. M. *Didáctica general y didácticas específicas: la complejidad de sus relaciones en el nivel superior*. Civarolo, M.M. y Lizarriturri, S.G. (comp.). 1a ed. E-Book. ISBN 978-987-1697-08-3 1. Título CDD 378.007. Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina.
- De Longhi, A. L., y Rivarosa, A. (2015). Los nuevos estándares para la formación docente: reflexiones y tensiones. *Revista de Educación en Biología*, 18 (2), pp-5
- Delors, J. (1996.): Los cuatro pilares de la educación, en *La Educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI*, 91-103. Madrid, España: Santillana/UNESCO.
- Díaz, L. y Pandiella, S. (2007). Categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de Tecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, (2), 224-441.
- Diccionario de Filosofía. Breve definición de los términos filosóficos fundamentales*. Recuperado de <http://www.e-torredabel.com/DiccionarioFilosofia/Diccionario-Filosofico-T01.htm>
- Diccionario de la lengua española (DLE)*. (2014). Real Academia Española, Edición del Tricentenario. 23º ed. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=IpB1O9O>
- Diccionario de la lengua española (DLE)*. (2016). Real Academia Española, Edición del Tricentenario. 23º ed. Recuperado de <https://www.rae.es/obras-academicas/diccionarios/diccionario-de-la-lengua-espanola>
- Diccionario Enciclopédico Larousse Editorial* (2009). Recuperado de <https://www.casadellibro.com/libro-diccionario-enciclopedico-escolar-larousse/9788480166393/1268708>
- Diez de Tancredi, D. (2006). El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la Biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación*, 59, 189-219. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela.

-
- Diez de Tancredi, D. y Caballero, C. (2004). Representaciones externas de los conceptos biológicos de gen y cromosoma. Su aprendizaje significativo. *Revista de investigación*, 56, 91-121.
- Diez de Tancredi, D. y Caballero, C. y Rodríguez Palmero, M. L. (2007). Los significados del concepto de gen en Biología y sus implicaciones para la enseñanza. Diagnóstico con expertos científicos y biólogos. *V Congreso Internacional de aprendizaje significativo*. Septiembre, 2006. Madrid, España.
- Diez de Tancredi, D. y Caballero, C. (2011). Evolución de significados del concepto de gen en estudiantes de educación superior de la carrera docente de Biología. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16 (3), 443-472.
- Diez Escribano, D.; Caballero Sahelices, C. (2004). Imágenes externas de gen y cromosoma en materiales instruccionales para la Enseñanza de la Biología en el Sistema Educativo Venezolano. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (2), 74-86. Recuperado de <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N2/v4n2a7.pdf>
- Díez, J.A. y Moulines, C.U. (2008). *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. 549 pp. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- Domingos dos Santos, F., Gouvea, A., Faria, F. (2015). 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? *Ciência & Educação (Bauru)*, 21 (4), 977-989. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150040012>
- Domingos Grilo, P.; Mellado V. y Ruiz, C. (2004). Evolución de las ideas alternativas de un grupo de alumnos portugueses de secundaria sobre fotosíntesis y respiración celular. *Revista de Educación en Biología*, 7 (1), 10-19.
- Dos Santos Medrado, F. y Escovedo Selles, S. (2018). La inserción de temas evolutivos en libros didácticos de Biología (1979-2010). *Revista de Educación en Biología*, 21 (1), 34-48. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22545>
-

-
- Driver, R y Erickson, G. (1983). Theories-in action: some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Duit, R. 2006. La investigación sobre Enseñanza de las Ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa (RMIE)*, 11 (30), pp. 741-770
- Dussel, I., Tiramonti, G. y Birgin, A. (2001). Hacia una nueva cartografía de la reforma curricular. Reflexiones a partir de la descentralización educativa argentina. En G. Tiramonti, *Modernización educativa de los '90. ¿El fin de la ilusión emancipadora?*, 71-95. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Buenos Aires, Argentina: Temas Grupo Editorial.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali, Colombia: Universidad del Valle y Peter Lang S.A.
- Edelstein, G. (1996). La construcción metodológica. En Camilloni y otros, *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós.
- Eisenck, M. y Keane, M. (1991). *Cognitive Psychology: a student's handbook*. London: Erlbaum.
- Estándares para la acreditación de las carreras de Profesorado Universitario en Biología*. CUCEN. Recuperado de <http://www.cucen.org.ar/archivosCucen/documentos//profesorados//general/Estandares-Acred-Biologia.pdf>
- Fabara, E. (2003). El desarrollo profesional: Colombia, Ecuador y Venezuela. En: Flores, I. *¿Cómo estamos formando los maestros en América Latina?*. Encuentro internacional, El desarrollo profesional de los docentes en América Latina. Lima, Perú.
- Fabro, A. (2006). Importancia de la organización de los contenidos en “tópicos generativos” para la superación de la fragmentación de los saberes y para el desarrollo de procesos

de comprensión, en la capacitación de posgrado de profesores de ciencias biológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), Tesis Didácticas.

Fanaro, M.A.; Otero, M.R. y Greca, I.M. (2005). Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2). Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N2.pdf

Fernández, O. (2006). Teoría compleja del pensamiento biológico aproximación desde el nicho biosemiótico. *Episteme*, 8 (9) Recuperado de <http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero8y9-06/>

Fernández, J; Acosta, R; Barra, R; Atencio, L; Bornemann, C; Pérez, B.; Marafuschi, C.; de Andrea, P.; Guadagno, L.; Vilches, A. y Legarralde, T. (2019). Simulando el flujo de la información genética desde el ADN a la proteína. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.– ISSN 2250-8473. Recuperado de <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>

Fernández Ferrer, G., González García, F. y Mayoral Nouveliere, L. (2009). Análisis de las representaciones icónicas del agua subterránea en los textos de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1594-1598.

Fernández Ferrer, G., González-García, F., Carrillo-Rosúa, F.J. (2008). Los contenidos relacionados con las aguas subterráneas en los textos de estudio, más allá del modelado kárstico. En: *XXIII Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales*, Almería. España.

Fernández Ferrer, G. (2009). *El agua subterránea: estudio de esquemas de conocimiento en universitarios y estrategias didácticas para su aprendizaje significativo en estudiantes de secundaria*. Tesis doctoral. Editorial de la Universidad de Granada. Recuperado de https://scholar.google.com.ar/scholar?q=Tesis+fernandez+ferrer+2009.&hl=es&as_sd t=0&as_vis=1&oi=scholart

Fernandes Xavier, M.C.; de Sá Freire A. S.; Ozório Moraes, M.O. A introdução dos conceitos de Biologia Molecular e Biotecnologia no Ensino de Genética no Nível

-
- Médio: há espaço para a nova Biologia? (2005). *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5, Bauru, Atas. Bauru: Abrapec, Brasil.
- Fernandes Xavier, M. C.; de Sá Freire, A. y Ozório Moraes, M. (2006). A nova (moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, 12, (3), 275-289.
- Ferreiro, G. y Occelli, M. (2008). Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el Ciclo Básico Unificado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 7 (2). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>
- Ferrero Casero, E. A. (2016). Preformismo y epigénesis en la historia de la embriología. *Comunicación biomédica. MEDISAN* 20 (9), 2165. Universidad de Ciencias Médicas, Holguín, Cuba.
- Figini, E.; Berzal, M. y De Micheli, A. (2001). La enseñanza de la Genética en el nivel medio y la educación polimodal: temas presentes en las actividades de los libros de texto. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 196-200.
- Figini, E. y De Micheli, A. 2005. La Enseñanza de la Genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.
- Flores Arévalo, Isabel -editora- (2003). ¿Cómo estamos formando a los maestros en América Latina?. *Encuentro internacional. El desarrollo profesional de los docentes en América Latina*. Lima, Perú.
- Flores Camacho, F.; Gallegos Cázares, L.; Cruz Cisneros, J. (2017). Las representaciones científicas en estudiantes de bachillerato en un entorno multi-representacional. ¿Cómo identificarlas y evaluarlas?. XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa –COMIE-. San Luis Potosí, Mexico.
- Flores Camacho, F.; García Rivera, B.; Báez Islas, A; Gallegos Cázares L. (2017). Diseño y Validación de un Instrumento para Analizar las Representaciones Externas de Estudiantes de Bachillerato sobre Genética. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 10 (2). ISSN 1989-0397. Disponible en:
-

<<https://revistas.uam.es/index.php/riee/article/view/8327/8672>>. Fecha de acceso: 05 mar. 2020 doi:<http://dx.doi.org/10.15366/riee2017.10.2.008>.

Flores, F; Tovar, M.G.; Gallegos, L. (2001). ¿Qué representación de la célula tienen los estudiantes? *Correo del Maestro*, 60. Recuperado de <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2001/mayo/indice60.htm>

Forissier, T. y Clément, P. (2003). Teaching 'biological identity' as genome/environment interactions. *Journal of Biological Education*, 37 (2), 85-90.

Foucault, M. (2002). *La arqueología del saber*, 1ª Edición. Buenos Aires; Siglo XXI Editores Argentina. 368 p. Traducción: Aurelio Garzón del Camino.

Foucault, M. 2007. *La arqueología del saber*. México: Siglo XXI.

Fourez, G; Englebert Lecompte, V; Mathy, Ph. (1997). *Saber sobre nuestros saberes: un léxico epistemológico para la enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue.

Franzolin, F.; Bizzo, N. (2007). Conceitos de biologia em livros didáticos de educação básica e na academia: uma metodologia de análise. In: Mortimer, E. F. (org) *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, SC, Florianópolis, Brasil. Recuperado de <http://www.nutes.ufjf.br/abrapec/vienpec/CR2/p1041.pdf>.

Freire, M. A. y Rodriguez, A. (2006). Adaptación de la asignatura Biología Molecular al Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5, (2), pp. 267-275.

Frenedoza, R. C., Cancian, M. A. E., Dias, M. A., Calejón, L., Ribeiro, J. C. y Maciel, M. D. (2005). Análise de livro didático de biologia para o ensino médio: as abordagens e métodos aplicados ao ensino de Botânica. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, ENPEC*. Brasil.

