

## **Representaciones sobre el concepto de "gameta" en futuros profesores de Biología. El papel de los libros de texto** **Representations of the Concept of "Gamete" by future Biology Teachers. The Function of Textbooks**

*Teresa Legarralde<sup>1</sup>, Silvia Gallarreta<sup>2</sup>, Alfredo Vilches<sup>1</sup> y Florencia Menconi<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP. [teresalegarralde@yahoo.com](mailto:teresalegarralde@yahoo.com)*

*<sup>2</sup>Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. UNICEN.*

*Recibido 31/07/2013 – Aceptado 11/02/2014*

### **Resumen**

En este trabajo se exploran las representaciones sobre el concepto de "gameta" en estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas y se contrastan sus producciones con el abordaje del tema en la literatura de uso más frecuente en la Enseñanza Superior. Se encontró que las representaciones de los alumnos son desarticuladas y fragmentarias, en coincidencia con el tratamiento dado en los libros de texto consultados, cuyo análisis reveló que los mismos pueden ser fuentes de dificultades para la concreción de aprendizajes adecuados.

**Palabras clave:** gameta, representaciones, estudiantes, libros de texto.

### **Abstract**

This paper explores the representations of the concept of "gamete" by students of Biology Teachers, and their productions are contrasted with the approach to the subject found in the most frequently textbooks used at High Education. It turned out that the students' representations are disjointed and fragmented, in agreement with the textbooks consulted - which analysis revealed that they can be sources of difficulties to achieve the right learning.

**Keywords:** Gamete, Representation, Students, Textbooks.

### **Introducción**

Los procesos biológicos relacionados con la reproducción y 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 (Gallarreta, 2001; Grande *et al*, 2008; Grande *et al*, 2009; Legarralde, 2011; Legarralde *et al*, 2012; Lewis y Wood Robinson, 2000; Pashley, 1994 a y b). Una de ellas es la comprensión integral del

significado del término "gameta", el cual involucra o requiere la relación con otros contenidos, como reproducción sexual, meiosis y expresión de la información genética. Por otra parte, diversos autores (García Cruz, 1990; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Martínez García, 2003; Legarralde, 2011, entre otros) han reseñado que el tratamiento que se da en los libros de texto a determinados temas podría interferir en el logro de aprendizajes adecuados. En este estudio, el interés se asocia a uno de los conceptos más fructíferos de la didáctica, atendiendo a lo que el alumno ya sabe desde una perspectiva cognitiva, "las representaciones", cuyo significado depende del marco teórico sobre el que se base (Otero, 1999). En términos de Pesa *et al* (2002:58), 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". Cuando los individuos entran en interacción con determinados fenómenos o con objetos, realizan una construcción de los mismos; esta es una representación que reúne las principales características y atributos de dichos objetos o fenómenos. Esta representación puede ser utilizada para referirse a ellos sin necesidad de su presencia física (Moreira y Greca, 2004). En este contexto resulta de interés focalizar la atención sobre las representaciones del concepto de "gameta" en futuros profesores de Biología, entendiendo que, a través de su análisis, pueden ponerse en evidencia algunas de las dificultades antes referidas. Además, el cotejo de las mismas con el abordaje de este contenido en la bibliografía específica permitiría comprender, en parte, el origen de estas dificultades. Por lo expuesto, los objetivos del presente trabajo fueron explorar el tipo de representaciones sobre el concepto de "gameta" que han construido a lo largo de su formación los estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas y 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.

### **Metodología**

La población de estudio incluyó a estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas de tres centros educativos de nivel superior de la provincia de Buenos Aires, correspondientes a la Universidad Nacional de la Plata (UNLP) y dos Institutos Superiores de Formación Docente de las ciudades de Tandil y La Plata. Para recabar los datos se recurrió a dos instrumentos, un cuestionario o prueba de lápiz y papel y un protocolo para el análisis de textos. Las fuentes utilizadas como base para la elaboración de estos instrumentos fueron varias: cuestionarios y protocolos de análisis de textos reportados en la literatura; la asesoría de expertos e investigadores en enseñanza de las ciencias; la propia experiencia en el aula y el intercambio con colegas. El cuestionario se suministró a 65 estudiantes, los cuales se agruparon en dos niveles: a) alumnos noveles (Alumnos que cursan 1º y 2º año de la carrera, n =30); b) alumnos avanzados (estudiantes que cursan 4º y 5º año de la carrera, n =35). El objetivo del cuestionario utilizado (Tabla 1) fue obtener información relativa al uso de expresiones, imágenes y terminología específica para definir el concepto de "gameta", su origen, funciones y esquematización. Las producciones de los estudiantes fueron codificadas y categorizadas, buscando patrones generales de respuesta en base a las que se establecieron en las categorías. Es decir, los estudiantes encuestados no adhirieron voluntariamente a ellas, sino que son los investigadores quienes clasificaron

