



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Diseño de una propuesta pedagógica innovadora en el espacio de la formación práctica de las materias del Área Biotecnología de la carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular.

Dra. Yanina Andrea Lamberti

Directora: Mg. Stella Ramírez

Agradecimientos

A mi directora, Stella Ramirez, por haberme guiado en la redacción de este trabajo. Gracias por la predisposición y dedicación permanente.

Al equipo de tutorías, en especial a Glenda Morandi, por su enorme apoyo durante esta etapa.

A mis compañeras y compañeros docentes, por el labor diario, el trabajo en equipo y las ganas y empuje que le ponen a la tarea docente.

A mi familia, por estar, siempre.

Nota aclaratoria: El lenguaje se está transformando en relación con la perspectiva inclusiva del mismo. La opción por un lenguaje inclusivo de género, además de tener fundamentos lingüísticos, tiene objetivos sociales como el de democratizar el lenguaje y dar visibilidad social a las diferentes identidades de género, trabajando de cara a una sociedad más igualitaria y justa. Si bien por razones de estilo desarrollaré este trabajo en el modo tradicional (el masculino como género universal) estoy pensando en los, las y les estudiantes y docentes a lo largo de todo el escrito.

Índice

Resumen	2
1. Contextualización y fundamentación del tema y modalidad de TFI desarrollado.....	3
<i>La asignatura Ingeniería metabólica: una reflexión situada acerca de las problemáticas identificadas en el desarrollo de su propuesta pedagógica.....</i>	<i>4</i>
<i>Antecedentes en la búsqueda de innovaciones y nuevos desafíos</i>	<i>8</i>
<i>Nuevos desafíos para la enseñanza en el área de Biotecnología.....</i>	<i>11</i>
2. Objetivos	13
3. Perspectivas teóricas	14
4. Caracterización de la propuesta innovadora desarrollada	24
<i>Fundamentación teórico-metodológica de la propuesta diseñada. El aporte de las propuestas de “Aprendizaje Basado en Proyectos”</i>	<i>24</i>
<i>Principios o criterios que sustentan las líneas de acción</i>	<i>27</i>
<i>Fases propuestas para el desarrollo del Proyecto en cada asignatura: aspectos generales</i>	<i>31</i>
<i>Cronograma general de actividades previstas para la implementación de la innovación propuesta</i>	<i>35</i>
<i>Participación por asignaturas en el desarrollo del Proyecto Integrador “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”.....</i>	<i>36</i>
Biotecnología I	36
Ingeniería metabólica	41
Biotecnología II	46
<i>Resultados esperados.....</i>	<i>51</i>
5. Evaluación del trabajo final integrador.....	51
6. Reflexiones finales	53
Bibliografía.....	56
Anexo I	61

Resumen

El Área Biotecnología se encarga del dictado de varias materias de cuarto y quinto año de la carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas. Las asignaturas del Área abordan el estudio de los bioprocesos desde el punto de vista tecnológico, siendo de gran relevancia para la formación de un biotecnólogo. Pese a ser un área central en la Carrera, no sólo por sus contenidos, sino también porque recibe alumnos próximos a recibirse con un bagaje importante de conocimientos que pronto deberán aplicar en situaciones concretas durante el desarrollo de su profesión, la propuesta didáctica actual no contempla una participación activa de los estudiantes en la resolución de situaciones prácticas concretas que permitan integrar los contenidos aprendidos, siendo ésta una falencia importante del área que debe ser revisada. En este contexto, el presente Trabajo Final Integrador, propone hacer una reflexión crítica de nuestras prácticas docentes y presentar una propuesta pedagógica innovadora en el espacio de la formación práctica de las materias del área que promueva la articulación de los conocimientos y el protagonismo de los estudiantes. Se busca generar una propuesta superadora que promueva el pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes, la adquisición de autonomía para la resolución de situaciones concretas y que facilite el desarrollo de procesos de apropiación de los contenidos dictados.

1. Contextualización y fundamentación del tema y modalidad de TFI desarrollado

El presente Trabajo Final Integrador (TFI), realizado en el marco de la carrera de Especialización Docente Universitaria, surge a partir de una serie de motivaciones e inquietudes que se presentaron durante mi práctica docente en la Facultad de Ciencias Exactas. La trayectoria formativa realizada durante la Especialización ha facilitado que estas inquietudes/motivaciones deriven en diferentes instancias de reflexión y problematización de dichas prácticas. Estos procesos han sido la base para la génesis de esta propuesta de innovación enmarcada dentro del espacio de formación práctica de las materias del Área Biotecnología, que aquí se plantea. Con el fin de contextualizar la propuesta de innovación presentada en este TFI describiré sucintamente la conformación del Área Biotecnología, así como mi rol dentro de la misma.

El área mencionada, pertenece a la Carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. La Carrera tiene entre sus objetivos principales formar profesionales con una fuerte base científica-tecnológica especializados en diseñar, desarrollar y operar procesos industriales que hagan uso de material biológico para generar productos con aplicación en diversos campos, entre los que se encuentran agricultura, salud, medio ambiente y alimentos.

El Área Biotecnología se encarga del dictado de varias materias de los últimos dos años de la Carrera siendo el contenido que aborda de gran relevancia para el desarrollo profesional, ya que introduce a los estudiantes en los bioprocesos que conllevan a la producción de productos biotecnológicos y en sus aplicaciones concretas. Dentro de las asignaturas que conforman el Área se encuentran materias de carácter obligatorio, como son Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica; y asignaturas optativas entre las que se encuentran Biotecnología y alimentos, Nanobiotecnología y Biofilms bacterianos. Durante el dictado de Biotecnología I se estudian los diferentes tipos de cultivos en biorreactores a escala piloto, se fundamentan los procesos

desde el punto de vista matemático y se ven sus aplicaciones. Biotecnología II retoma los conocimientos adquiridos en Biotecnología I, pero desde una perspectiva industrial en donde se describen los procesos de producción a gran escala. Por último, es en Ingeniería metabólica donde estos mismos procesos son estudiados desde una perspectiva teórica, mediante la realización de modelos metabólicos y simulación del crecimiento y producción en ordenadores.

Pese a su importancia, no sólo por los temas abordados, sino también por el hecho que recibe alumnos próximos a recibirse, con un bagaje importante de contenidos aprendidos y que pronto los deberán aplicar en situaciones concretas durante el desarrollo de su profesión, existen escasas instancias en donde se inste a los estudiantes a asumir una posición crítica y reflexiva de los bioprocesos, a participar de su diseño, desarrollo y evaluación. Por otro lado, y pese a que los contenidos desarrollados en cada una de las materias obligatorias están sumamente relacionados, existe escasa articulación entre las asignaturas del área no habiendo instancias de reflexión de las propias prácticas docentes, de los contenidos abordados y/o de las dificultades encontradas para desarrollarlos.