Fuentes, X. (2006). Contra la sinonimia y la polisemia en los lenguajes de especialidad. En: *Panace@*, VII (24). Barcelona. España. Recuperado de https://www.tremedica.org/wp-content/uploads/n24_entremes3-f.arderiu.pdf

-
- Furió, C. J. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 24.
- Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*. Monográfico, 7.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365- 376.
- Furman, M. y De Podestá, M. G. (2010). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires, Argentina: AIQUE Grupo Editor.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias. Investigación y Experiencias Didácticas*, 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1995). Formación científica y tecnológica para las comunidades tradicionales. *Revista Perspectivas de la UNESCO*, 25, 59-82.
- Gailhou, C.; Ercoli, P.; Tello Alvial, V.; Wajncer, Y. (2008). Herencia Biológica: Obstáculos Didácticos vinculados con las Concepciones Alternativas de los alumnos de Escuela Secundaria Básica sobre Herencia Biológica y Genética. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Galagovsky, L.; Rodríguez, M. A.; Stamati, N. y Morales, L. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un ejemplo para al aprendizaje del concepto de Reacción Química a partir del concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107-121.
- Gallarreta, S. (2001). *Concepciones postinstruccionales sobre ADN, cromosomas, genes y alelos de los estudiantes de Ciencias Veterinarias*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

-
- Gallarreta, S. (2002). Concepciones postinstruccionales sobre ADN, cromosomas, genes y alelos en el nivel universitario: determinación y análisis en estudiantes de Ciencias Veterinarias. *Educación en Biología*, 5 (2), 56-60.
- Gallarreta, S. (2003a). Estrategias didácticas en Ciencias Biológicas: reflexiones en torno a la enseñanza basada en modelos. *Revista Espacios en Blanco*, 13, 89-109.
- Gallarreta, S. (2003b). Concepciones postinstruccionales y obstáculos de aprendizaje en conceptos genéticos básicos. Determinación y análisis en el nivel universitario. *Memorias del Encuentro de Investigadores en Enseñanza de las Ciencias*. Facultad de Ingeniería. UNCPBA.
- García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2003). Análisis del Trabajo Práctico en textos escolares de Primaria y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 5-16.
- García Cruz, C.M. (1990). Algunos errores conceptuales sobre Genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 197-198.
- García García, J. J., (2003). Didáctica de las ciencias, Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad. *Didácticas Magisterio*. Bogotá.
- García García, J. J. (2005). *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de Ciencias Experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Memoria de tesis doctoral. Universidad de Granada. España.
- García García, J. J. y Perales Palacios, F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las Gráficas Cartesianas usada en los Textos de Ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 107–132.
- García Hourcade, J. y Rodríguez de Ávila, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 161-166.

-
- García Lillo, J. A.; Quinto Medrano, P. y Martínez Torregrosa, J. (2015). Comprensión del modelo hereditario de Mendel tras la enseñanza habitual en alumnos de educación secundaria obligatoria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 29, 275-299. ISSN 0214-4379 (impresión) / ISSN 2255-3835 (electrónico). Recuperado de <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/4265/7413>
- García Negroni M. M. (2008). Subjetividad y discurso científico-académico. Acerca de algunas manifestaciones de la subjetividad en el artículo de investigación en español. *Revista Signos*, 41 (66), 5-31.
- García Ruiz, M. R. y Zubizarreta, A. C. (2012). La formación permanente del profesorado basada en competencias. Estudio exploratorio de la percepción del profesorado de Educación Infantil y Primaria. *Educatio siglo XXI*, 30 (1), 297-322.
- García, J. J y Cañal, P. (1995). ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela*, 25, 5-16.
- Garza, A. (2014). *Análisis de los contenidos de biología evolutiva en los libros de texto gratuitos, sexto grado de educación primaria 2013*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias. UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garza, A. (2015). El concepto de evolución biológica en los libros de texto gratuitos. Ciencias, *Revista de cultura científica*. Facultad de Ciencias. UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/199-revistas/revista-ciencias-115-116/1916-el-concepto-de-evoluci%C3%B3n-biol%C3%B3gica-en-los-libros-de-texto-gratuitos.html>
- Garriz, A., Daza, S. y Lorenzo, M. G. (ed.) (2014). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken: Académica Española.
- Garriz, A.; Labastida Piña, D.; Espinosa, J. y Padilla, K. (2009). El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento para capturarlo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 724-728. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-724-728.pdf>
-

-
- Garritz Ruiz, A. y Reyes-Cárdenas, F. (2011). La enseñanza basada en la indagación científica como práctica educativa de los talleristas del programa Pauta. *XI Congreso Nacional de Investigación Educativa Educación y Conocimientos Disciplinarios* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Arriaga, G; Torres Barrios, C; Mendoza Maldonado, J. (2017). La teoría de la evolución en los libros de texto de primaria vigentes: ¿formación o confusión científica? *Congreso Nacional de Investigación Educativa, COMIE*, 1-10. San Luis Potosí, México.
- Gentner, D. y Stevens, A.L. (1983). *Mental Models*, 99-127. New Jersey: LEA.
- Gentner, D. and Wolff, P. (2000). Metaphor and Knowledge Change. In Dietrich, E. and Markman, A. (Eds.). *Cognitive Dynamics: Conceptual Change in Humans and Machines*. pp. 295-342. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gervilla Castillo, E. (2006). El “sabor del saber” y el saber académico actual. *Revista de Educación*, 340, 1039-1063.
- Gil Flores, H. C. (2005). República Bolivariana de Venezuela. Convenio: colegio universitario de Caracas U.N.E.S.R. *Curso: Metodología de la investigación. Sección b. Paradigmas de la investigación educativa*. Caracas, Venezuela.
- Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154- 164.
- Gil Pérez, D.; Furió Más, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Guisasola, J.; González, E.; Dumas Carré, A.; Goffard, M; Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

-
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa*. Madrid: M.E.C. Vicens Vives.
- Gil, D., Martínez-Torregrosa, J. y Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 131-146.
- Gilbert, S. (1991). Model Building and a Definition of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), 73-79.
- Gilbert, J.K. (2002). Moving between the modes of representation of a model in science education: some theoretical and pedagogic implications. Conference Philosophical, Psychological, Linguistic Foundations for Language and Science Literacy Research, University of Victoria, Canadá.
- Gilbert, J., Boulter, C. y Rutherford, M. (2000). Explanations with Models in Science Education. En *Developing Models in Science Education*. Gilbert y Boulter (Eds.), 193 - 208. Dordrecht: Kluwer.
- Gil-Pérez, D., Carrascosa, J. y Martínez-Terrades, S. (2000) Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 11-34. Alcoy: Marfil.
- Gimeno Sacristán, J. (2010). La carrera profesional para el profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), p.243- 260.. ISSN 0213-8646
- Gimeno Sacristán, J. (Comp); Pérez Gómez, A. I.; Martínez Rodríguez, J.B.; Torres Santomé, J.; Angulo Rasco, F; Alvarez Mendez, J.M. (2008). *Educación por competencias ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Ediciones Morata
- Giordan, A. (1989). Representaciones sobre la utilización didáctica de las representaciones, *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 53-62

Giordan y De Vecchi (1988). Los orígenes del saber. Ed. Díada, Sevilla, España.

Giordan, A.; Host, V.; Tesi, D. y Gagliardi, R. (1988). *Conceptos de biología*. Tomo II. ICE/LABOR, España.

Goldbach, T. y Bedor, P. (2013). Estão os livros didáticos de biologia incorporando questões provindas do campo da pesquisa em ensino da área, como no caso do ensino de genética. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8, 1-12.

Goldbach, T., Papoula, N.R.P., Sardinha, R.C., Dysarz, F.P. e Capilé, B. (2009). Atividades Práticas em Livros Didáticos Atuais de Biologia: Investigações e Reflexões. *Revista Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 1 (1): 63-74.

Gómez, A. (2007). Gregor Johann Mendel. *Universitas Médica*, 48 (2), 151.

Gómez A. (2009). La clasificación de los isómeros en libros de texto universitarios: un problema de orden histórico epistemológico. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (Número Extraordinario), 1002-1026.

Gómez Márquez, E. (2000). La Enseñanza de la Genética en la Región Oriental de Venezuela. *Saber*, 12 (2), 70-75. Universidad de Oriente, Venezuela.

Gómez Mendoza, M. A. (2005). La Transposición Didáctica: Historia de un concepto. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 1, 83-115.

González, N. V. (2018). Uso escolar de infografías para la representación de células animales y Vegetales. *Revista de Educación en Biología*, 21 (2), 22-36. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/issue/view/1886>

González, N. y Barbeito, G. (2011). Taxonomía y funciones cognitivas de los materiales gráficos en los libros de texto de histología. *Ciencias Morfológicas*, 13 (2) 9-12. pp. 9-22 ISSN 1851-7862

González, N. V.; Diessler, M.; Woudwyk, M. y Rossi, A.M. (2013). Enseñanza del tema mitosis en la universidad: el conocimiento pedagógico del contenido de dos docentes de biología celular. II Simposio de Enseñanza de Biología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

González, N.; Lorenzo, M.; Rossi, A. (2008). El Conocimiento Pedagógico Del Contenido (Cpc): La Enseñanza de la Meiosis en el Nivel Medio. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

González, N. y Rossi, A. (2014). La enseñanza de la meiosis en el nivel secundario: el conocimiento didáctico del contenido de profesores expertos y principiantes. En Garritz, A., Daza, S. y Lorenzo, M. G. (ed.) . *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*, 403-453. Saarbrücken: Editorial Académica Española.

González, N. y Rossi, A. (2015). Conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza del tema mitosis: un estudio de casos con docentes universitarios de Argentina. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. 29, 215-232. ISSN 0214-4379 (impresión) / ISSN 2255-3835 (electrónico). Recuperado de <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/4991/7410>

González Agudelo, E. M. y Díaz Hernández, D. P. (2008). Desde el currículo hasta la didáctica o sobre la circulación de los saberes y sus controles en la universidad: un ejemplo en la enseñanza de la Medicina. *Iatreia*, 21(1), 83-93.

González Galli, L., y Meinardi, E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 14 (3), pp. 535-549. Recuperado a partir de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3502>

González García, F. y Tamayo-Hurtado, M. (2000). Sobre el origen de los conocimientos previos en Biología: Elementos comunes entre el alumnado y los libros de texto. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 13, 1-21.

González Zamora, H. (2006). *De la clase magistral... al aprendizaje activo*, Universidad Icesi. Recuperado de <http://www.eduteka.org/FormularPreguntas.php>

González, V., González, N. y Caldeiro, M. C. (2014). La competencia mediática del profesorado: un instrumento para su evaluación. *Revista Electrónica de Investigación*

Educativa, 16 (3), 129-146. Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol16no3/contenido-gonzalvez-glez-caldeiro.html>

Grajales Vélez, D. C. (2104). *Enseñanza en pro del aprendizaje significativo de las Leyes de Mendel: diseño y aplicación de una unidad didáctica*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad Ciencias, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/15012/1/39387118.2014.pdf>

Grande, E.; Charrier Melillán, M. y Vilanova, S. (2008). Las Representaciones de Gen, Cromosoma y Meiosis que presentan los Estudiantes Universitarios. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Grande, E.; Charrier, M.; y Vilanova, S. (2009). ¿Qué conocimiento sobre herencia y genética poseen un grupo de estudiantes de secundaria argentinos?. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 525-529. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-525-529.pdf>

Greca, I. (1999). Representaciones mentales. *Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de apoyo N°7*. Universidad de Burgos, España.