las respuestas dentro de la categoría correspondiente. Para contrastar las manifestaciones de los alumnos se consideraron repuestas de referencia (Anexo I), que se construyeron sobre la base de consultas a expertos e investigadores y distintas fuentes bibliográficas (Audersik y Audersik, 1996; Campbell, y Reece, 2007; Curtis *et al*, 2008; Hickman *et al*, 2002; Sadava *et al*, 2009; Villet *et al*, 1992). Las respuestas fueron analizadas por grupos (noveles y avanzados) y se expresaron como frecuencias porcentuales de cada una de las categorías. Como resultado del proceso de categorización, para los puntos a, b y c del cuestionario se definieron 4 categorías (Anexo II), lo mismo que para el punto d; en este último hubo subcategorizaciones, resultando siete niveles para el análisis de los resultados de este punto (Anexo II).

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

a) Si tuvieras que explicar a tus alumnos qué es una gameta: ¿Qué les dirías?

b) ¿Y si tuvieras que explicar cuál es su función?

c) ¿Cómo les explicarías el modo en que se forman las gametas?

d) Dibuja una gameta masculina y una femenina.

**Tabla 1.** Cuestionario utilizado para la recolección de información.

Los criterios de selección de la muestra de textos fueron diversos. En primer lugar, se decidió partir de la revisión de planes de estudio y bibliografía recomendada en los programas de Biología o asignaturas afines del Profesorado en Ciencias Biológicas, con el objeto de definir aquellos que constituirían la muestra. Se definió escoger textos de Biología General dado que no se contempla, en el presente estudio, el análisis de textos específicos de Genética, aunque podría extenderse a ellos en futuras investigaciones. Para definir la muestra de textos, se recurrió también a los aportes de los docentes del área y la misma quedó conformada por las obras que, de modo intencional, fueron las mismas utilizadas para construir las preguntas de referencia, por ser de uso habitual en las aulas de enseñanza superior. Se confeccionó un guión con preguntas orientadoras que se incluyeron en una ficha o protocolo (Anexo III) para el análisis de textos en la que se consideraron aspectos relativos al tratamiento que se da en los mismos al tema objeto de estudio.

## Resultados y discusión

Para el análisis de la primera consigna del cuestionario sobre la definición o concepto de "gameta" (Figura 1 A) se esperaba que las respuestas atendieran a diversos aspectos considerados en la respuesta de referencia (Anexo I). La categoría de respuesta más simple (Respuesta Muy Incompleta), se encontró en los dos niveles encuestados, con mayores porcentajes en estudiantes noveles (57%) y menores en los alumnos avanzados en la carrera (31%). En esta categoría se incluyen alumnos que definen a las gametas considerando sólo un aspecto de los citados en la respuesta de referencia: la señalan como una célula reproductora o sexual (óvulo y espermatozoide o gametas femeninas y masculinas) cuya unión genera un cigoto y origina un nuevo individuo. La segunda categoría (Respuesta Incompleta), con un nivel intermedio respecto a complejidad en la respuesta, es citada por un bajo porcentaje de estudiantes de ambos niveles (7% noveles y 9% alumnos avanzados), quienes indican que se trata de una célula sexual, pero aluden