Entiendo que éstas son falencias importantes del área que deben ser atendidas. En este sentido, y teniendo en cuenta mi cargo actual como Jefa de Trabajos Prácticos del área, con injerencia significativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje desarrollados durante la concreción de los trabajos de laboratorio y seminarios, es que propongo una serie de innovaciones metodológicas que propicien la autonomía, el pensamiento crítico, la apropiación de los conocimientos y la integración de los contenidos por parte de los estudiantes.

La asignatura Ingeniería metabólica: una reflexión situada acerca de las problemáticas identificadas en el desarrollo de su propuesta pedagógica

Como ya fue señalado, soy docente del Área desde el 2008, habiéndome desempeñado como Ayudante Diplomado en Biotecnología I y Biotecnología II, y actualmente como Jefa de Trabajos Prácticos en la materia

Ingeniería metabólica. Esta materia, al encontrarse en el último año, reúne alumnos con un gran bagaje de conocimientos previos. Han cursado y aprobado Biotecnología I y cursan en paralelo con Ingeniería metabólica la materia Biotecnología II. Esta posición en el Plan de estudios determina que muchos de los temas y problemas que se plantean durante la cursada retomen conceptos ya aprendidos en años anteriores permitiendo obtener una visión más global de cómo las categorías conceptuales aprendidas durante la carrera son aplicadas a nuevas situaciones. Si bien las materias del área funcionan de forma independiente, comparten ciertos aspectos relacionados con la modalidad de cursada y la recepción de los alumnos frente a las propuestas pedagógicas planteadas.

En virtud de lo antes señalado, se realiza una descripción más detallada de la materia Ingeniería metabólica, donde me desempeño como docente, intentando, sin intención de generalizar, problematizar ciertos aspectos transversales que hacen a nuestras prácticas docentes en el Área.

La materia Ingeniería metabólica, al igual que Biotecnología I y II, se desarrolla en una serie de clases teóricas y prácticas. Durante la clase teórica el profesor a cargo expone las diferentes aplicaciones de Ingeniería metabólica, desarrolla ejemplos concretos donde se visualiza la modificación genética de cepas para la mejora en la producción de un determinado producto biotecnológico y las perspectivas futuras. Por otro lado, es en la práctica donde se introducen una serie de conceptos teóricos que permiten realizar los seminarios de problemas. Durante esta práctica los estudiantes aprenden a utilizar diferentes herramientas informáticas que le permitirán analizar modelados metabólicos, realizar cálculos y aplicarlos en problemas concretos. Debido a la naturaleza de los contenidos brindados, se requiere que los alumnos aprendan una serie de conceptos y herramientas matemáticas para la resolución de sistemas de ecuaciones, nunca antes desarrollados durante la carrera. Estos conceptos son aplicados una y otra vez a lo largo de los seminarios aunque el nivel de dificultad se va incrementando. A su vez, ciertos conceptos aprendidos en Biotecnología I deben ser aplicados para resolver determinadas problemáticas.

La modalidad de trabajo durante el desarrollo de los seminarios es la siguiente: los jefes de trabajos prácticos dan una introducción teórica, se lee posteriormente el problema a resolver durante la clase y se dan una serie de pistas o guías respecto a cómo resolverlo. Los alumnos trabajan luego en grupos reducidos (no más de 3 personas) frente a la computadora y aplican lo aprendido. Los docentes estamos durante esta etapa atentos a cualquier duda que surja para ayudar a despejarla. Una vez finalizada la resolución los alumnos se retiran. Debido a que no todos avanzan al mismo tiempo, la discusión general de los resultados se dificulta, realizándose generalmente de forma individual con cada grupo.

Pese a la relevancia que tiene la materia, observamos con preocupación que sólo un porcentaje menor de los alumnos resulta interpelado por la propuesta de la asignatura, vinculándose con la misma desde una apropiación participativa y constructiva de los saberes que se ponen en juego. Esta situación se ve reflejada en varios aspectos que incluyen: poca participación durante el planteo del problema y discusión sobre formas de resolverlo, ausencia de lectura previa al desarrollo de las actividades, estudio a último momento frente a la inminencia de los exámenes, necesidad de recordar clase a clase los conceptos básicos que fundamentan el análisis matemático (incluso días previos al parcial).

Es importante, en este punto, señalar que la percepción acerca del escaso involucramiento de los estudiantes en relación con las propuestas es transversal a toda el Área, lo cuál ha sido discutido en varias ocasiones por los docentes. En estas instancias de análisis, relativamente intuitivo, hemos entendido que estas situaciones se deben a que los alumnos, en general, no llegan a sentirse interpelados por la propuesta pedagógica, lo que genera que alcancen a articularse con ella casi exclusivamente alrededor de lo necesario para resolver el seminario del día, generándose un aprendizaje superficial; el que si bien en la mayoría de los casos sirve para aprobar los parciales, no le permite generar un conocimiento significativo que pueda ser capaz de transferirse a otras situaciones problemáticas concretas de la práctica profesional. A su vez notamos que muchas de las categorías teóricas que debieran haber sido aprendidas en materias previas no son fácilmente

aplicadas a nuevas situaciones, debiendo el docente repasar contenidos, en particular de Biotecnología I, que debieran estar ya comprendidos.

A partir de esta experiencia los docentes de Ingeniería metabólica nos propusimos desarrollar un proceso de reflexión crítica sobre las prácticas docentes de la Cátedra con el objetivo de alcanzar una comprensión más profunda de las experiencias que realizamos e identificar tanto las problemáticas como las líneas de transformación de las prácticas y los procesos de formación. En particular nos planteamos los siguientes interrogantes: ¿La configuración didáctica planteada promueve el interés por parte del alumnado? ¿Qué experiencias de aprendizaje son habilitadas por la misma? ¿Contribuyeron a que los estudiantes reconstruyan el conocimiento? ¿Promovieron un rol participativo? ¿En qué nos basamos para afirmar que el aprendizaje en la gran mayoría de los casos termina siendo superficial, no habiendo una asimilación real de los contenidos dictados? ¿Cuál es el principal problema a la hora de presentar la materia y en particular los seminarios? Para contestar estas cuestiones nos valimos tanto de la percepción de los docentes y los alumnos como de la evaluación de encuestas específicas tomadas a los estudiantes que se describen más adelante.

La materia Ingeniería metabólica contiene un conjunto preciso de conceptos que se deben comprender. Pese a que la mayoría de los estudiantes pueden reproducir estos conceptos en las instancias de examen, consideramos que un porcentaje alto de alumnos alcanza el final de la cursada sin lograr asimilarlos plenamente. Esto se evidencia principalmente en las clases de repaso y consulta previas al parcial, donde varios de los conocimientos centrales están ausentes o son poco recordados por el alumnado. La escasa participación de los estudiantes y la necesidad de “auto-contestarse” los docentes las preguntas que va realizando, necesarias para continuar con el desarrollo de la clase, son indicadores que nos motivan a pensar que la configuración didáctica planteada no está dando los frutos esperados.