Greca, I. M.; Moreira, M. A. (1998). Modelos Mentales y Aprendizaje de Física en Electricidad y Magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 289-303.

Greca, I. M.; Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal on Science Education*, 22 (1), 1-11.

Grilli, J.; Laxague, M. y Barboza L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1), 91-108.

-
- Grinell, S. (1992). *A New Place for Learning Science. Association of Science and Technology Centres (ASTC)*. Washington, D.C., E.E.U.U.
- Grisales-Franco, L. M., y González-Agudelo, E. M. (2009). El saber sabio y el saber enseñado: un problema para la didáctica universitaria. *Educación y Educadores*, 12 (2).
- Grossman, P., Wilson, S. y Shulman, L. (2005). Profesores de sustancia: el conocimiento del material para la enseñanza (P. Rodríguez, Trad.). *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2), 1-25. (Trabajo original publicado en 1989). Recuperado de <https://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART2.pdf>
- Gudmundsdóttir, S.; Shulman, L. S. (2005). Conocimiento didáctico en Ciencias Sociales. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9 (2), 1-12. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/42680>
- Guimarães, F. (2011). *Diferentes dimensões no ensino de botânica em Portugal (1900- 2000). Análise de manuais escolares do 1.º ciclo do Ensino Básico*. Braga: Universidade do Minho, Instituto de Educação.
- Gutiérrez, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 73-86.
- Gutierrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto “Modelo Mental”. Consecuencias para la Investigación Didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (2), 209-226.
- Guzmán Gómez, C. (2011). Avances y retos en el conocimiento sobre los estudiantes mexicanos de educación superior en la primera década del siglo XXI. *Perfiles educativos*, 33, 91-101. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018526982011000500009&lng=es&tlng=es.
- Guzmán Gómez, C. y Saucedo Ramos, C. (2015). Experiencias, vivencias y sentidos en torno a la escuela y a los estudios: Abordajes desde las perspectivas de alumnos y estudiantes. *Revista mexicana de investigación educativa*, 20 (67), 1019-1054.

Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662015000400002&lng=es&tlng=es.

Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*, 600 pp. Ed. Mac Graw-Hill, México.

Himmel, E. (2002). Modelos de Análisis de la deserción estudiantil en la educación superior. *Calidad en la Educación*, 17, 91-108. ISBN: 978-84-832-2687-2. Recuperado de http://www.me.gov.ar/consejo/cf_leysuperior.html

Ibáñez, R. (2012) La comprensión del discurso escrito: Una propuesta teórico-metodológica para su evaluación. *Revista Signos*, 45 (78) 20-43. ISSN 0718-0934 PUCV, Chile.

Ibáñez Orcajo, M. T. (2002). *Aplicación de una Metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias de la Educación. Centro de Formación del Profesorado. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Ibarra Murillo, J. (2006). Las ideas sobre el equilibrio ecológico en los libros de texto de la ESO. Relación entre ciencia y lenguaje. Huarte de San Juan. *Filología y Didáctica de la Lengua*, 8, 87-96. Pamplona: Universidad Pública de Navarra. España.

Irazabal, N, y Saux, G. (2005). Comprensión de textos expositivos. Memoria y estrategias Lectoras. *Educación, Lenguaje y Sociedad*, III (3), 33-55. ISN 1668-4753

Ingham, A. y Gilbert, J. (1991). The use of analogal models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13 (2), 193-202.

Iñiguez Porras, F. J. (2005). *La enseñanza de la Genética. Una propuesta didáctica para la enseñanza secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona

Iñiguez Porras, F. J., y Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre*

Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 10 (3), pp. 307-327. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2844>

Islas, S. M. y Guridi, V. M. (1999). El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, (2), 281-290.

Jabif, L. (2010). Competencias y situaciones: Un matrimonio inseparable. *Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias (REDEC)*, 6 (2). Universidad de Talca.

Jackson, Ph. (2002). *Práctica de la enseñanza*. Editorial Amorrortu, Buenos Aires.

Jara, G. S. (1990). La Enseñanza de la Física en Primaria (un estudio de sexto grado en el Estado de Michocán). *Revista Mexicana de Física*, 36 (3), 431-445.

Jiménez, J.; Prieto, R. H.; Perales, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique*, 11, 75-85.

Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 3-19.

Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F. J. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2). (<http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>)

Jiménez Zambrano, M. A., Patiño Franco, Y. A., Tamayo Alzate, O. E. (2013). *Saber pedagógico, saber didáctico y saber tecnológico de los docentes y los estudiantes participantes del proyecto Escuela Virtual*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias. Universidad Autónoma de Manizales (UAM), Colombia.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. 513 pp. Harvard University Press. Cambridge.

-
- Johsua, S. y Dupin, J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. pp. 422. Editorial Collection Premier Cycle.
- Justi, Rosaría (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173–184.
- Kinnear, J. (1991). Using and historical perspective to enrich the teaching of linkage in genetics. *Science Education*, 75 (1), 69-85.
- Klautau, N.; Aurora, A.; Dulce, D.; Silviene, S.; Helena, H. y Correia, A. (2009). Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2267-2270. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2267-2270.pdf>
- Klautau Guimarães, M.N.; Correia, A.; Pedrosa de Jesus, H. y Moreira, A. (2008a). Recombinandocom os dominós: proposta de recurso didáctico para a promoção da literacia em genética. *V Seminário Ibérico y I Seminário Ibero-Americano, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no Ensino das Ciências*, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Klautau Guimarães, M.N.; Oliveira, S.; Akimoto, A.; Hiragi, C.; Barbosa, L.; Rocha, D. y Correia, A.(2008b). Combinar e recombinar com os dominos. *Genética na Escola*, 3 (2), 1-7. Recuperado de <http://www.sbg.org.br/>
- Klein, Aaron. (1972). *Los hilos de la Vida*. EUDEBA. 223 pp.
- Knippels, M.; Waarlo, A.; Boersma, K. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39 (3), 108-112.
- Kostina, I. (2009). *La variación conceptual de los términos en el discurso especializado*. Tesis Doctoral. Institut Universitari de Lingüística Aplicada, Universitat Pompeu Fabra. Barcelona. España. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7513/tik.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
-

-
- Krapas, S.; Queiroz, G.; Colinvaux, D. y Franco, C. (1997). Modelo: Terminología e Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências. *Envontro Linguagem, Cultura e Cognição: Reflexões para o Ensino de Ciências*. Belo Horizonte, M.G.
- Krippendorff, K. (1997). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Barcelona: Paidós.
- Krotsch, P. (1993). La universidad argentina en transición: ¿del Estado al mercado?. *Revista Sociedad*, 3, 5-29.
- Kuhn, T. S. (1987a). *La estructura de las revoluciones científicas*, 11° reimpresión. Madrid, España: FCE.
- Lapasta, L. G. (2017). *Caracterización de las preguntas formuladas por los docentes de Biología de 2° Año de ESB para la construcción de significados*. Tesis de Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1437/te.1437.pdf>
- Lapasta, L.; Merino, G. y Ramírez, S. (2001). La función del libro de texto en el aula. *Memorias de las V Jornadas de Enseñanza de la Biología*, 322-325.
- Legarralde, T.; de Andrea, P.; Barra, R.; Marafuschi, C. y Vilches, A. (2019a). Representaciones textuales y no textuales sobre alelo y genotipo en estudiantes avanzados del profesorado en Ciencias Biológicas. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.– ISSN 2250-8473. <http://jornadaseyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>.
- Legarralde, T.; De Andrea, P. y Vilches, A. (2019b). Algunos aspectos clave de la diversidad genética. Representaciones externas en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. *Actas X Congreso Iberoamericano de Educación Científica Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate*. Montevideo, Uruguay. <http://www.cieduc.org/2019/areas.html>
- Legarralde, T.; Gallarreta, S. y Vilches, A. (2012). Comprensión del proceso meiótico en estudiantes del profesorado en ciencias biológicas. *Actas III Jornadas de Enseñanza e*
-

Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata del 26 al 28 de septiembre de 2012.

Legarralde, T.; Gallarreta, S.; Vilches, A. y Menconi, F. (2014). Representaciones sobre el concepto de “gameta” en futuros profesores de Biología. El papel de los libros de texto. *Revista de Educación en Biología*, 17 (1), 55-69. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22416>

Legarralde, T.; Rosenberg, C.; de Andrea, P.; Arcarúa, N.; Menconi, M.F.; Piancazzo, A. (2018). Una actividad frecuente en el aula de Biología. El trabajo con problemas de Genética. Actas de las XIII Jornadas Nacionales y VIII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. Bernal, Buenos Aires, Argentina. <http://congresosadbia.com/ocs/index.php>

Legarralde, T. Rosenberg, C. y Vilches, A. (2016). Representaciones externas sobre conceptos clave de Genética. Un estudio en futuros profesores de Biología. Actas de las XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. VI Seminario Iberoamericano CTS y X Seminario CTS. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. <http://congresosadbia.com/ocs/index.php>

Legarralde, T.; Vilches, A. (2015). El abordaje de conceptos básicos sobre herencia en libros de texto universitarios. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina – ISSN 2250-8473. <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>

Legarralde, T.; Ramírez, S.; Vilches, A.; y Lapasta, L. (2013). El uso de las representaciones gráficas en las clases de ciencias. Una propuesta para favorecer aprendizajes. III Congreso Internacional de Educación en Ciencias. Catamarca.

Legarralde, T.; Vilches, A. y De Andrea, P. (2014). Percepción sobre la enseñanza de la Genética en futuros Profesores de Biología. *Actas de las XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. General Roca. Río Negro.

- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En: M. Benlloch (Comp.). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós Ibérica S. A. España.
- Lemke, J. (2006). Investigar para el futuro de la Educación Científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 5-12.
- Level, M. B; Mostacero, R. 2011. El texto escolar: ¿Artefacto Didáctico?. *Investigación y Postgrado*, 26 (2), 9-56.
- Lewis, J., Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26 (2), 195-206.
- Lewis, J; Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22 (2), 177 - 195.
- Ley de Educación Nacional (2006). Ley N° 26.206/06.* Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. República Argentina.
- Ley Federal de Educación. (1993). Ley N° 24.195/93.* Ministerio de Cultura y Educación. República Argentina.
- Ley de Educación Superior (N° 24521).* Ministerio de Cultura y Educación. República Argentina. Recuperado de <https://www.suteba.org.ar/download/legislacin-nacional-67825.pdf> y de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/rm_233-18.pdf
- Liberatore Cavallo, A.1994. Relationships between student's meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (4), 393-418.
- Liguori, L. y Noste, M. (2007). *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Sevilla, España: Homo Sapiens.