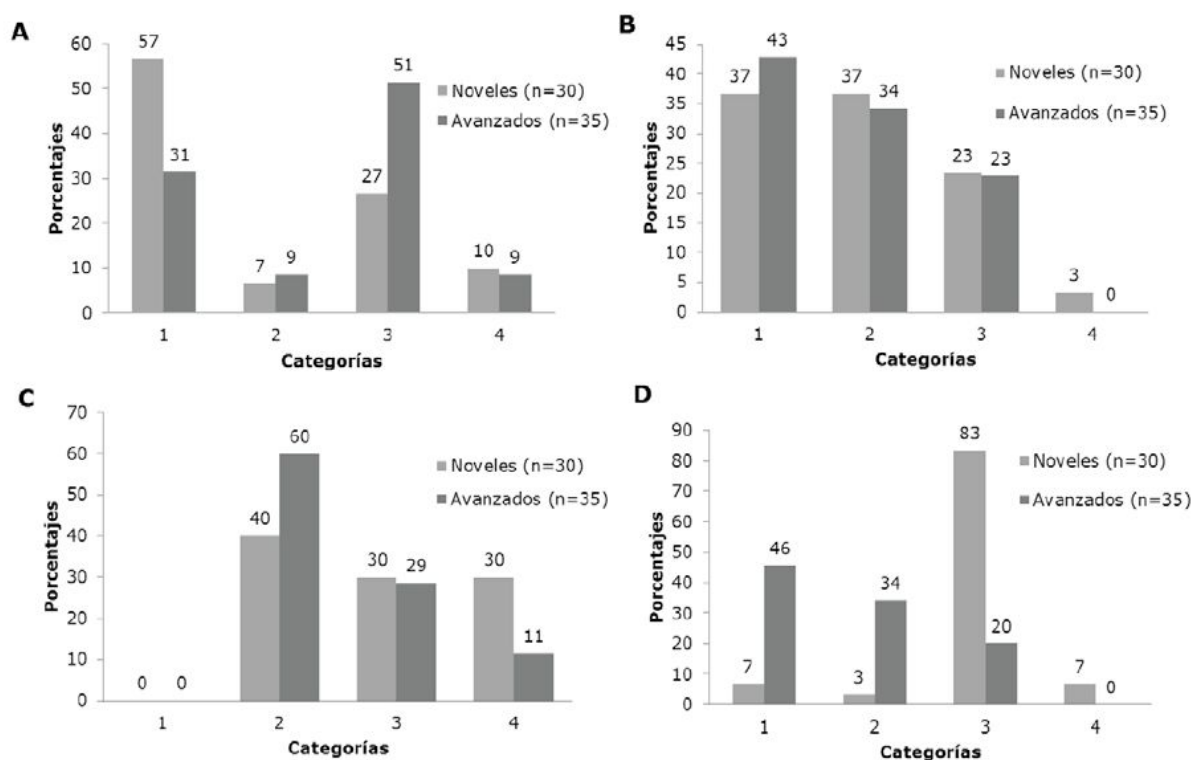
además a su importancia respecto a la información genética que contienen. Un grado más complejo de respuesta, está presente en la categoría 3 (Respuesta Completa), la cual es referida por alumnos de los dos niveles (27% de los estudiantes noveles y 51% de los alumnos avanzados). En las respuestas que emiten se refieren a las gametas como "*una célula sexual con la mitad de cromosomas de la especie*", "*células que al unirse mantienen el N° cromosómico de la especie*", "*célula que posee N° cromosómico n o haploide*". La Categoría 4 (No Responde) se presentó con un porcentaje bajo en ambos grupos (10% en noveles y 9% en estudiantes avanzados). Para este primer punto del cuestionario se esperaba, especialmente en alumnos próximos a egresar, una conceptualización del término "gameta" integral y compleja; la explicitación de conceptos de mayor complejidad acordes al año de la carrera por el que transitara el alumno, mostraría las posibles relaciones entre conceptos. Si bien la mitad de los estudiantes avanzados ofrecen respuestas de tipo integrales, en las que se involucran diversos conceptos que atienden a la complejidad del contenido, el resto lo aborda en forma simple, citando solo uno o algunos aspectos, o no responde. Si se consideran los textos de Biología de referencia, en ellos se encuentran diversas definiciones de "gameta" con características fragmentarias similares a las emitidas por los estudiantes, por ejemplo, Campbell y Reece (2007), en la página 219, introducen el concepto de "gameta" al referirse al ciclo celular, y la definen 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". Luego en la página 241, se refieren a las mismas como células haploides o  $n$ , dando el ejemplo de  $n = 23$  en los seres humanos. En la página 246, se presenta una figura donde se comparan los procesos de mitosis y meiosis y se hace referencia a la meiosis como división celular productora de gametos, reductora del número de cromosomas a la mitad y responsable de la variación genética entre los gametos. Finalmente, en la página 248 se citan las posibles combinaciones de cromosomas maternos y paternos en los gametos resultantes. Un aspecto que se esperaba que los alumnos consideraran en sus respuestas -la diversidad genética como ventaja evolutiva que resulta de la recombinación, la segregación independiente de los cromosomas y de la reproducción sexual- no se puso de manifiesto ni apareció contemplado en las definiciones en ninguno de los niveles encuestados; esto sugiere una escasa evolución del concepto, considerando además, que los alumnos avanzados cursan la asignatura Genética en tercero o cuarto año, según si la carrera se cursa en el ámbito no universitario o universitario. En función de lo expuesto, es preciso enfatizar que la comprensión del término involucra la relación con otros conceptos de importancia, tales como alelo, gen, cromosomas y cromátides, y que estas dificultades detectadas han sido reportadas anteriormente en la literatura específica para el nivel medio (Pashley, 1994 a y b; Lewis y Wood Robinson, 2000) y superior de la educación (Gallarreta, 2001; Grande *et al*, 2008; Grande *et al*, 2009; Legarralde, 2011). En las mismas se destaca también el carácter incompleto o fragmentario de las conceptualizaciones de los estudiantes. El análisis de los textos sugiere que estos podrían contribuir a esta situación, lo que ha sido referido por diversos autores (García Cruz, 1990; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Martínez García, 2003; Legarralde, 2011). 