Consideramos que esta situación expresa que el alumno resuelve de forma mecánica e irreflexiva los seminarios, pero sin realizar un aprendizaje significativo. Como mencionáramos anteriormente, son muchos los factores que generan esta situación, sin embargo, creemos que gran parte del problema puede ser la forma en que los seminarios están tradicionalmente planteados.

Somos los docentes (JTP y ayudantes) los que realizamos una breve explicación inicial en cuanto a cómo resolver el problema del seminario y luego, si bien los alumnos lo resuelven solos (asistidos por los docentes), la resolución se basa principalmente en la aplicación de una serie de comandos de programación sin realizar un análisis profundo de por qué esos comandos son aplicados y una valoración de los resultados obtenidos tras aplicarlos. El problema, entendemos, es que no hay una comprensión real debido a que no se exige una interpelación crítica y un recorrido por parte de los estudiantes para llegar a la resolución del problema en cuestión.

La asignatura, según está siendo desarrollada en la actualidad, no demanda la actividad de los alumnos en términos de leer, investigar, razonar, y en general el contenido termina circulando en el aula centralmente desde las explicaciones de los docentes a modo de clase magistral. No fomenta la capacidad crítica para enfrentarse a diferentes interrogantes y situaciones. Los alumnos perciben esto y en general se involucran lo justo y necesario para “pasar y aprobar”. Su paso por la cursada consiste en asistir, tomar apuntes, resolver los ejercicios y estudiar unos días antes del parcial, no habiendo un ida y vuelta en el intercambio de conocimientos con los docentes.

Antecedentes en la búsqueda de innovaciones y nuevos desafíos

Cabe mencionar que la asignatura tiene una amplia variedad de innovaciones cuya puesta en práctica presenta diferentes matices que deben ser estudiados e investigados para poder emplearlos. Desde la cátedra hemos intentado incorporar mejoras y actualizaciones que incentiven el interés de los estudiantes. A modo de ejemplo, se han incorporado en el 2017-2018 cuatro guías nuevas de trabajo en los seminarios donde se tratan temas de actualidad y que pueden ser aplicados por los alumnos no sólo durante el desarrollo de su vida profesional, sino también incorporados muchas veces a sus tesinas, como un análisis complementario del tema en estudio. Durante la confección de estas guías los docentes nos reunimos periódicamente en horarios por fuera de la cursada, tuvimos que actualizarnos y aprender usos de programas que desconocíamos, lo que generó gran entusiasmo en el cuerpo docente. Sin embargo, este conocimiento no logró transferirse de forma eficaz y significativa

a los estudiantes, que reconocían en la mayoría de los casos el esfuerzo realizado por nosotros, pero no lograron asimilar los contenidos de la misma manera. Esta cuestión nos motivó a reflexionar sobre nuestras prácticas, generó un vuelco muy importante en nosotros y un llamado de atención respecto a que algo estábamos haciendo mal durante nuestra tarea de enseñanza.

Entendimos que cuando los docentes investigamos y tuvimos un rol activo en la búsqueda de información y formas de resolver el problema, cuando pusimos en práctica nuevos programas y formas de análisis en pos de introducir actualizaciones en la materia, realizamos un aprendizaje significativo que no pudo luego ser transferido satisfactoriamente a los alumnos. A partir de esta experiencia es que comenzamos a vislumbrar la necesidad de incorporar innovaciones en el dictado de Ingeniería metabólica. A pensar alternativas para lograr que un recorrido similar al que realizamos los docentes durante la confección de nuevas guías e introducción de nuevas aplicaciones, sea también realizado por los alumnos.

En particular surgieron los siguientes planteos:

- ¿Mejoraría la enseñanza de la materia si incorporamos un pequeño trabajo de investigación que los alumnos deban desarrollar a lo largo de la cursada?
- De implementarse esta innovación, ¿sería necesario que nosotros, los docentes, tengamos todas las soluciones a los problemas planteados, o basta con que tengamos las herramientas para acompañar el proceso?
- ¿Favorecería esta innovación una mejora en el aprendizaje?

Para sumar un elemento más al análisis, al final de la cursada del 2017 implementamos una encuesta que nos permitió tener una visión de lo que piensa el alumno en cuanto al desarrollo de los seminarios (ver Anexo I). Sobre un total de 48 estudiantes encuestados, una amplia mayoría consideró que tiene un rol activo en la resolución de problemas, pudiendo trabajar con autonomía, aunque necesitando a veces la asistencia del docente. Un 20% de los alumnos consideró que siempre logró comprender los contenidos dictados, mientras que un 68% lo hizo frecuentemente y un 10 % casi nunca lo logró. Cuando se preguntó respecto a cuáles eran las mayores dificultades encontradas, se evidenció que la mayor dificultad aparecía a la hora de interpretar los resultados y sacar conclusiones del seminario. A su vez se

evidenció que las personas que al terminar los seminarios manifestaron no comprender completamente los contenidos dictados están asociadas con las que creen que la dinámica de trabajo en los seminarios es inadecuada ($p < 0.01$). Cuando se interrogó en cuanto a la frecuencia de estudio, sólo un 12 % reconoce estudiar regularmente la materia, mientras que más del 85% indicó que estudia principalmente o exclusivamente antes del parcial. Si bien más del 90 % de los alumnos considera que la dinámica para realizar los seminarios es adecuada, un 76% entiende que la implementación de un trabajo de investigación grupal cuyo objetivo sea resolver una determinada problemática utilizando diferentes herramientas informáticas mejoraría significativamente el aprendizaje.

Luego de analizar los resultados de las encuestas y evaluar los parciales y los errores más frecuentemente encontrados, extrajimos como conclusión que la mayor dificultad aparece a la hora de interpretar los resultados obtenidos y sacar conclusiones. Varias razones podrían estar implicadas: el poco tiempo disponible para realizar los seminarios nos obliga a los docentes a “ordenar”, “orientar” a los alumnos en cómo se resolverá el problema, generando que no siempre haya un entendimiento real de por qué se realiza la resolución de determinada forma. Por otro lado, tal como están planteados los seminarios, no se propicia que el alumno se familiarice con la problemática en cuestión, corriéndose muchas veces el eje en pos de obtener el resultado esperado en la computadora y no en realizar un análisis reflexivo del mismo. En este contexto entendimos que era necesaria una intervención que produjera una innovación a la hora de organizar la materia, propiciando que los alumnos se involucren con la temática a abordar y cuenten con tiempo suficiente para desarrollarla.