-
- Litwin, E. (1996). El campo de la didáctica: la búsqueda de una nueva agenda; en Camilloni, A.; Davini, M.C.; Edelstein, G.; Litwin, E.; Souto, M.; Barco, S. (1996): Corrientes didácticas contemporáneas. Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (2000). *Las configuraciones didácticas*. Buenos Aires: Paidós.
- Llompart, G.; Torres Moure, L; Abal, A.; Tanevitch, A.; Perez, P.; Felipe, P.; Licata, L; Llompart, J.; Carda, C.; Morandi, G.; Durzo, G. 2014. Estudio sobre libros de texto: Metodología innovadora aplicada a Histología y Embriología Odontológica. *e-Universitas UNR Journal*, 1, 1950-1965. Recuperado de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/3745/111-464-1-PB.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Lombardi, G.; Caballero, C.; Moreira, M.A. (2009). El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico. *Revista de Investigación*, 66, 147-186.
- López Gómez, E. (2016). En torno al concepto de Competencia: Un análisis de fuentes. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 20, (1), 311-322. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/49881>
- López Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI Revista de Educación*, 4, 167-179, Universidad de Huelva, España.
- López Manjón, A., Postigo Angón, Y. (2014). Análisis de las imágenes del cuerpo humano en libros de texto españoles de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 551-570. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1319> ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486
- López Manjón, A. y Postigo Angón, Y. (2016). ¿Qué libro de texto elegir? La competencia visual en las actividades con imágenes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 84-101.
- López Roldán, P. y Fachelli, S. (2015). *El proceso de investigación. Metodología de la investigación social cuantitativa*. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). Depósito Digital

-
- de Documentos. Universidad Autónoma de Barcelona, UAB. Barcelona, España. Edición digital. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/record/129382>
- Lorenzano, P. (1998). Hacia Una reconstrucción estructural de la genética clásica y de sus relaciones con el mendelismo. *Episteme*, 3 (5), 89-117.
- Lorenzano, P. (2007). Filosofía diacrónica de la ciencia: el caso de la genética clásica. *Filosofía e História da Biologia*, 2, 369-392
- Lorenzo, M. G. (2017). Enseñar y aprender ciencias. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y Educadores*, 20 (2), 249-263. DOI: 10.5294/edu.2017.20.2.5 Recuperado de <http://hdl.handle.net/11336/48220>
- Luengo González, E. (2018). Las vertientes de la complejidad: pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas. Repositorio Institucional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Guadalajara, México: ITESO. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11117/5686>
- Luzardo, F. T. y Quevedo, Y. A. (2009). Uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula: un estudio de caso. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2434-2437.
- Luzardo, F. T. y Arteaga, Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30 (3), Págs-281.
- Makinistian A. (2012). La fuerte impronta gradualista de Darwin. *Ludus Vitalis*, XX (38), 1-13.
- Maldonado-González, F., González-García, F., y Jiménez-Tejada, M. (2017). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (3), pp. 442-460. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3786>
- Malvaez, O.; Joglar, C. y Quntanilla, M. (2013). Elaboración de preguntas de los estudiantes para promover la metacognición en el aprendizaje activo en ciencias. Atas do IX

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP. Brasil

Manuel Castro, E. J. (2004). El poder disciplinario: la normalización de los saberes y de los individuos. *Educación Física y Ciencia*, 7, 9-17. ISSN 2314-2561. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Recuperado de <http://www.efyc.fahce.unlp.edu.ar/article/view/EFyCv07a02/2647.html>.

Marcelo, C. (1993). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre Conocimiento Didáctico del Contenido. En L. Montero y J.M. Vez (eds.), *Las didácticas específicas en la formación del Profesorado (I)*. *Tórculo*, 151-185. Santiago de Compostela, España.

Marcelo, C. (2002). La investigación sobre el conocimiento de los profesores y el proceso de aprender a enseñar. Pensamiento y conocimiento de los profesores. *Debate y perspectivas internacionales*, 45-60.

Marcelo, C. (2007). La formación docente en la sociedad del conocimiento y la información: avances y temas pendientes. *Olhar de professor, Ponta Grossa*, 10 (1), 63-90. Recuperado de <http://www.uepg.br/olhardeprofessor>

Marcelo, C. (2009). Los comienzos en la docencia: un profesorado con buenos principios. *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, 13 (1), 1.

Markman, A. B. and Gentner, D. (2001). Thinking. *Annual Review of Psychology*, 52, 223-247.

Márquez, C. y Prat, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, 431-440.

Marradi, A.; Archenti, N. y Piovani, J. 2010. Metodología de las Ciencias Sociales. 1ra edición. Buenos Aires, Cengage Learning Argentina.

Martí, E. (2003). *Representar el mundo internamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación*. Madrid: Antonio Machado Libros S.A.

Martí, E. y Pozo, J. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.

-
- Martínez Aznar, M. e Ibáñez Orcajo, M. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 193–206.
- Martínez García, M.V. (2003). Análisis del contenido de Genética en textos de Educación no Universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 17(1), 207-208.
- Martínez Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. España.
- Martinez, S.F. (2001). El papel de la historia y de las prácticas científicas en la educación. *ÉNDOXA: Series Filosóficas*, 14, 289-306. UNED, Madrid, España.
- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quilez, M. J., y Osada, J. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1148-1168.
- Martinez Gracia, M. V., Gil-Quilez, M. J., y Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological education*, 40 (2), 53-60.
- Marzábal Blancafort, A.; Izquierdo Aymerich, M. (2017). Análisis de las estructuras textuales de los textos escolares de química en relación a su función docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (1),111-132. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1951> ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486
- Más Rocha, S. M y Vior, S. (2016). Diez años de política educacional en la Argentina (2003-2013): algunas consecuencias para la educación secundaria. *Polifonías Revista de Educación*, 5 (9), pp 52-78.

-
- Matus Leites, M. L. (2009). *Progresiones de aprendizaje en el área del enlace químico. Análisis de coherencia entre capacidades de los estudiantes y las representaciones usadas en los libros de texto*. Tesis doctoral. Recuperado de <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/3479/18513773.pdf?sequence=1>
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F.J. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), pp. 153-176.
- Maturano, C., Aguilar, S. y Núñez, G. (2009 a). Conversión de imágenes al lenguaje escrito: un desafío para el estudiante de Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (1), 63-78 Recuperado de <http://www.apaceureka.org/revista/Larevista.htm>
- Maturano, C., Aguilar, S. y Núñez, G. (2009 b). Interpretación de imágenes referidas al calor: un estudio con docentes de nivel secundario. *REF XVI, Repensando la Enseñanza de la Física*.
- Mayr, E. (1998). *Así es la Biología*. Madrid, España: Debate.
- Mayr, E. (2004a). La Naturaleza de la Herencia (Capítulo 15), en Barahona, A.; Suárez, E. y Martínez, S. -Comp.- (2004). *Filosofía e historia de la Biología*, 317-366. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México.
- Mayr, E. (2004b). La lucha contra los físicos y los filósofos (Capítulo 13), en Barahona, A.; Suárez, E. y Martínez, S. -Comp.- (2004). *Filosofía e historia de la Biología*, 279-298. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. pp. 280. Buenos Aires, Argentina: Katz Editores.
- Mayoral Nouvelière, L. E., González García, F. y Naranjo Rodríguez, J. A. (2016). Homeostasis en la ciencia escolar: análisis del tema y resultados de una propuesta para su trabajo en el aula. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 30, 137-149.

-
- Maxwell, J. A. (2012). *Qualitative Research Design: An Interactive Approach*. Research gate.net publication. Bickman, (Ed.). Sage. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/43220402_Qualitative_Research_Design_An_Interactive_Approach_JA_Maxwell
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative Research Design: An Interactive Approach* (3° ed.). 41 Social Research Methods Series. Bickman, L. and Rog, D. (Ed.). SAGE Publications, Inc. Recuperado de [https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=xAHCOmtAZd0C&oi=fnd&pg=PR5&dq=Maxwell,+J.+A.+\(2005\).+Qualitative+research+design:+an+interactive+approach+\(Seconded.\)](https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=xAHCOmtAZd0C&oi=fnd&pg=PR5&dq=Maxwell,+J.+A.+(2005).+Qualitative+research+design:+an+interactive+approach+(Seconded.)).
- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. 5ª Edición. pp. 664. Pearson Educación, S. A. Madrid. España.
- Meinardi, E. 2007. Reflexiones sobre la formación inicial de los profesores de Biología. *Revista de Educación en Biología*, 10 (2): 48-54.
- Meléndez Ferrer, L. y Pérez Jiménez, C. 2006. Propuesta estructural para la construcción metodológica en investigación cualitativa. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 3, 33-50. Venezuela.
- Melo Ferreira, Adriano de; Arossa Alves Soares, Cynthia Aparecida Aracnídeos peçonhentos: análise das informações nos livros didáticos de ciencias (2008). *Ciência & Educação (Bauru)*, 14 (2), 307-314.
- Melo Salcedo, L. (2013). De la Polisemia de los Conceptos. El concepto Gen como caso Particular. *Bio-Grafía. Escritos Sobre La Biología y Su Enseñanza*, 6 (10), 102.107. Recuperado de <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.6num.10bio-grafia102.107>
- Mengascini, A. (2005). La enseñanza y el aprendizaje de los tejidos vegetales en el ámbito universitario. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>
- Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3). Recuperado de <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
-