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 relación con el punto b del cuestionario (Figura 1 B) (función de las gametas), se esperaban respuestas de naturaleza integral asociadas con lo formulado en la respuesta de referencia (Anexo I). Las expresiones de los estudiantes de ambos niveles los ubican en las dos primeras categorías (1. Respuestas Muy Incompletas –RMI- y 2. Respuestas Incompletas –RI-). Son variadas las expresiones a las que recurren los alumnos y que los sitúan en la categoría 1 (RMI, 37% noveles y 43% alumnos avanzados): "*Unirse en la fecundación y originar una cigota o un nuevo individuo*", "*Reproducción*", "*Reproducción sexual de ciertos organismos*". Ocurre algo similar con la categoría 2 (RI, 37% noveles y 34% estudiantes avanzados): "*Transmitir información genética*", "*Formar un nuevo individuo y variabilidad genética*", "*Determinar el sexo del organismo*". La categoría 3 (Respuesta Completa), que es de nivel más complejo, se presenta con expresiones similares y en porcentajes bajos, en alumnos noveles y avanzados (23,3% y 22,9% respectivamente). Las expresiones del alumnado en este sentido se refieren a mantener el número diploide, perpetuar la especie y continuidad de la vida. La Categoría 4 (No Responde) no está presente en alumnos avanzados y es muy baja en alumnos noveles (3%). Sobre esta base, surgen semejanzas con el ítem anterior respecto a la forma parcializada en que se consideran las funciones de las gametas tanto en los primeros como en últimos años de la carrera; son respuestas que reducen la función de las gametas a uno o dos aspectos, no contemplándolas de modo integral, lo que indicaría que los aprendizajes logrados no han progresado en este sentido, particularmente en estudiantes cercanos a obtener el título de Profesor. Resultados similares fueron obtenidos por Gallarreta (2001), quien advierte que en el tránsito por los estudios superiores, los estudiantes no logran revertir la construcción conceptual pobre y fragmentaria detectada en la población estudiantil estudiada. En opinión de los autores de este artículo, no se logra revertir incluso luego de cursar otras asignaturas afines y específicas como Genética. Si tomamos como referencia los textos revisados, encontramos que refieren las funciones de las gametas a ser "*los vehículos que transmiten genes de una generación a otra*" (Campbell y Reece, 2007, pp. 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 ellos no se observa un abordaje integral en torno a las variadas funciones de las gametas; se remite a una o dos de las categorías mencionadas, en coincidencia con las respuestas emitidas por los estudiantes.