Fue así como en la cursada del 2018 introdujimos en la materia la realización de un trabajo grupal hacia el final de la misma donde los alumnos debían aplicar las herramientas aprendidas para resolver una problemática particular. Contaron para ello con cuatro clases donde los grupos debían analizar el problema en cuestión, evaluar la forma más conveniente de resolverlo y realizar una pequeña presentación con los resultados a los que habían arribado. Los resultados de esta experiencia no fueron homogéneos. Algunos alumnos mostraron cierta disconformidad, en parte, porque lo consideraban una pérdida de tiempo y preferían continuar con el esquema

problema de seminario - resolución en la computadora en el día. En cambio en otros grupos hubo una mejor acogida de la propuesta y lograron avanzar en construcciones propias de la problemática en cuestión. Hubo alumnos que se destacaron por la calidad de sus producciones y mostraron gran entusiasmo durante las exposiciones, pero fueron los menos. Si bien este trabajo no tuvo incidencia directa en la nota final fue tomado como nota de concepto que ayudó para redondear la nota final de los alumnos. También se evaluó mediante una encuesta si consideraban que la implementación de este trabajo había resultado beneficiosa para el aprendizaje de los contenidos abordados. Los resultados de dicha encuesta reflejan un poco la percepción que se describió anteriormente, un 47% consideró que la propuesta mejoró significativamente el aprendizaje mientras que un 44% consideró que no lo afectó. Por último, un porcentaje menor consideró que la propuesta empeoró el aprendizaje. Finalmente preguntamos en qué grado consideraban que los contenidos son fácilmente articulados con conocimientos adquiridos en otras asignaturas de la carrera. Sólo un 23% consideró que el grado de articulación era alto, mientras que el 63% consideró que era mediano y un 14% bajo. Este último resultado nos llamó particularmente la atención, ya que los contenidos desarrollados están sumamente relacionados con otras materias como Biotecnología I y Biotecnología II. Sin embargo esta interconexión no es percibida claramente por los estudiantes señalando que la articulación entre las asignaturas debe ser mejorada.

Nuevos desafíos para la enseñanza en el área de Biotecnología

En este contexto entiendo que, si bien en los últimos años se ha comenzado a realizar un camino de análisis de reflexión de nuestras prácticas docentes y se han dado pequeños pasos individuales en cada cátedra en pos de mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje, es necesaria una intervención que produzca una innovación integral a la hora de organizar las materias del área y en particular a la hora de realizar los trabajos prácticos y seminarios. Debemos propiciar que el conocimiento tenga un valor intrínseco para el alumno, para lo cual es necesario que establezca una relación de

interioridad con el conocimiento, que se apropie del contenido participando en su elaboración, de manera que se vuelva significativo.

Mi hipótesis es que la introducción de una problemática biotecnológica particular que plantee al estudiante un reto frente al conocimiento y que permita ser abordada a partir de los diferentes enfoques de las asignaturas del Área propiciará que los alumnos se involucren activamente con la resolución del tema en cuestión, establezcan relaciones entre las diferentes asignaturas, se enriquezcan de las particularidades de cada materia para resolver una problemática común y se apropien significativamente del conocimiento.

Si bien organizativamente lograr una mayor participación de los estudiantes es complicado porque requiere un mayor esfuerzo tanto por parte de los docentes como de los estudiantes y sobre todo porque se debe romper con estructuras y formas de trabajar arraigadas en los docentes de la materia, creo que es posible un cambio propositivo en el área.

Resulta para ello necesario repensar opciones relativas a la estructuración de los contenidos, de las actividades desarrolladas y de las relaciones establecidas entre las materias. Como mencionáramos anteriormente, las asignaturas se desarrollan en una serie de clases teóricas que dicta el profesor a cargo, mientras que los seminarios y trabajos prácticos están a cargo de los jefes de trabajos prácticos y ayudantes. La posibilidad de generar innovaciones durante el desarrollo de los teóricos es relativamente baja. Esto se debe en parte a que estas prácticas son portadoras de una herencia normativa-valorativa que sintetiza las categorías heredadas del sistema, la herencia de la propia formación, con concepciones con una perspectiva fuertemente racionalista (Pérez Gómez, 1993). Reflexionar sobre estas prácticas nos invita a cuestionar nuestro quehacer, supone poner en común procesos de subjetivación en contextos donde la relación poder-saber, y las relaciones jerárquicas dentro de las cátedras aparecen como signos distintivos que dificultan la introducción de cambios impulsada por las bases (Edelstein, 2000). Sin embargo, la factibilidad de generar cambios durante el desarrollo de los TP y seminarios, a cargo de los jefes de trabajos prácticos y ayudantes, es mucho mayor, habiendo consenso en las cátedras de la

necesidad de introducir mejoras tanto en el contenido como en las estrategias didácticas utilizadas para desarrollarlos.

Por todo lo expuesto, en el marco de este trabajo, se realiza el diseño de una innovación metodológica en la forma de realizar los seminarios y los trabajos experimentales del conjunto de las materias del Área Biotecnología, de manera que los alumnos no sólo sean partícipes activos de la realización de los mismos sino que logren integrar los contenidos de todas las materias y se involucren con la resolución de una determinada problemática abarcada a partir de los diferentes aspectos que se abordan durante el desarrollo de las diferentes asignaturas del área. Esta propuesta que pretende ser un aporte a los equipos docentes del área, resulta viable a partir del consenso entre ellos, acerca de la importancia de pensar a las asignaturas desde una perspectiva y una práctica cada vez más integral, potenciando la experiencia del recorrido de los estudiantes por las mismas. El alcance de la propuesta, al involucrar un campo de intervención mayor al de una única asignatura se constituye en una propuesta general integradora que luego sea reapropiada significativamente en las diferentes asignaturas.

2. Objetivos

Objetivo general

Diseñar una propuesta pedagógica innovadora en el espacio de la formación práctica de las materias Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica pertenecientes al Área Biotecnología de la carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas que promueva la articulación de los conocimientos y el protagonismo de los estudiantes en las experiencias de formación práctica.

Objetivos específicos

- Implementar mejoras en la forma de abordar los trabajos prácticos de las asignaturas del Área para propiciar una mayor integración de los contenidos,

promover la participación activa de los estudiantes y facilitar el desarrollo de procesos de apropiación de los contenidos dictados.

- Propiciar un mayor interés y compromiso de los alumnos en el aprendizaje de las materias Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica partir de la generación de situaciones didácticas significativas, que propicien la adquisición e integración de conocimientos, así como el desarrollo de habilidades de transferencia y uso de los mismos en situaciones concretas.
- Promover la autonomía de los estudiantes para la resolución de situaciones concretas que podrían enfrentar durante el ejercicio de su profesión.