-
- Mercado, R. (2002). *Los saberes docentes como construcción social. La enseñanza centrada en los niños*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Merino, G. (1987). *Didáctica de las Ciencias Naturales*. 3ª ed. pp.192. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Merino, G. (2004). Caracterización del conocimiento escolar “Tejer una Trama” (En línea). *Serie Pedagógica*, (4-5), 305-318. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.401/pr.401.pdf.
- Meyer, Williams, (1987). En *UNESCO, Nuevas Tendencias en la enseñanza de la Biología*. V, 222 Paris, UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001368/136854so.pdf>, consultado 30/11/2016
- Michellini, M., Santi, L, Stefanel, A. (2013). La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 846-870. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/920/92028937024.pdf>
- Miramontes, P. (2002). Paisajes embriológicos y genes. *Ciencias*, 65, 4-13. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (redalyc). Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México. <http://redalyc.uaemex.mx>
- Misuraca, M.R. y Menghini (2010). La formación de docentes en la Argentina del siglo xxi: ¿Consolidación de las tendencias de los ‘90? *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 14 (2), 257-272. Recuperado de <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev142COL4.pdf>
- Misuraca, M.R.; Oreja Cerruti, M.B; Más Rocha, S.M. (2013). Políticas para evaluar la calidad de la educación en Argentina después de los ‘90. *Currículo sem Fronteiras*, 13 (2), 269-286, maio/ago. ISSN 1645-1384 (online) www.curriculosemfronteiras.org
- Moles A. (1973). ¿Hacia una teoría ecológica de la imagen? en Thibault-Laulan A.M. (1973). *Imagen y comunicación*. 1ª Edición, pp. 186. Valencia, España: Editorial Fernando Torres Editor.
- Montañés Bayonas, S. y Jaén García, M. (2015). ¿Qué características presentan los contenidos relacionados con las problemáticas ambientales propuestos en los libros de

-
- texto de 3º de la ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1), 130-148. Recuperado de <http://reuredc.uca.es>
- Moore H. P. y Narciso Sánchez, E. (2011). Modelos epistémicos de la lectura en estudiantes universitarios mexicanos. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16 (51), 1197-1225.
- Moreira, M.A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1 (3), 193-232.
- Moreira, M.A. y Greca, I. (2004). Obstáculos Representacionales Mentales en el Aprendizaje de Conceptos Cuánticos, en: Moreira, M.A.; Greca, I.M. (eds). *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales*. Porto Alegre, UFRGS.
- Moreira, M.A.; Greca, I.; Rodríguez Palmero, M. (2002). Modelos Mentales y Modelos Conceptuales en la Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), 37-57.
- Moreno, J. C., Ussa, E. V., Gutiérrez, A., Ruiz, D., Correa, M., y Morales, D. (2009). Construcción del conocimiento didáctico del contenido biológico en formación inicial de profesores. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3205-3208. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3205-3208 <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3205-3208.pdf>
- Morín, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Morín, E. (1995). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. París, Francia.
- Nascimento, T. y Martins, I. (2007). O leitor real e virtual do texto de Genética do livro didático do Ciências. *Genética en la escuela*, 2 (1), 28-30. Recuperado de www.sbg.org.br
-

-
- Neufeld, M. R. (2009). Antropología y educación en el contexto argentino. *VIII Reunión de Antropología del Mercosur*. Foro 6. Antropología y Educación. Universidad de las Madres. Buenos Aires.
- Nieda, J.; Cañas, A. y Martín-Díaz, M.J. (2003). La evaluación de Ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria Obligatoria. *Alambique*, 37, 41-49.
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Editorial Martínez Roca, Barcelona, España.
- Obregón, S.; Armúa, C.; Soto Oca, H. (2008). Enseñanza activa de la genética. Una propuesta alternativa. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Ocelli, M. (2011). La enseñanza de la Biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: un estudio en la ciudad de Córdoba. *Revista de Educación en Biología*, 14 (2), 42-45.
- Ocelli, M. (2013). *La enseñanza de la biotecnología en la escuela de secundaria y su abordaje en los libros de texto: un estudio en la ciudad de Córdoba*. Tesis de Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 1ª ed. Córdoba. E-Book. ISBN 978-950-33-1089-2.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias, Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31 (2), pp. 133-152. ISSN: 0212-4521.
- Ocelli, M.; Valeiras, N.; Bernardello, G. (2015). La biotecnología en libros de texto de escuela secundaria: un análisis de los libros utilizados en Córdoba (Argentina). *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 10 (1), 33-44. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

-
- Ogborn, J. and Martins, I. (1996). Metaphorical Understandings and Scientific Ideas. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 631-652.
- Olby, R. C. (1991). *El camino hacia la doble hélice*. Alianza, Madrid.
- Oliva Martínez, J.M. (1996). Estudios sobre consistencia en las ideas de los alumnos en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (1), 87-92.
- Ontoria, A. (1992). *Mapas conceptuales. Una técnica para aprender*. Editorial Narcea, Madrid, España.
- Osborne, R.J.; Bell, B. y Gilbert, J.K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5 (1), 1-14.
- Osborne, R. y Freiberg, P. (1991). *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Ed. Narcea. Madrid, España.
- Otero, R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (2), 93-119.
- Palou de Maté, M. C. y Pastor, L. (2006). El pensamiento del enseñante: un desafío para la Didáctica. *Cuadernos Universitarios* N°1. C.E.Di. Co. FACE. U.N.Co. Argentina.
- Panarari-Antunes, R.S., Defani, M.A. e Gozzi, M.E. (2009). Análise De Atividades Experimentais Em Livros Didáticos De Ciências. IX Congresso Nacional de Educação- EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia. PUCPR. Disponible en: http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2075_1213.pdf
- Pantoja Vallejo, A. (Coord.) (2009). *Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación*. Madrid: EOS. España.
- Pantuso, F.; Felgueras, S.; Stella, F.; Virginillo, S.; Sarlinga, E.; Bianchi, D. y Pulido, V. (2015). La resolución de problemas como herramienta didáctica del aprendizaje en genética. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de*

las Ciencias Exactas y Naturales. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8123/ev.8123.pdf

Parodi, G. (2010). La organización retórica del género manual a través de cuatro disciplinas: ¿Cómo se comunica y difunde la ciencia en diferentes contextos universitarios? *Revista Boletín de Lingüística*, 22 (33), 43-69.

Pashley, M. (1994). A level students: their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*, 28 (2), 120-126.

Paz-y-Miño C y López-Cortés A (2014). *Genética Molecular y Citogenética Humana: Fundamentos, aplicaciones e investigaciones en el Ecuador*. Universidad de las Américas. Universidad Yachay. Quito, Ecuador. 400 pp.

Peláez, C.; Rodríguez, J.M. y Maricel Ocelli (2010). Análisis del concepto de reproducción en libros de texto para el primer ciclo de la escuela secundaria (EGB 3). *Revista de Educación en Biología*, 13 (2), 7 a 15.

Peme Aranega, C; De Longhi, A. y Ferreyra, A. (2008). Fundamentación de decisiones sobre la elección de Estrategias para la Formación de Docentes Universitarios. *VIII Jornadas Nacionales III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires.

Perafán Echeverri, G. A. (2013). La transposición didáctica como estatuto epistemológico fundante de los saberes académicos del profesor. *Revista Folios, Segunda época*, 37, 83-93.

Perales Palacios, F. J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.

Perales Palacios, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 13-30.

Perales Palacios, F. J. (2008). La Imagen en la Enseñanza de las Ciencias: Algunos Resultados de Investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación Universitaria*, 1 (4), 13-22.

-
- Perales Palacios, F.J., Alvarez, P., Fernández, M., García, J. González, F y Rivarosa, A. (2000). *Resolución de Problemas*, 172 -186. Madrid: Editorial Síntesis.
- Perales Palacios, F. J. y Jiménez Valladares, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (3), 369-386.
- Pérez Gómez, A. (1991). Cultura escolar y aprendizaje relevante. En *Revista Educación y Sociedad*, 8, 59-72. Madrid.
- Pérez Gómez, A. I. (2010). Aprender a educar. Nuevos desafíos para la formación de docentes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), p.37-60 ISSN 0213-8646
- Pérez Jiménez. C. (2003). Formación de docentes para la construcción de saberes sociales. OEI. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33, 37-54. ISSN: 1022-6508
- Perkins, D. (1995). *La Escuela inteligente*. Barcelona: Ed. Gedisa.
- Perkins, D (1999). *La enseñanza para la comprensión: vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Perrenoud, Ph. (2008). Construir las competencias, ¿es darle la espalda a los saberes?. Red U. *Revista de Docencia Universitaria*, número monográfico 1 “Formación centrada en competencias (II)”. Recuperado de http://www.redu.m.es/Red_U/m2
- Perrenoud, P. (2010). La formación del profesorado: un compromiso entre visiones inconciliables de la coherencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), p.103- 122. ISSN 0213-8646
- Pesa, M.; Ruiz Danegger, C. y del Valle Bravo, S. (2002). El estudio de las representaciones, perspectivas para la investigación básica en Educación en Ciencias. *Revista Brasileira de Investigaçao em Educaçao em Ciências*, 2 (3), 84-96.
- Peteiro, R. V., y Jurado, G. Á. (2012). ¡Justicia para Jean Baptiste!, Chevalier de Lamarck. *Encuentros en la Biología*, 5 (137), 13-14.

-
- Pierce, B.C. (2006). *Genética: un enfoque conceptual*. 840 p. Editorial Panamericana, D. L.. Madrid, España.
- Pino, I. (2003). La utilización de mapas de conceptos como técnica para identificar atributos de conceptos de ADN y gen aprendidos por los estudiantes de 9° grado de Educación Básica. *Revista de Investigación*, 53, 71-90.
- Pinto, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres Enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232.
- Pinzón Torres, G., y Sarmiento Bernal, R. (2014). *Un aporte para la enseñanza de la transmisión de rasgos hereditarios desde una perspectiva histórica que favorece la argumentación*. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Colombia
Recuperado de <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/332>
- Pogré, P. (2003). Enseñanza para la comprensión. Un marco para innovar en la intervención didáctica. En *La Escuela del futuro II*. Buenos Aires. Argentina: Educación Papers Editores.
- Polanco Zuleta M. K. (2011). Resolución de situaciones problemas en la enseñanza de las ciencias: un estudio de análisis. Asociación Colombia para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. *Revista EDUCyT*, 4, ISSN: 2215 – 8227.
- Porlán Ariza, R. (2003). Principios para la formación del profesorado de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17 (1), 17-22.
- Pôrto Marques, G; Dutra da Rosa, R. T. (2015). Análise das Atividades Práticas Propostas em Manuais Didáticos de Biologia. *Revista de Educação em Biologia*, 18 (2), 20-30.
- Postigo, Y. y Pozo, J.I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- Pozo, J.I. (1993). Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza: concepciones alternativas? *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, 187-204.