En cuanto al punto c del cuestionario (Figura 1 C) "*¿Cómo les explicarías el modo en que se forman las gametas?*", se aguardaban respuestas vinculadas a lo señalado en la respuesta de referencia (Anexo I). Se destacan las frecuencias correspondientes a la categoría de respuestas incompletas (RI), la que alcanza 40% en los alumnos noveles y 60% en los estudiantes avanzados, que focalizan el origen de las gametas en la gametogénesis y en el proceso meiótico. Las respuestas incompletas se esperaban en alumnos de los primeros años, sin embargo también se manifiestan, con porcentajes altos, en estudiantes de los últimos años de la carrera. Se advierte nuevamente la existencia de conceptos fragmentarios, no considerados en su totalidad. Son menos abundantes las respuestas completas (RC; noveles 30% y avanzados 29%) de nivel más complejo

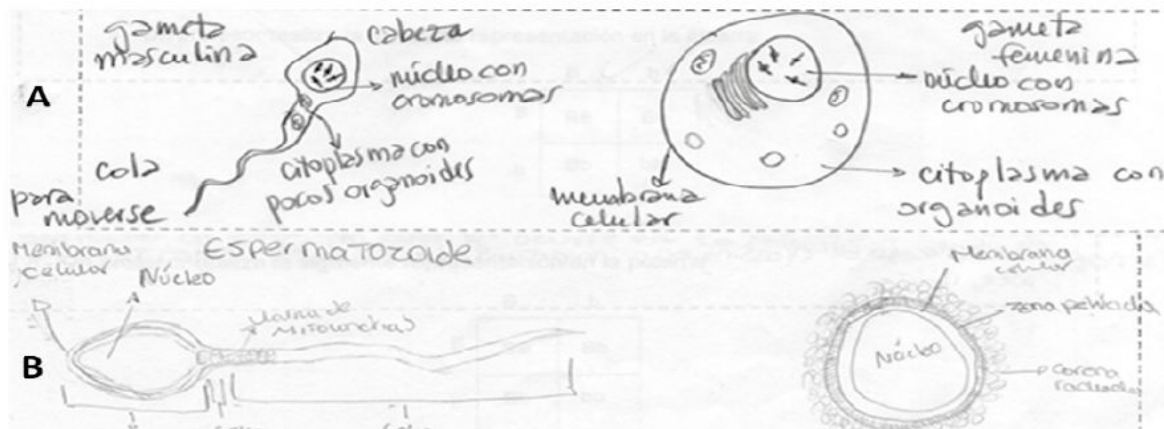
o integral que centran el origen de las gametas en la meiosis y la gametogénesis, pero incluyen además, el entrecruzamiento y la distribución al azar de los genes. La ausencia de respuestas (Categoría 4, NR) está presente en el 30% de los alumnos noveles, pero también se encuentra representada con un porcentaje bajo (11%) en el grupo avanzado. 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. Esto es coincidente con los resultados obtenidos en este estudio y con la opinión de otros autores.



**Figura 1.** Porcentajes de respuestas a los puntos A, B, C y D del cuestionario

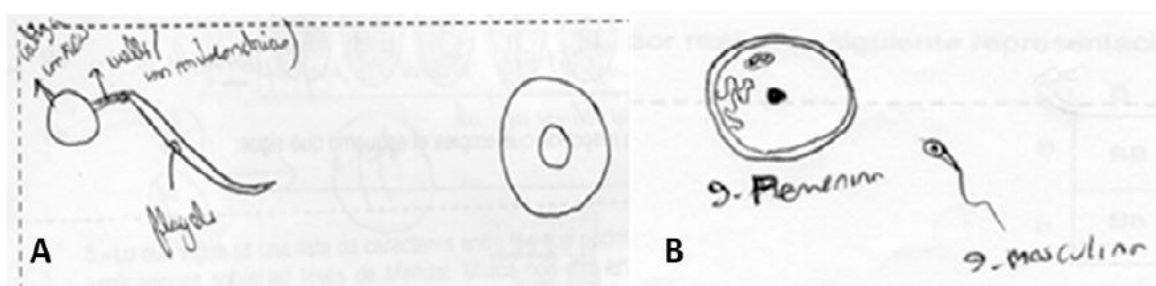
Finalmente, en el punto d, ante la solicitud de esquematizar una "gameta" masculina y una femenina (ver Anexo I, respuesta de referencia), se obtuvieron diversidad de diseños que generaron (como ya se citó en metodología) cuatro categorías, algunas con subcategorías, resultando siete niveles de interés para el análisis. En la categoría 1 (Figura 2), cerca de la mitad de los encuestados avanzados en la carrera (46%) (Figura 1 D), producen esquemas que presentan detalles y referencias; todos los dibujos son de gametos animales, anisogámicos y representan óvulos y espermatozoides. Aproximadamente la mitad (43,7%) de estos esquemas corresponden a células que presentan distinto tamaño (correcto), pero en el resto (56, 2%) no se evidencian diferencias de tamaño (incorrecto), atendiendo a que se trata de gametos anisogámicos, que se caracterizan por un óvulo o gameto femenino relativamente grande e inmóvil y un espermatozoide o gameto masculino

mucho más pequeño y móvil (Figura 2 A y B). Con un porcentaje mucho menor, en esta categoría encontramos estudiantes noveles (7%) (Figura 1 D) en los que los esquemas no presentan diferencias de tamaño.