3. Perspectivas teóricas

Como se mencionara anteriormente, este proyecto de intervención pretende abordar dos problemáticas centrales, una relacionada con la escasa articulación e integración de contenidos de las materias del Área Biotecnología y otra centrada en la actual configuración didáctica con la que se desarrollan los seminarios y trabajos experimentales que genera una escasa apropiación del conocimiento.

Ambas problemáticas nos obligan a repensar cuestiones relacionadas con el currículum, entendiéndose éste no sólo como la forma de organizar y seleccionar el contenido, sino también cómo abordarlo, los objetivos propuestos, y las metodologías de desarrollo y evaluación. Cabe destacar que tradicionalmente, por contenidos, se entendía simplemente una selección de conocimiento científico que se debe transmitir, como un listado de temas a desarrollar. Sin embargo, esta definición se ha ampliado y hoy en día, cuando se habla de contenido se incluye también el modo en que los temas son presentados, la profundidad con la que son tratados, su uso en diferentes contextos. Así lo señala Feldman (2015, pág 2): “Pensar en el contenido es, de manera simultánea, pensar en los estudiantes, en sus capacidades, sus posibilidades de comprensión y aprendizaje, su trayecto y sobre los usos que

ese contenido tendrá una vez adquirido.” Dicho de otra manera, contenido es todo lo que puede aprenderse de una clase o de un curso completo (Feldman, 2015). Eso incluye a los objetos de enseñanza aprendizaje necesarios para promover el desarrollo personal y social, que generen un aprendizaje significativo (Blanco, 1994). En este sentido, la autora retoma las ideas de Skilbeck (1981) quien señala que en las actuales sociedades no es posible continuar ofreciendo un currículum basado únicamente en las disciplinas, sino que debe ser un reflejo de la sociedad que lo plantea y propone la constitución de nueve núcleos de problemas como propuesta de constitución del núcleo básico del currículum. Entre ellos se encuentra, por ejemplo, “Modos de conocimiento científico y tecnológico, con sus aplicaciones sociales en la vida productiva, de los individuos y de la sociedad”. Pensar el currículum desde esta perspectiva, sostiene el autor, propicia que sea concebido como un mapa representativo de la sociedad que permite la reconstrucción del orden cultural existente. En este sentido, Coscarelli (2010) señala que un aspecto central en la teorización curricular es la pregunta acerca del saber a ser enseñado. Decidir qué enseñar no es producto de un acto mecánico y sin reflexión, sino que remite a otros sentidos ligados a la naturaleza del conocimiento. Se opta por un concepto de hombre, de cómo los hombres se apropian del conocimiento, de qué situaciones de enseñanza orientan el proceso formativo. El conocimiento es cultura y ésta es expresión social. La autora plantea que, desde un punto de vista teórico, develar los criterios que justifican la selección de contenidos es fundamental para el análisis. No se trata de un acto neutro, sino que siempre hay en esa selección concepciones en juego. Por otro lado, diseñar cualquier práctica es una operación compleja y querer reducirla a rutinas o esquemas tecnicistas desconoce y tropieza con esa condición. Es por ello, que señala que el interrogante acerca de la modalidad más apropiada para llevar a cabo un diseño y la gestión de un proyecto no se responde de una manera universal, sino que cada comunidad educativa debe encontrar el camino más apropiado para transitarlo.

Siguiendo a Coscarelli, para el diseño de un proyecto de innovación es necesario en primer lugar realizar una sistematización del marco referencial en el que se inserta la propuesta, teniendo en cuenta que su elaboración es

producto de permanente deliberación, confrontación y estará sujeto a reformulaciones constantes a medida que se avance en la conformación del mismo. No se trata de una visión abstracta, sino que implica una intencionalidad: modificar la realidad. Este marco referencial describirá y explicará diversas dimensiones de la misma, de la cual seleccionará aspectos que juzgará como principales con relación a otros secundarios. Es por ello que los rasgos de intencionalidad y selectividad darán cuenta del sentido y la índole de los cambios a operar. En él se destacarán él o los problemas centrales a abordar, entre otros problemas relacionados, los nudos conflictivos, las transformaciones buscadas y los caminos o alternativas viables.

Para Coscarelli (2010) el currículum y su marco referencial, expresan estrategias que permiten generar y apropiarse de conocimiento a la vez que formar actitudes. Implican ponerse en situación institucional, grupal e individual, caracterizar objetiva y subjetivamente un objeto de conocimiento, en una tarea que reintegre lo fragmentado y establezca fundamentadas relaciones. Contemplar esta dimensión posibilita contextualizar el proyecto. Existe para ello dos acciones impostergables a realizar:

a) un diagnóstico situacional que permita elucidar y delimitar las situaciones, problemas o necesidades en sus manifestaciones complejas y contradictorias para poder aportar posibles soluciones y

b) la explicitación del marco teórico-valorativo y experiencial que fundamenta la interpretación de los problemas, orienta las decisiones y acciones del proyecto.

En relación con el primero puede señalarse que en torno de la práctica concreta deben realizarse reflexiones continuas. Cuando un docente explica, un alumno pregunta o los grupos trabajan, en los hechos de todos los días del curso, se reescribe la propuesta. Esta dinámica permite observar el currículum en acción (Da Silva, 1999). Cabe preguntarnos entonces, ¿Qué distancia existe entre lo prescripto y lo que hoy desarrollamos? ¿Qué recuperamos de este desarrollo y lo incorporamos en un nuevo curso o propuesta?

Como mencionáramos anteriormente, el análisis efectuado en torno de la experiencia formativa con el alumnado de biotecnología revela que buena parte de ellos no encuentra estimulante la tarea que se realiza dentro del aula. ¿En qué nos basamos para afirmar esto? Como señala Arísti, (1989, página 11), es “la participación inmediata y entusiasmo del alumno” lo que confirma al maestro el desarrollo eficaz de su quehacer. La autora sostiene que desde el punto de vista del docente, la tarea y eficacia de su actividad no se juzga por lo complejo que podrían ser las reorganizaciones cognoscitivas del estudiante, sino que se observa desde las manifestaciones que le permiten comprender cómo está desarrollando su trabajo. La inmediatez, en este sentido, se refiere a la devolución afirmativa de la imagen, imagen que lo identifica con el rol que está desarrollando, o sea “ser docente”. Se trata de estar atento a ese juego de miradas, juego de identidades, donde no se mira propiamente a un sujeto sino a lo que él representa.

Jackson también se refiere a esta cuestión en “La vida en las aulas” (Jackson:1975, página 207), donde señala que “Mientras miramos debemos tener en cuenta la ubicuidad de los fenómenos de la clase tanto en el tiempo como en el espacio...aparte de observar los aspectos dominantes de los intercambios didácticos, y el diseño del plan de estudios, la importancia de las cosas que aparecen y desaparecen en un abrir y cerrar de ojos, cosas como el bostezo de un alumno y el seño de un profesor. Estos sucesos transitorios puede que contengan más información sobre la vida en la clase de lo que aparentan a primera vista.”