-
- Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van...y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Pozo, J.I. (1999a). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513-520.
- Pozo, J.I. (1999b). *Aprendices y Maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Psicología y Educación. 383 pp. Madrid: Alianza Editorial, S.A.
- Pozo, J. I., (2001). *Humana mente*. España: Editorial Morata.
- Pozo, J.I. y Monereo, C. -Coordinadores- (1999). *El aprendizaje estratégico*. Sección Segunda. Aula XXI. Madrid, España: Ed. Santillana.
- Pozo, J. I.; Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 407-423.
- Pozzer, L. y Roth, W. (2003). Prevalence, function and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (10), 1089-1114.
- Praderio, F. N. (2017). *Educación primaria para jóvenes y adultos : representaciones sociales docentes y diseño de las prácticas educativas en el área de las Ciencias Naturales*. Tesis de Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1410/te.1410.pdf>
- Prat, A. e Izquierdo, M (2000). Función del texto escrito en la construcción de conocimientos y en el desarrollo de habilidades. Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. pp. 73-112. Madrid: ICE Universitat Autònoma de Barcelona. Editorial Síntesis.

-
- Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 12 (1), 55-65, Universidad de Cádiz. APAC-Eureka. ISSN: 1697-011X. DOI:http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.05
- Quintanilla, M.; Daza Rosales, S.; Merino, C. (2010). *Unidades Didácticas en Biología y Educación Ambiental. Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico*. 4, FONDECYT 2010. 1095149.
- Ramírez Bravo, R. (2005). Aproximación al concepto de transposición didáctica. *Folios. Segunda época*. 21, 33-45. Bogotá: UPN.
- Rassetto M. J., (2012). La formación de Profesores de Biología en Universidades Nacionales Argentinas. Tiempo de cambios. *Revista de Educación en Biología*, 15 (1), 4-5.
- Rassetto M. J. y Valeiras, N. (2012). Formación de Profesores de Biología en Universidades Nacionales Argentinas. Entre la reforma curricular y la acreditación. *X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Córdoba. Argentina.
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Educación Química*, 30 (2). Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. México DOI:10.22201/fq.18708404e.2019.2.67174. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/67174/61158>
- Real Academia Española -RAE- (2018). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.2 en línea]. <https://dle.rae.es> Actualización 2018, Recuperado de <https://dle.rae.es/?id=IK5nbBo>
- Reigosa, M. A. (2003). El metabolismo celular como contenido básico en la enseñanza de la Biología. Un modelo didáctico para superar dificultades. *Revista de Educación en Biología*, 6 (1), 48-52.
- Rendón, C.; Galagovsky, L. ; Stella, C. ; Alonso, M. (2008). La Resolución de Problemas de Genética con el Tablero de Punnett: Un método eficiente que oculta un aprendizaje
-

deficiente. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata Buenos Aires, Argentina.

Rengifo Gallego, L. A. (2012). Construcción del saber de los profesores de Ciencias Naturales en formación inicial, para la enseñanza, aprendizaje y evaluación de la biotecnología. Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología. *Revista EDUCyT*; Vol. Extraordinario. Diciembre, ISSN 2215 – 8227.

Reyes Cárdenas, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23 (4), 415-421, Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X, ISSNE 1870-8404

Ríos Cabrera, P. (2002). El libro de texto como recurso para el aprendizaje estratégico. *Informe de Investigaciones Educativas* [Informe en Línea 7]. XVI, 1. Disponible: biblo.una.edu.ve/ojs/index.php/IIIE/article/view/119.

Rivarosa, A. y De Longhi, A. L. (2012). *Aportes didácticos para nociones complejas en Biología: la alimentación*. Colección Educación y Didáctica. Serie Fichas de Aula. Miño y Dávila Editores, Argentina.

Rivas García, O. y Rocha Leyva, H. (2017). La participación en clase en alumnos universitarios: factores disposicionales y situacionales. *Revista Ibero-americana de Educação*, vol. 74, núm. 1, pp. 149-162

Roa, A. (2016). Goethe en la historia de las ciencias biológicas. *Revista de Filosofía*, 2, 171-188. Recuperado de <https://revistafilosofia.uchile.cl/index.php/RDF/article/view/41071/42616>

Roa Acosta, R.; García-Sandoval, Y.; Chavarro-Amaya, C. (2008). Formación de profesores de Biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*, 11 (2), 69-88. Universidad de La Sabana Cundinamarca, Colombia.

Rodrigo, M. J.; Correa, N. (1999). Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo. En J. I. Pozo y C. Monereo (coords.). *El aprendizaje estratégico. Enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid, España: Santillana.

Rodríguez Arnaiz, R.; Castañeda Sortibrán, A. y Ordáz Tellez, M. G. (2004). Conceptos Básicos de Genética. *Las prensas de Ciencias*. 235 pp. ISBN 970-32-1999-3. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rodríguez Palmero, M. A. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 5 (3), 237-263 Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID66/v5_n3_a2000.pdf

Rodríguez Palmero, M. L. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação*, 9 (2), 229-246.

Rodríguez Palmero, M. L. y Marrero Acosta, J. (2003). Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>

Rodríguez Palmero, M. L.; Marrero Acosta, J. ; Moreira, M. A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 6 (3). Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/>

Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. (2003). Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto “célula”: un estudio de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educacao em Ciencias*, 3 (2).

Rodríguez Tobón, G. L. (2014). *El modelamiento como estrategia didáctica para la enseñanza de la Genética Clásica (no molecular) en alumnos de secundaria*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Naturales Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/46405/1/18004991.2014.pdf>

Rodríguez, C. y Melody Rodríguez, C. (2016). Utilidad de la metodología de Maxwell en el diseño de investigaciones. *Actualidad Contable Faces*, 19 (33). Universidad de los Andes. Colombia.

-
- Rojas Agudelo, V. y Salazar-Salazar, M. (2019). Diseño e implementación de material didáctico para la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes de grado décimo. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1 (31), 45-55. Recuperado de <https://www.ojs.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/index.php/accb/article/view/181>
- Rosenberg, C. (2014). *Estrategias para mejorar la comprensión del proceso de replicación del ADN en alumnos de la Escuela Secundaria*. Trabajo Final de Integración de la carrera de Especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación; Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina. En Memoria Académica, Colección Tesis de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Recuperado de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?e=d-10000-00---off-0tesis--00-2----0-10-0---0---0direct-10----4-----0-11--10-es-Zz-1---100-about---00-3-1-00-00--4----0-0-01-00-0utfZz-8-00&a=d&c=tesis&cl=CL3.11>
- Rosenberg, C. y Legarralde, T. (2016). Imágenes de la replicación del ADN en los libros de texto: ¿cuáles prefieren los estudiantes? *Actas XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. CABA. Buenos Aires, Argentina. <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/BAIRES16/Jneb2016/schedConf/presentations>
- Rosenberg, C.; Legarralde, T. y Vilches, A. (2014). Estrategias para mejorar la comprensión del proceso de replicación del ADN en alumnos de la Escuela Secundaria. XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. General Roca. Río Negro. Argentina.
- Rosenberg, C.; Legarralde, T.; Vilches, A. (2015). Análisis de las representaciones gráficas sobre la replicación del ADN en libros de texto. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria/actas-2015/>
-

Rueda Pineda, E; Mares Cárdenas, G. y Gonzáles Beltrán, L. (2017). La participación en clase en alumnos universitarios: factores disposicionales y situacionales. *Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação*, vol. 74,1, pp. 149-162, ISSN: 1022-6508 / ISSN: 1681-5653. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI/CAEU) / Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI/CAEU)

Ruiz González C., Banet E. y López Banet L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre Herencia Biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (3), 550-569. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19507>

Saborido, C. (2014). Diseño, Evolución y Organización. La Teleología en la Filosofía de las Ciencias Biológicas. *Acta Scientiae. Canoas*, 16 (2), 284-309

Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009). *Vida. La ciencia de la Biología*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Médica Panamericana.

Salim, D.C, Akimoto, AK, Ribeiro, GBL, Pedrosa, MAF, Klautau-Guimarães, MN y Oliveira, SF (2007). O Baralho como ferramenta no ensino de Genética. *Genética na Escola*, 2 (1), pp. 6-9. Recuperado de www.geneticanaescola.com.br

Samaja, J. (2004). *Epistemología y metodología: elementos para una teoría de la investigación científica*. 3° ed. 416 pp. Buenos Aires, Argentina: Eudeba (Editorial Universitaria de Buenos Aires). ISBN 9789502309316

Samaja, J. (2007). La ciencia como proceso de investigación y dimensión de la cultura. *Revista Trampas de la Comunicación y la Cultura*, 51, 8-21. Facultad de Periodismo y Comunicación Social, UNLP. ISSN: 1668-5547. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/37674/Documento_completo__pdf?squence=1&isAllowed=y

Sánchez Mora, M. D. C. (2009). El monje matemático y el biólogo evolucionista. *Educación matemática*, 21(1), 151-158.

-
- Santos Guerra, M. A. (2010). La formación del profesorado en las instituciones que aprenden. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68 (24,2), p.175- 200. ISSN 0213-8646
- Santos Rego, M. A. y Lorenzo Moledo, M. (2015). La Formación del Profesorado de Educación Secundaria: pensando en la reconstrucción del proyecto universitario *Revista Española de Pedagogía*, 261, 263-281. <http://reunir.unir.net/handle/123456789/4400>
- Saravia, L.M. y Flores, I. (2005). *La formación de maestros en América Latina. Estudio realizado en diez países*. Programa de Educación Básica de la Cooperación Alemana al desarrollo. PROEDUCA-GTZ. Lima, Perú.
- Senior Martínez, J. E. (2012). El surgimiento de la Biología Molecular. *Biociencias*, 7 (1), 69 – 80. Universidad Libre, Seccional Barranquilla. Colombia.
- Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 181-188.
- Silva Arias, L.A. y Jiménez Pérez, R. (2017). Las imágenes en los libros de texto: un análisis en el ámbito del ecosistema. *Investigación en la escuela*, 93, 58-75. Recuperado de: <http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/R93/R93-5>
- Shulman, L. S. (1986a). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea, en Wittrock, M.(ed.): *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*, 8-90. Paidós/MEC. Barcelona.
- Shulman, L. S. (1986b). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14. Trad. y edición española, El saber y entender de la profesión docente; en *Estudios Públicos. Centro de Estudios Públicos, Chile*, 99, 195-224.
- Shulman, L.S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En M.C. Wittrock (ed.). *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*, 9-91. Barcelona: Paidós/MEC.

Shulman, L. S. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. (A. Ide, Trad.). *Currículum y formación del profesorado*, 9 (2), 1-25 (Trabajo original publicado en 1987). Publicado originariamente en *Harvard Educational Review*, 57 (1),1987, 1-22. Revisión técnica de Antonio Bolívar, siguiendo la traducción realizada por Alberto Ide para la revista *Estudios Públicos*, 83, 163-196. Recuperado de <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART1.pdf>

Sierra Bravo, R. (1999). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y Ejercicios*. 714 pp. Madrid, España: Editorial Paraninfo.