**Figura 2.** Esquemas generados por los estudiantes para el ítem "Dibuja una 'gameta' masculina y una femenina, correspondientes a la categoría 1" (Esquema con detalles y referencias en ambas células). A) Esquema correspondiente a categoría 2A (Células de distinto tamaño) B) Esquema correspondiente a categoría 2B (Células de igual tamaño)

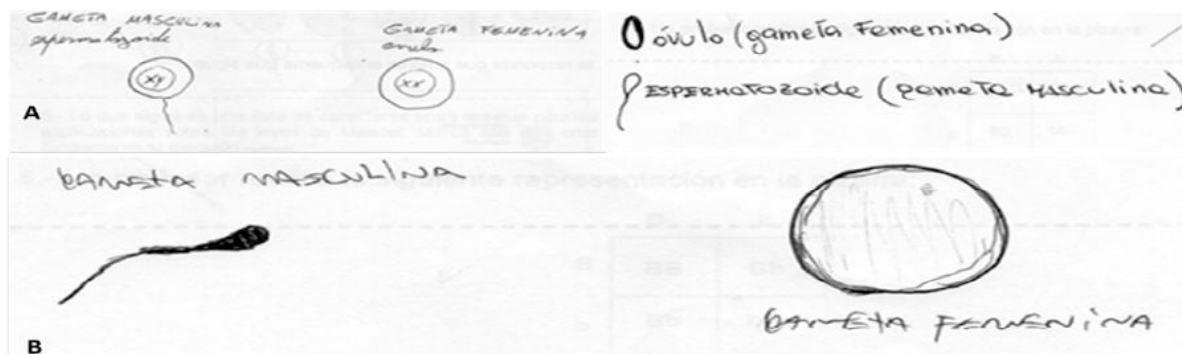
En los esquemas más logrados resulta llamativo que casi la mitad no muestran diferencias de tamaño entre el óvulo y el espermatozoide, siendo que en la mayoría de los casos se grafican este tipo de células sexuales. Sólo tres alumnos avanzados, manifiestan que la forma de las gametas puede variar según la especie, en tanto que un alumno novel indica que el esquema que realiza es de la especie humana; también dibuja otras células -una esférica y otra con dos flagelos- sin especificar los grupos a los que pertenecen. Un porcentaje de alumnos avanzados (34%) (Figura 1 D) produce esquemas que contienen referencias solo en una de las gametas dibujadas (Figura 3); de ellas, un poco más de la mitad (58,3%) son de dimensiones similares y el resto (41,6%) de distinto tamaño. Con porcentajes bajos (3%) (Figura 1 D), esta categoría también está representada en alumnos que transitan los primeros años de la carrera (Figura 3 A y B), quienes esquematizan células de igual tamaño.



**Figura 3.** Esquemas generados por los estudiantes para el ítem "Dibuja una 'gameta' masculina y una femenina, correspondientes a la categoría 2 (Esquema con detalles y/o referencias en una de las células)". A) Esquema correspondiente a categoría 3A (Células de igual tamaño). B) Esquema correspondiente a categoría 3B (Células de distinto tamaño).

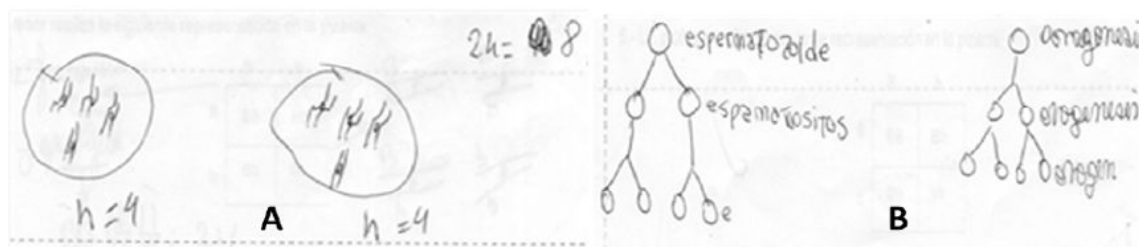
La tercer categoría (Figura 4) corresponde a esquemas donde no aparecen detalles

ni referencias, y en el caso de estar presentes, estos son mínimos (Figura 4 A y B); está representada con mayores porcentajes en los alumnos de los primeros años o noveles (83%) y menores (20%) en los últimos o avanzados (Figura 1 D). Respecto a las diferencias de tamaño, el total de alumnos avanzados que corresponden a esta categoría, producen esquemas de gametas de tamaño similar, característica que también se da en la mayoría (88%) de los esquemas generados por estudiantes noveles.