Las demostraciones de desinterés, de pasividad, de ausencia, no solamente imposibilitan el acto de transmisión, sino que son una demostración de resistencia del sujeto a la inculcación de los contenidos, representaciones, y por lo tanto son las demostraciones primarias de un probable fracaso en el proceso de aprendizaje cognoscitivo (Aristi, 1989).

Por su parte Jackson define las “indicaciones pasajeras” como signos de inmediatez, en el sentido que es accesible al tacto, a la percepción del docente. Durante el desarrollo de las clases de Biotecnología se vislumbra muchas veces que el principal objetivo de los docentes es que los estudiantes se lleven

el Seminario realizado o que el Trabajo Práctico terminado. Ante la mirada desinteresada de los alumnos, la micro decisión, definida por Edelstein como las decisiones tomadas por los docentes en la inmediatez de la práctica (Edelstein, 2011), es que el TP/seminario se desarrolle hasta el final, poniéndonos nosotros mismos en la posición de estudiante-aprendiz, interesados en ver la evolución de la experiencia, olvidándonos en cierto punto del alumno y su relación con el conocimiento. En otros términos, nos encontramos sorteando los signos de apatía en pos del desarrollo del trabajo experimental o del seminario. Sin embargo, la baja participación de los alumnos ante las preguntas del docente, la necesidad de auto-contestar las preguntas que formulamos para continuar con el desarrollo de la clase, son indicadores que nos debieran llevar a re-evaluar la configuración didáctica y los resultados de nuestra enseñanza (Jackson, 1975).

A su vez resulta pertinente analizar qué aspectos de las diversas formaciones que encaramos, están ausentes o presentes, en términos de currículum oculto. El origen de este término data de finales de los años sesenta, cuando Phillip Jackson publicó "La vida en las aulas" (1992). Este texto constituyó un significativo aporte al debate curricular, al mostrar que en las interacciones que se producen en el aula entre docentes y estudiantes se promueven una serie de resultados no intencionados. Sin embargo, estos resultados posiblemente no fueron previstos por la institución o el docente y tampoco había una conciencia de lo que se estaba formando en los alumnos. A tales aprendizajes, que guardan una estrecha relación con la esfera de lo valorativo y actitudinal, se les llamó currículum oculto, entendiéndose como todos aquellos aprendizajes que son incorporados por los estudiantes aunque dichos aspectos no figuren en el currículum oficial (Díaz Barriga, 2006). Se aprende por ejemplo a trabajar en equipo o en forma individual, a permitir aplicar los conocimientos a situaciones concretas o no, a tener un enfoque amplio o limitado. ¿Cuáles son las expresiones soterradas, es decir ocultas de nuestras prácticas formativas que deberemos exponer a la crítica? Las materias del Área Biotecnología, según están siendo desarrolladas actualmente y como desarrollé en secciones anteriores, no fomentan el trabajo grupal, la autonomía de los estudiantes en la resolución de problemas, la capacidad crítica para

enfrentarse a diferentes interrogantes y situaciones. Esto se debe en parte a la forma de enseñanza desplegada, centrada en la transmisión de conocimientos y en la verificación de aprendizajes a través de parciales, que tiende a ignorar muchas de las capacidades necesarias para la formación del desarrollo profesional (Ramírez y Mancini, 2017b) como son el trabajo en equipo, el intercambio de ideas y experiencias, la capacidad de adaptarse a situaciones diversas y la resolución de problemas. En este sentido, las autoras señalan: “La educación universitaria debe enriquecer la formación del estudiante afinando sus facultades creativas, contribuyendo a su crecimiento moral y abriendo su espíritu al pensamiento crítico. La universidad debe contribuir a la formación humana de quienes pasan por ella a través de sus funciones de docencia, investigación y extensión, que involucren al estudiante en aprendizajes y saberes que le permitan servir de su potencial en el marco de la sociedad y la cultura en la que está inmerso” (Ramírez y Mancini, 2017, página 13).

Finalmente, es necesario analizar si pese a estas cuestiones adversas hay un aprendizaje significativo de los temas en estudio. A este respecto, cabe señalar que cuando los alumnos cursan la materia Ingeniería metabólica, correlativa de Biotecnología I, muchos de los conceptos centrales que debieron ser incorporados están ausentes o son poco recordados, siendo los mismos básicos y fundamentales para la formación de un biotecnólogo. Éste es otro indicio de que el alumno pasa por la cursada aprendiendo de forma sistemática a resolver ciertos problemas planteados en los seminarios y trabajos prácticos, pero sin realizar una asimilación real de los contenidos. Según Edwards (1988), los conocimientos no se transmiten inalterados en el salón, sino que son reelaborados por maestros y alumnos en cada ocasión. Lo que se pone en juego en la interacción entre los alumnos y los docentes es una determinada lógica de la enseñanza y la lógica de la participación formal de los alumnos. Aquí aparece el contenido implícito que se va transmitiendo a lo largo de la clase y que le da un sentido particular a los contenidos específicos que se están dictando. Claro está desde este punto de vista, que la modalidad actual de cursada en el Área Biotecnología, donde existe muchas veces una pauta sumamente precisa respecto a cómo resolver determinadas situaciones problemáticas, en donde no existe una interacción real con el alumno que

permita realizar un aprendizaje reflexivo, pone en tensión la finalidad real del trabajo, esto es, que el alumno aprenda.

Se visualiza así una relación de exterioridad con el conocimiento, en términos definidos por Edwards (1988), en cuanto el alumno demanda pistas que le permiten el acceso a la respuesta correcta, y en este proceso se “toma por” dada, la apropiación del contenido explícito de la lección, cuando en realidad se está produciendo una simulación de la apropiación del contenido que deja al estudiante en relación de exterioridad. Esto determina que la relación se vuelva mecánica, exterior y no exitosa. Desde una perspectiva crítica y reflexiva, teniendo en cuenta lo anterior expuesto, entiendo que la forma en que los contenidos son presentados no siempre propician el aprendizaje y son susceptibles a mejoras que logren un mayor grado de apropiación del conocimiento por los estudiantes.

Métodos, actividades y sujetos de la educación

Díaz Barriga (2005) señalaba que la discusión actual sobre actividades de aprendizaje se fundamenta en una teoría de la experiencia, en una perspectiva psicológica o, sencillamente, en la diversidad de técnicas posibles a emplear, pero se ha perdido el criterio fundamental de la didáctica: encontrar una forma de que las actividades de aprendizaje resulten agradables a los estudiantes.