Sigüenza Molina, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 439-450.

Sigüenza, A. y Sáez, M. J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 223-230.

Smith, M.U. (1991). Teaching cell division: student difficulties and teaching recommendation. *Journal of the College Science Teaching*, 21 (1), 28-33.

Solarte, M. C. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista ierRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa* [en línea], 1 (4)ISSN 1794-8061. Recuperado de <http://revista.iered.org>

Solaz Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de Ciencias: una revisión. *Educación XXI*, 13 (1) 65-80. Facultad de Educación. UNED. ISSN: 1139-613X.

Solbes, J. (2009). Fundamentos y líneas de trabajo. Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): Resumen del camino avanzado. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 6 (1), 2-20. Recuperado de <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>

Soriano Roqué, M. (2000). El profesor universitario ante los retos del mundo de hoy: sus competencias laborales. *Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías*,

Southwell, M. y Vassiliades, A. (2014). El concepto de posición docente: notas conceptuales y metodológicas. *Revista Educación, Lenguaje y Sociedad*, XI (11), 1-25. ISSN 1668-4753. DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/els-2014-111110>

Recuperado de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/els/article/viewFile/1491/1501>

Starr, C; Taggart, R. Evert, C y Starr, L. (2009). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida*. 12° ed. México: Cengage Learning Editores.

Stebbins, L. (1978). *Procesos de la Evolución Orgánica*. 199 pp. Madrid, España: Ed. Prentice/Hall Internacional.

Stewart, J. (1988). Potential learning outcomes from problem solving in genetics: A typology of problems. *Science Education*, 72, 237-254.

Stewart, J. y Dale, M. (1989). High school student's understanding of chromosome/genes behavior during meiosis. *Science Education*, 73 (4), 501-521.

Stylianidou, F.; Ormerod, F. y Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 257-283.

Suárez, F., y Ordóñez, A. (2010). De Gregor Mendel y la docencia sin licencia. *Universitas Médica*, 52 (1), 90-97.

Suárez Durán, M.E. (2007). *El saber pedagógico de los profesores de la Universidad de Los Andes Táchira y sus implicaciones en la enseñanza*. Tesis doctoral. Universitat Rovira I Virgili, Cataluña, España. ISBN: 978-84-690-7627-9 / DL: T.1383-2007.

Sullivan J. P. (2008). The use of photographs for portray urban ecosystems in six introductory environmental science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (9) 1003-1020, <https://doi.org/10.1002/tea.20253>

The use of photographs to portray urban ecosystems in six introductory environmental science textbooks

Tamayo Alzate, O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales. Recuperado de <http://www.tdcat.cesca.es>

Tamayo Alzate, O. y Sanmartí, N. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1 (1). Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx>

Tamayo Hurtado, M. y González García, F. (2003). Algunas dificultades en la enseñanza de la histología animal. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>

Tamir, P. (2005). Conocimiento profesional y personal de los profesores y de los formadores de profesores. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2) 1-10.

Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. 234 pp. Madrid, España: Narcea S.A. de Ediciones.

Taylor, S. y Bogdan, R. (2000). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. 3º edición. México: Editorial Paidós.

Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: ECOE Ediciones.

Torres Merchán, N. y Rojas Niño, M. (2017). La enseñanza de especies no carismáticas invertebradas en el contexto de la escuela nueva: un análisis desde los libros de texto.

Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza, 10 (19), 85-100. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia>

Torres Ramírez, L. O. (2018). *Unidad Didáctica del concepto de las Leyes de Mendel para el fortalecimiento de la argumentación*. Universidad de Medellín. Facultad de Ciencias Sociales. Maestría en Educación con énfasis en Ciencias Naturales. Medellín, Colombia.

Tosi, C. (2011). El texto escolar como objeto de análisis. Un recorrido a través de los estudios ideológicos, didácticos, editoriales y lingüísticos. *Revista Lenguaje*, 39, 469-500.

Unamuno Adarraga, M. (1997). Problemas conceptuales del vocabulario biológico. Su posible solución. *Didáctica*, 9, 311-328. Servicio de Publicaciones UCM. Madrid.

UNESCO, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2018). *El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2018*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Altuna Impresores S.R.L. Recuperado de http://www.ricyt.org/files/edlc_2018.pdf

Vaillant, D.; Marcelo, C. 2001. *Las tareas del formador*. Malaga: Ediciones Aljibe.

Valbuena Ussa, E. O. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Tesis Doctoral. ISBN: 978-84-669-3101-4. Facultad de Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid.

Valbuena Ussa E. O.; Gutiérrez, A. M.; Amórtegui, E.; Correa, M; Ruiz, D. (2010). Actividades de integración en la construcción del conocimiento profesional del profesor. Un aporte a la Formación Inicial de profesores de Biología. *II Congreso Internacional de Didáctiques*. Francia.

Valbuena Ussa, E. O.; Gutiérrez Pérez, A. M.; Correa Sánchez, M. A.; Amórtegui Cedeño, E.. (2009). Procesos formativos que favorecen la construcción del conocimiento profesional del profesor en futuros docentes de Biología. *Revista Colombiana de*

Educación, 56, 156-179. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia.
Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413635250008>

Valeiras, N. y Meinardi, E. (2007). La enseñanza de la biología, las reformas educativas y la realidad del profesorado en Argentina. *Alambique*, 13 (51), 58-65.

Valeiras, N. y Rassetto, M.J. (2014). Una Perspectiva en los Avances y la Consolidación de la Enseñanza de la Biología en Argentina. *RevIU*, 2 (2), 1-12. Recuperado de <https://ojs.unila.edu.br/ojs/index.php/IMEA-UNILA>

Vargas Beal, X. (2010). *¿Cómo hacer investigación cualitativa? Una guía práctica para saber que es la investigación en general y como hacerla (con énfasis en las etapas de la investigación cualitativa)*. Unidad Académica de Contexto. Academia para el estudio de la interpretación y significación del hábitat. Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano. ITESO.

Vasconcelos, S. D., y Souto, E. (2003). O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, 9, 93-104.

Vecchi, D., y Hernández, I. (2015). Epigénesis y preformacionismo: radiografía de una antinomia inconclusa. *Scientiae Studia*, 13 (3), 577-597.

Velásquez Sequeira E. A. (2016). *Estrategias para la enseñanza de la Genética con estudiantes del tercer año de magisterio de la Escuela Normal Regional “Gregorio Aguilar Barea” del municipio de Juigalpa, Departamento de Chontales, durante el I semestre del año lectivo 2016*. Tesis de Maestría Formación de Formadores de Docentes. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales. Nicaragua.

Venegas, M. (2012). Sociología y formación del profesorado: aportaciones y balance en el nuevo paradigma universitario. *Educatio Siglo XXI*, 30 (2), 403-422.

Vercellino, S (2014). La “relación con el saber”: revisitando los comienzos del concepto. *Revista Pilquen, Sección Psicopedagogía*. XVI, 11.

-
- Vercellino, S. (2015). Revisión bibliográfica sobre la 'relación con el saber'. Desplazamientos teóricos y posibilidades para el análisis psicopedagógico de los aprendizajes escolares. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, 19 (2), 53-82.
- Vidiella, A. Z., y Belmonte, L. A. (2007). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Volumen 3. España: Graó.
- Vigotsky, L.S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological process*. Trad. cast. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (1979). Barcelona: Crítica.
- Vilches, A. y Furió, C. (1999). Ciencia Tecnología y Sociedad: sus implicaciones en la educación científica del siglo XXI. La Habana: Academia. *I Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias, OEI*. La Habana, Cuba. Recuperado de <http://www.campusoei.org/cts/ctseduacion.htm>
- Vilches, A., Solbes, J. y Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? Departament de Didàctica de les Ciències. Universitat de València. *Alambique*, 41, 89-98. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/39210163_Alfabetizacion_cientifica_para_todos_contra_ciencia_para_futuros_cientificos
- Villalobos Claveria, A. y Hermosilla, Y. M. (2016). La educación superior universitaria, un campo de estudio y tensiones epistemológicas del docente en Chile. CIAIQ. *Atas InvestigaçãO Qualitativa em EducaçãO*, 1.
- Villamil Mendoza, L. E. (2008). La noción de obstáculo epistemológico en Gastón Bachelard. *Espéculo. Revista de estudios literarios*. Universidad Complutense de Madrid, España. Recuperado de <http://www.ucm.es/info/especulo/numero38/obstepis.html>
- Villee, C.; Solomon, E.; Martin, Ch.; Martin, D.; Berg, L. y Davis, P. (1992). *Biología*. 1404 pp. España: Editorial Panamericana.

-
- Villela A. Torrens, E. y Barahona, A. (2018). El tema de la evolución biológica en los libros de texto de la escuela socialista en México (1930-1940). *Metatheoria*, 8 (2) 169-180. ISSN 1853-2322.
- Vizcaíno A. D. F. (2016). Uso del libro escolar o libro de texto en la enseñanza de ciencias. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11 (2), 152-155. E-ISSN: 2346-4712. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>
- Wimsatt, W. (2007). La geometría analítica de la genética: estructura, función y evolución temprana de los cuadros de Punnett. En: E. Suárez (comp.). *Variedad infinita: ciencia y representación. Un enfoque histórico y filosófico*, 215-260. México: Limusa-UNAM.
- Wood Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y Formación Científica: Resultados de un Proyecto de Investigación y sus Implicaciones sobre los Programas Escolares y la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 43-61.
- Zabalza, M. (2002). *La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas*. Madrid, España: Narcea.
- Zuev, D. (1988). *El libro de texto escolar*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Zuleta Araujo, O. (2005). La pedagogía de la pregunta: Una contribución para el aprendizaje. La Revista Venezolana de Educación (Educere), vol.9, N°28 <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102005000100022&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1316-4910.
- Zysman, A. y Paulozzo, M. 2006. *Diseño Curricular para la Educación Secundaria: 1° año ESB*. 240 pp. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- Zysman, A. y Paulozzo, M. 2007. *Diseño Curricular para la Educación Secundaria: 2° año ESB*. 400 pp. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

ANEXO I.

Tesis Doctoral en Ciencias de la Educación

Conceptos centrales del campo de la Genética. Los saberes de los futuros profesores en Ciencias Biológicas y su abordaje en los textos destinados a la Enseñanza Superior

Datos del encuestado

Fecha:

Año que cursa:

Edad:

¿Cursó y aprobó Biología General?

¿Cursó y aprobó Genética?