**Figura 4.** Esquemas generados por los estudiantes para el ítem "Dibuja una 'gameta' masculina y una femenina, correspondientes a la categoría 4 (Esquema sin detalles - o pocos- ni referencias)". A) Esquema correspondiente a la categoría 4 A (Células de igual tamaño). B) Esquema correspondiente a la categoría 4B (células de distinto tamaño).

En la Categoría 4 (Figura 5), un porcentaje bajo de alumnos noveles (7%) (Figura 1 D) generan esquemas con escaso nivel de concreción que representan células haploides o el proceso de gametogénesis, situación que no se presenta en estudiantes avanzados (Figura 5 A y B).



**Figura 5.** Esquemas generados por los estudiantes para el ítem "Dibuja una 'gameta' masculina y una femenina, correspondientes a la categoría 5". A) Esquema células haploides. B) Esquema proceso de gametogénesis.

Al analizar los textos analizados, nuevamente se observan similitudes con las producciones de los alumnos; en general, se presentan esquemas que representan a las gametas femeninas y masculinas propias de los animales (óvulo y espermatozoide), o que directamente remiten al hombre. Si bien aparecen esquemas de gametas de otros grupos, estos se presentan cuando se describe ese grupo en particular y no cuando se abordan las funciones de reproducción en general. Ante esta evidencia, cabe preguntarse si las ilustraciones se incluyeron considerándolas desde el punto de vista de su valor didáctico o si estas sólo cumplen un rol *decorativo* en el texto. Otro cuestionamiento relativo al uso de las imágenes es si las mismas 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 y Jiménez, 2002). En un trabajo realizado sobre libros de texto para el Nivel Secundario de la Educación Peláez *et al* (2010), refieren que el concepto de "gameta", 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 es la responsabilidad de las prácticas docentes en la transmisión de estas ideas fragmentarias y esquemas encasillados que se ponen en evidencia en este análisis. Así, resultan pertinentes las ideas de Jiménez Valladares y Perales Palacios (2001), cuando recomiendan que los docentes deben valorar objetivamente los materiales curriculares que se encuentran a su disposición.

### **Conclusiones preliminares**

Si bien el tema no se agota con este estudio, los resultados del mismo revelan la necesidad de un abordaje integral del concepto de "gameta", 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 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. 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 pobre y fragmentaria detectada en la población estudiantil analizada.

Sobre la base de lo expuesto, 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 bibliografía más específica, como los 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.

### Referencias Bibliográficas

- Audersik, T. y Audersik, G. 1996. *Biología. La vida en la Tierra*. Prentice Hall. 947 pp.
- 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.
- Campbell, N. y Reece, J. 2007. *Biología*. Editorial Panamericana. Madrid, España.
- Curtis, H.; Barnes, S.; Schnek, A. y Massarini, A. 2008. *Biología*. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España.
- Gallarreta, S. 2001. Concepciones postinstruccionales sobre ADN, cromosomas, genes y alelos de los estudiantes de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tesis inédita de Maestría.
- García Cruz, C.M. 1990. Algunos errores conceptuales sobre Genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2): 197-198.
- 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 realizadas del 9 al 11 de octubre del 2008 en 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. pp 525-529.
- Hickman, J.; Roberts, L. y Larson, A. 2002. *Principios Integrales de Zoología*. Mc Graw Hill. Interamericana, México.
- Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F.J. 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):114-129.
- 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 realizado del 2 al 5 de septiembre en Barcelona.
- Legarralde, T. 2011. Representaciones sobre Meiosis y Leyes de Mendel de estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. Tesis inédita de Maestría.
- Lewis, J. y Wood-Robinson, C. 2000. Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22 (2):

177 - 195.

- 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". Realizadas en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata del 26 al 28 de septiembre de 2012.
- Martínez García, M. 2003. Análisis del contenido de Genética en textos de Educación No Universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 17(1): 207-208.
- 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.
- Otero, R. 1999. Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (2), 93-119.
- Pashley, M. 1994a. A level students: their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*, 28 (2): 120-126.
- Pashley, M. 1994b. A chromosome model. *Journal of Biological Education*, 28 (3): 157-161.
- Peláez, C.; Rodríguez, J.M. y Ocelli, M. 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): 7-15
- Perales, F. y Jiménez, J. 2002. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3): 369-386
- 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.
- Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W. y Hillis, D. 2009. Vida. *La ciencia de la Biología*. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Villee, C.; Solomon, E.; Martin, Ch.; Martin, D.; Berg, L. y Davis, P. 1992. *Biología*. Ed. Panamericana. España.