El autor agrega además, que los problemas del método son una faceta más de los problemas del contenido. Así, el método representa la posibilidad de articulación entre conocimiento como producción del mismo y conocimiento como problema de aprendizaje; el método constituye una articulación entre epistemología y teoría del aprendizaje, y hace posible una concepción particular del aprendizaje, bien sea concebido como adquisición de información, o como construcción de un conjunto de procesos en los que la información hace posibles nuevas elaboraciones.

Para Díaz Barriga (2007) existen dos grandes vertientes en las teorías de aprendizaje, las que consideran el aprendizaje como un resultado, y las que lo consideran como un proceso. La noción de actividad en el aprendizaje tiene

que ser revisada a la luz de tales vertientes. El papel de lo “activo” en el aprendizaje, si bien es hoy en día aceptado prácticamente por todos, no siempre tiene bien definido a qué se considera activo, siendo muchas veces utilizado este término como una noción hueca, que termina en concepciones “activo-pasivas” donde, si bien el alumno hace cosas –como resolver ejercicios o seguir los pasos de un experimento en el laboratorio- no tiene una “disposición interna” a plantear preguntas, dudas sobre una temática o manifieste inquietudes por descubrir algún nuevo elemento. Como señala Díaz Barriga (2007, página 70) “Esto origina una actividad externa que no necesariamente supone una actividad interna. Así, el aprendizaje se ve sólo como la incorporación —mediante ciertas acciones externas— de una información predeterminada”.

En este contexto resulta pertinente poner en cuestionamiento el método abordado para dictar los contenidos y evaluar una propuesta de intervención teniendo en cuenta que debemos, desde el punto de vista didáctico, resolver una cuestión central: la particular relación forma-contenido (Edelstein, 2005). Debemos propiciar correr el eje del conocimiento, hoy más del lado de un conocimiento tópico, que excluye el proceso de elaboración de los alumnos, hacia un conocimiento situacional, que propicie que el conocimiento tenga un valor intrínseco para el sujeto (Edwards, 1988). Para ello, es necesario lograr que el alumno establezca una relación de interioridad con el conocimiento, que se apropie del contenido participando en su elaboración, de manera que la relación se vuelva significativa, es decir, con valor intrínseco para el sujeto (Edwards, 1988). Resulta necesario, en este sentido, realizar una innovación en el aula, entendida como una propuesta que logre romper con el estilo didáctico impuesto por la epistemología positivista, aquel que habla de un conocimiento cerrado, acabado, conducente una didáctica de la transmisión que, regido por la racionalidad técnica, reduce al estudiante a ser un sujeto destinado a recepcionarlo pasivamente (Lucarelli, 2003). Esta ruptura con el *status quo* supone repensar opciones relativas a la estructuración de los contenidos disciplinares, de las actividades, de los materiales, a la organización de las interacciones entre los sujetos y la sistematización de la didáctica misma (Camilloni, 1996). Al repensar lo metodológico es importante destacar que no

se busca rescatar un método desde una perspectiva tecnicista, en dónde se ejecuta una prescripción de actividades elaboradas por otros y que sólo tiene lugar en el aula, sino que involucra una revisión de las instancias de previsión, actuación, y valoración crítica. Somos nosotros, los docentes, sujetos que reconociendo nuestro propio quehacer, debemos recorrer la problemática de la fundamentación y realizar una construcción metodológica propia (Camilloni, 1996; Edelstein, 2005). Como remarcan Edelstein y Litwin (1993, página 80), “la forma es también contenido y las vías o modos propuestos para la circulación o construcción del conocimiento permiten ciertos desarrollos y no otros”. A su vez, debemos considerar que las propuestas de innovación posiblemente presenten algunas limitaciones, generadas ya sea por el contexto en el que las mismas se generan y/o por la presentación de dificultades durante su desarrollo. Desde la perspectiva de Lipsman (2002), la innovación puede considerarse como propuestas "en despliegue", dando la posibilidad durante su desarrollo de ir agregando, sacando y modificando aspectos que van mejorando las mismas propuestas de cambio. En este sentido, la innovación es vivida por los docentes como "evolutiva" ya que durante su desarrollo “los docentes discuten, confrontan y cambian concepciones pedagógicas acerca del sentido de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación a partir de las cuales realizan cambios concretos en las prácticas” Lipsman (2002, página 6).

Construir una forma agradable de aprender se tiene que constituir en un desafío a los modelos educativos actuales (Díaz Barriga, 2005). En términos de exigencias de la revolución copernicana, si bien la pedagogía no podrá jamás desencadenar mecánicamente un aprendizaje, es cosa suya crear espacios de seguridad en los que un sujeto pueda atreverse a “hacer algo que no sabe hacer para aprender a hacerlo”. Es cosa suya también, el inscribir proposiciones de aprendizajes en problemas vivos que le den sentido (Meirieu, 1998). Piaget explicita la existencia de dos etapas en los procesos de construcción de la información: una que surge de la problematización e interrogación acerca de un aspecto en particular, sobre el que se construirá el nuevo conocimiento y que culmina con un acercamiento a la información, y otra que reclama la integración de esta información a los esquemas previos de acción. La estructura de las actividades de aprendizaje, así como sus técnicas

específicas se pueden construir a partir de esta perspectiva. Hilda Taba (1974), tomando algunos elementos de esta posición, plantea una estructura de actividades que se desarrolla en introducción, desarrollo, generalización y aplicación. La autora destaca que en muchos cursos los docentes sólo recurren a las actividades de dar información (desarrollo) y, en ocasiones, a las que requieren alguna aplicación. Por su parte, Aebli (1958) enfatiza la importancia de partir de problematizaciones que, efectivamente, planteen al estudiante un nuevo reto frente al conocimiento.

La cuestión del contenido y su integración

De acuerdo con Díaz Barriga, Jerome Bruner (1962) e Hilda Taba (1974) sostienen que el aprendizaje está vinculado con el nivel de integración de los contenidos en un plan de estudios. Según el autor, es Bruner quien afirma que toda información tiende a olvidarse, a menos que se manifieste dentro de una estructura de conceptos. Por su parte Hilda Taba, enuncia la diversidad de contenidos teniendo en cuenta sus funciones: hechos, conceptos, ideas básicas y sistema de pensamiento. En ambos autores, resulta de particular importancia el problema de la integración del contenido: estructura o ideas básicas que atienden a la estructura.