CUESTIONARIO

Los ítems que integran este instrumento se refieren a algunos contenidos biológicos importantes y su enseñanza. El análisis de tus respuestas nos permitirá proponer mejoras en la enseñanza de esos temas. Verás que de diferentes maneras te sugerimos la extensión de la respuesta: esto facilitará el análisis de los datos que obtengamos. Muchas gracias por tu tiempo y participación.

1. El concepto gameto es básico para la comprensión de otros conceptos de mayor complejidad. Si tuvieras que explicar a tus alumnos que es un gameto:

a) ¿Qué les dirías?

.....
.....
.....

b) ¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?

.....
.....
.....

c) ¿Cómo les explicarías el modo en que se forman los gametos?

.....

d) Dibuja un gameto masculino y uno femenino:

.....

2. Habiendo terminado de explicar la Meiosis, quieres comprobar si los alumnos han comprendido ciertos puntos clave del proceso. Les presentas el problema de una especie hipotética en cuyas células somáticas hay 3 pares de cromosomas, indicándoles que respondan las siguientes preguntas:

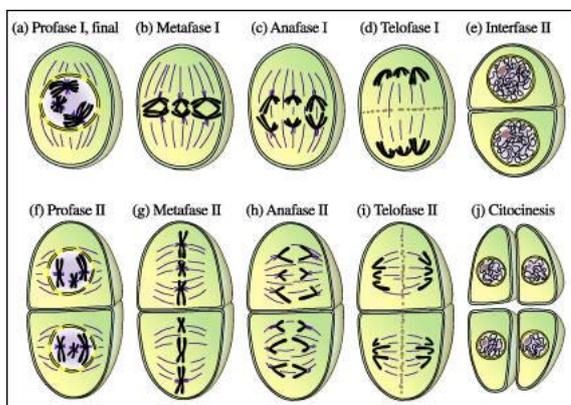
- a- ¿Cuántos cromosomas tendrán los gametos?
- b- Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?
- c- ¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?

¿Cuáles serían, a tu criterio, las mejores respuestas que podrían dar los alumnos a estas preguntas?

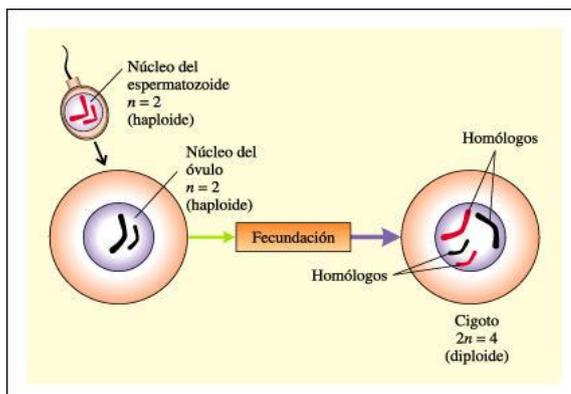
a-	
b-	
c-	

3. Siguiendo la secuencia didáctica, ahora te parece necesario clarificar la relación existente entre información genética, meiosis y gametos. Para hacerlo solicitas consejo a dos colegas experimentados.

- Uno de ellos te dice que para lograrlo utiliza el siguiente esquema:



- El otro, en cambio, te responde que emplea el esquema que sigue:



¿Estás de acuerdo con la estrategia de alguno de tus colegas?

.....

¿Porque?

.....

¿Cómo presentarías el tema para clarificar la relación mencionada?

.....

4. Un profesor realiza la siguiente representación en la pizarra:

	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

Para asegurarse de que sus alumnos comprendan dicha representación, ¿qué debería decirles el profesor acerca de lo que representan “B” y “b”?

.....

Si quisiera representar el significado de “B” y “b” colocando estas letras en un esquema de los correspondientes cromosomas:

¿Qué dibujo debería hacer?

¿Qué les diría que representa, por ejemplo, “Bb”?

.....

¿Cómo representaría “Bb” en los cromosomas?

5. Lo que sigue es una lista de caracteres entre los que podrías elegir para basar tus explicaciones sobre las leyes de Mendel. Marca con una cruz los que utilizarías y fundamenta tu elección.

CARACTERES	
El color de las alas de una mariposa	
Grupos sanguíneos en el hombre	
El sexo en los mamíferos	
El color de ojos en las moscas	
El tamaño del fruto en una planta de zapallo calabaza	
La producción de toxinas en un hongo venenoso	
Una mutación que afecta exclusivamente a las células de la piel de una persona	
Una enfermedad hereditaria en el hombre	
El tipo de pelo en el hombre	
Utilizaría otras características (en este caso indicar cual o cuales)	

Justificación:

.....

7. – Para trabajar con cruzamientos, el profesor titular del Curso en el que vas a hacer una suplencia te da dos opciones. Una de ellas es utilizar el siguiente problema como ejemplo:

En aves de corral, el alelo para cresta "en guisante", "G", es dominante completo sobre el alelo para "cresta sencilla", "g". Realiza la siguiente cruce: un ave homocigota de cresta sencilla con otra homocigota de cresta en guisante. Luego:

- *Indica las proporciones genotípicas y fenotípicas en la descendencia (F1).*
- *Si se cruzan dos individuos de la F1, ¿Cuál será el genotipo y el fenotipo de la F2?*

La otra opción es trabajar con el problema que sigue:

Mariano es un hombre de ojos oscuros y tiene una hermana de ojos claros y un hermano de ojos oscuros. Sara es una mujer de ojos claros que tiene un hermano de ojos oscuros. Considerando lo anterior responde los siguientes puntos:

- *¿Qué color de ojos pueden tener los padres de Sara?*
- *¿Cuál puede ser el color de ojos de los padres de Mariano?*

-
- *¿Cuál es el carácter dominante?*
 - *¿Cómo podrían ser los descendientes del matrimonio entre Mariano y Sara?*

¿Por cuál de los problemas optarías?

.....

¿Por qué?

8. – Resuelve los problemas del punto anterior.

¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos? Si fue así ¿a qué crees que se deben dichas dificultades?

ANEXO II.

Tesis Doctoral en Ciencias de la Educación

Conceptos centrales del campo de la Genética. Los saberes de los futuros profesores en Ciencias Biológicas y su abordaje en los textos destinados a la Enseñanza Superior

Datos de la obra

Título:

Autor:

Año de Edición:

Referencia bibliográfica:

Instrumento para análisis libros de Texto

Los ítems que integran este instrumento se refieren a algunos contenidos biológicos importantes y su abordaje en la bibliografía. El análisis de los textos permitirá proponer mejoras en la enseñanza de esos temas. De diferentes maneras se rastrea información de interés para este estudio

Protocolo utilizado para el análisis de los textos

Representaciones textuales. Gameto

Concepto de gameto

1. ¿Se ofrece en del texto una definición de gameto?

- SI (Explícita/Implícita)
- NO

2. ¿Cuáles son las características de esta definición?

- Única
- Disgregada.

3. ¿Cuáles son las dimensiones que abarca la definición?

- Gameto/ Célula sexual/ Célula reproductora/con información genética de los progenitores/Tipos especiales de células.
- Celula con la mitad del N° cromosómico de la especie/ Célula haploide o n, que resulta de la meiosis, gametogénesis.
- Célula que aporta diversidad genética como ventaja evolutiva.

4. ¿En que contexto se presenta?

- En un tema o unidad.
- En varios temas o unidades.
- En el Glosario de la obra.

Función de los gametos

1. ¿Se hace referencia explícita/implícita a las funciones de los gametos?

-
- SI (describir)
 - NO

2. ¿Se asocia el término a sus diversas funciones?

SI (describir)

NO

3. ¿Se describen procesos vinculantes entre meiosis-gametogénesis-gameto y principios de genética?

SI (¿cómo?)

NO

Origen de los gametos

c. 1. ¿Relaciona a la meiosis/gametogénesis con la formación de los gametos?

SI (disgregado/concretamente)

NO

Representaciones no textuales. Imágenes. Gameto

1. ¿Se presentan imágenes en forma de dibujos, fotografías que representan a los gametos?

Si/NO

2. ¿Cuáles son sus características? (¿tienen detalles/referencias/diferencias de tamaño?)

- Imagen con detalles y referencias:

A. Células de distinto tamaño.

B. Células de igual tamaño.

C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto.

- Imagen sin detalles ni referencias:

A. Células de igual tamaño.

B. Células de distinto tamaño.

C. No se identifica por presentarse solo un tipo de gameto.

3. ¿A qué especies o grupos remiten o vinculan? (al hombre, a los mamíferos, a otras especies).

Representaciones textuales. Meiosis

j. ¿Se define el término? Si (describir)/No

k. ¿Se mencionan las características de las células resultantes de la meiosis? Si/No

l. ¿Se señala que son gametos? Si (describir)/No

m. ¿Se indica que poseen la mitad del N° cromosómico de la célula madre (Si, describir/No)?

n. ¿Se dan ejemplos? (Si, describir/No)

-
- o. ¿Se expresa que las células hijas tienen características diferentes a la célula original? (Si, describir/No)
 - p. ¿Se insiste en los conceptos centrales del proceso?
 - q. (Si, describir/No)
 - r. ¿Se la referencia en el índice de la obra? (Si, describir/No)

Representaciones no textuales. Imágenes de meiosis.

- e. ¿Cuáles son las características de las imágenes utilizadas en el texto y en qué orden son presentadas de acuerdo a su complejidad? (Adecuada/Creciente, inadecuada).
- f. ¿Cuál es su relación con el texto escrito? (adecuada, inadecuada, ausente)
- g. ¿Se recurre a las imágenes para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos? Si (describir)/No
- h. ¿Se establecen relaciones entre estas temáticas mediante el uso de imágenes? Si (describir)/No

Representaciones no textuales. Símbología y cruzamientos genéticos/problemas

Simbología

- d. ¿Cuáles son las características de los símbolos y otras representaciones no textuales utilizadas en el texto? ¿Y su relación con las representaciones textuales?
- e. ¿Se identifica en ellos, o ejemplifican claramente las vinculaciones entre meiosis, formación de gametos, segregación de caracteres y distribución independiente de los alelos? Si (describir)/No
- f. ¿Se establecen relaciones con las mismas que sienten las bases para interpretar las leyes de la herencia? Si (describir)/No

Cruzamientos genéticos/problemas

Para este núcleo el protocolo contempló:

- a. ¿Cuáles son las características, rasgos o caracteres utilizados en el texto para ejemplificar cruzamientos genéticos?
- b. ¿Se presentan a modo de ejemplos, desarrollos de resolución de problemas de diferente tipo?
- c. ¿Cuáles son las modalidades de problema utilizados? (problemas cerrados, problemas abiertos) ¿En qué parte del capítulo se presentan? ¿Qué características sobresalen en ellos?