## ANEXO I. RESPUESTAS DE REFERENCIA

**Respuesta de referencia al punto a del cuestionario (Concepto de "gameta").** La definición o concepto de "gameta" deseable debe atender a aspectos relacionados con la importancia de la misma respecto a:

- Tipo de célula de la que se trata (célula sexual, célula reproductora).
- Reducción en el número cromosómico para mantener la dotación cromosómica de la especie (célula haploide o  $n$ ).
- Su papel en la reproducción sexual (célula implicada o que desempeña un rol central en los ciclos de vida sexual).
- Diversidad genética como ventaja evolutiva (resulta de la recombinación, la segregación independiente de los cromosomas y de la reproducción sexual).

**Respuesta de referencia al punto b del cuestionario (Función de las "gametas").**

Las respuestas que se esperaban respecto a este ítem, eran de naturaleza integral, contemplando los siguientes aspectos:

- Producir descendencia y contribuir a la perdurabilidad de las especies en el tiempo
- Originar individuos diploides manteniendo el número cromosómico de la especie.
- Transmitir las características propias de la especie a la siguiente generación.
- Contribuir a la variación genética de la descendencia.

**Respuesta de referencia al punto c del cuestionario (Origen de las gametas).** En este ítem se esperaban respuestas que señalen el origen de las gametas en relación al proceso de gametogénesis, el cual involucra a la división celular meiótica; aquí era de esperar una referencia al entrecruzamiento entre cromosomas homólogos y la segregación independiente de los cromosomas.

**Respuesta de referencia al punto d del cuestionario (Esquema de las gametas).** Elaboración de esquemas con detalles y referencias en ambos tipos de células, y en el caso de generarse diseños de gametos anisogámicos, los mismos deberían mostrar las diferencias de tamaño propias de estos.

## **ANEXO II. SISTEMA DE CATEGORÍAS UTILIZADO.**

### **Códigos y definición de categorías utilizadas en los puntos a, b y c:**

1. Respuestas Muy Incompletas (RMI): Respuestas que aluden a un único aspecto de los citados en la respuesta de referencia.
2. Respuestas Incompletas (RI): Respuestas que aluden a dos aspectos de los citados en la respuesta de referencia.
3. Respuesta Completa (RC): Respuestas que aluden a la mayoría de los aspectos citados en la respuesta de referencia.
4. No responde, (NR).

### **Categorías asignadas al punto d:**

1. Esquema con detalles y referencias en ambas células:
  - A. Células de distinto tamaño.
  - B. Células de igual tamaño.
2. Esquema con detalles y/o referencias en una de las células:
  - A. Células de igual tamaño.
  - B. Células de distinto tamaño.
3. Esquema sin detalles (o pocos) ni referencias:
  - A. Células de igual tamaño.
  - B. Células de distinto tamaño.
4. Esquema poco concreto.

**ANEXO III. Ficha o protocolo utilizado para el análisis de los textos.**

<b>Aspectos analizados</b>	<b>Texto 1</b>	<b>Texto 2</b>	<b>Texto 3</b>	<b>Texto 4</b>	<b>Texto 5</b>	<b>Texto 6</b>
	Villé <i>et al.</i> (1992)	Audersik y Audersik (1996)	Hickman <i>et al.</i> (2002)	Campbell y Reece (2007)	Curtis <i>et al.</i> (2008)	Sadava <i>et al.</i> (2009)
1. ¿Se ofrece en el texto una definición de "gameta"? ¿Cuáles son las características de esta definición?						
2. ¿Se destaca la importancia biológica de la división meiótica en relación a la formación de las gametas? ¿Se atiende a su vínculo con la conservación del número cromosómico de cada especie?						
3. ¿Se hace referencia explícita a las funciones de las gametas? ¿Se considera su importancia como fuente de variabilidad?						

4. ¿Se sientan las bases para interpretar los fundamentos de las leyes de la herencia? ¿Se establecen relaciones con las mismas?						
5. ¿Se valora en algún pasaje del texto la relación existente entre la gametogénesis y las leyes de Mendel?						
6. ¿Qué características presentan los esquemas de las gametas? ¿Con qué especies se las vincula?						