Siguiendo la perspectiva de Díaz Barriga puede señalarse que de las décadas de los años sesenta y setenta los estudios del currículum heredan un conjunto de propuestas que buscaban la integración de los contenidos de enseñanza: un modelo de currículum por área y/o modular. Entiende que hoy, ante los problemas que han surgido de estas formas de organización del contenido, se realizan propuestas *neoenciclopédicas* que tienden a privilegiar la estructuración por asignaturas, esto es, la parcelación del conocimiento, en lugar de enfrentar el reto de construir formas novedosas de estructuración del contenido que permitan superar las deficiencias, tanto de la organización por asignaturas como de los modelos integrados de estructuración curricular, de manera que vivimos una modernización de la educación que restaura el enciclopedismo de nueva cuenta (Díaz Barriga, 2005).

En el caso del Área Biotecnología, si bien como lo dice su denominación, las materias se encuadran dentro de un área, no existe integración y

coordinación real de los contenidos, funcionando cada asignatura de forma independiente y autónoma. Díaz Barriga señala que una posible salida serían los currículos mixtos, en los que un tramo del plan de estudios se integra por problemas y otro tramo por asignaturas. Si bien el autor no describe explícitamente una propuesta, puede ser un buen puntapié para comenzar a desarrollar una propuesta innovadora en donde la integración de los contenidos se logre a través del desarrollo de un problema que se resuelva a partir de los aportes de los diferentes enfoques de las distintas asignaturas.

4. Caracterización de la propuesta innovadora desarrollada

El presente Trabajo Final tiene como objetivo principal diseñar una propuesta pedagógica innovadora en el espacio de la formación práctica de las materias Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica que promueva la articulación de los conocimientos y el protagonismo de los estudiantes en las experiencias de formación práctica.

Como se explicitará en los siguientes párrafos, la propuesta plantea introducir una serie de modificaciones en la configuración didáctica de los trabajos prácticos y seminarios articulándose con parte de la estructuración anterior, sin reemplazarla en su totalidad. Se espera, sin embargo, que estas modificaciones parciales, definidas como mencionáramos anteriormente como “propuestas de despliegue” (Lipsman, 2002), conlleven a la recuperación de experiencias de gran valor pedagógico que propicien nuevas innovaciones que se enmarquen en las perspectivas de la buena enseñanza.

Fundamentación teórico-metodológica de la propuesta diseñada. El

aporte de las propuestas de “Aprendizaje Basado en Proyectos”

La propuesta metodológica para el desarrollo de los trabajos prácticos y seminarios cuyo diseño aquí se presenta está enmarcada en una modalidad de trabajo denominado Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Esta metodología sostiene que es necesario tener un propósito en los procesos de

enseñanza y aprendizaje, donde exista un objetivo externo para instrumentalizar el aprendizaje de modelos y procedimientos científicos y fomentar el desarrollo de escenarios en donde los alumnos se autogestionen y planifiquen sus actividades (Grau, 2009; Chiva y Martí, 2016).

El aprendizaje basado en proyectos constituye una variante de la enseñanza basada en problemas (Font, 2004), donde los estudiantes buscan soluciones a problemas complejos aplicando los conceptos y principios fundamentales aprendidos. Este tipo de aprendizaje ayuda al alumno a desarrollar y a trabajar diversas competencias que le servirán para el correcto desempeño en su futura vida laboral. Entre ellas se destacan la resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo en equipo, las habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información), el desarrollo de actitudes y valores (precisión, revisión, tolerancia), la capacidad de identificar problemas relevantes del contexto profesional, el pensamiento crítico, etc.

Como se desarrollará con profundidad más adelante, el objetivo del Proyecto transversal a las tres asignaturas señaladas que se propone a los estudiantes, en el marco de esta propuesta innovadora, se articula con un propósito relevante en el campo de la salud como es el de producir a nivel industrial una proteína recombinante con aplicabilidad en el campo de la vacunología. Los estudiantes, con la guía del docente, irán investigando, diseñando, formulando y ejecutando los diferentes pasos experimentales y/o cálculos que le permitirán concretar el objetivo propuesto. Se espera que esta metodología permita generar situaciones de enseñanza-aprendizaje que fomenten el intercambio de ideas y experiencias, la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento y la articulación entre las materias del área.

En particular, se propone guiar a los estudiantes en el desarrollo de este Proyecto tomando los aportes de un tipo concreto de ABP denominado "Método de caso dirigido" (Cliff y Wright, 1996; Cliff y Nesbit-Curtin, 2000), en donde luego de presentar una problemática real o caso inicial, se proporciona a los estudiantes nuevas pruebas o conceptos de forma progresiva (Glew, 2003;

Herreid, 2003), emulando la forma en que la Ciencia aborda los problemas, mientras los alumnos reciben clases teóricas sobre los modelos científicos implicados. Se espera que de esta forma los estudiantes establezcan conexiones entre la teoría y la práctica. Varios autores proponen la realización de propuestas desde este tipo de metodología para un desarrollo más profundo de conocimientos y procedimientos (Herreid, 1994; Hudson y Buckley, 2004).

Asimismo, al plantear una problemática transversal a las tres asignaturas, se espera establecer una integración práctica de los contenidos que favorezcan la articulación de las materias y generen un mayor interés por parte del alumnado. Al abordar el trabajo desde esta perspectiva propiciaremos que la actividad sea percibida de otra manera, como un desafío que a su vez permitirá adquirir una determinada competencia y experimentar desde el sentido más profundo de la palabra. De esta manera, no sólo presentaremos a los alumnos situaciones para que ellos construyan por sí mismos destrezas y estrategias eficaces, sino que también crearemos en ellos el hábito y la actitud de enfrentarse al aprendizaje como un problema al que hay que encontrar respuesta. Así, se recuperaría la idea según la cual aprender o adquirir un conocimiento es buscar respuestas a preguntas relevantes que uno se ha formulado y no tanto, como sucede en general en nuestra práctica docente, recibir del profesor respuestas detalladas a preguntas que no se han planteado (Pozo, 2009).

El aprendizaje de esta forma estará orientado a la comprensión en vez de la mera repetición de lo aprendido y fomentará un uso estratégico de los conocimientos adquiridos así como una visualización de las aplicaciones prácticas de los contenidos aprendidos (Pardo y Alonso Tapia, 1990; Ames, 1992-a; Pressley y otros, 1992; Alonso Tapia, 1997). A su vez propiciará otros aspectos relevantes para la formación de un biotecnólogo como son el trabajo en equipo, las habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información), el desarrollo de actitudes y valores, la capacidad de identificar problemas relevantes del contexto profesional, la toma de decisiones, el pensamiento crítico, etc., todas ellas cuestiones que componen el currículum oculto y que son importantes en la formación profesional.

Principios o criterios que sustentan las líneas de acción

Los principios para la intervención que sustentan las actividades en este proyecto buscan articularse con algunos de los propuestos por Raths para la ponderación de la potencialidad que determinadas actividades ofrecen a los estudiantes a fin de seleccionarlas, considerados centrales en esta propuesta (Gimeno Sacristán y Pérez Gómez, 1998, página 328):

-“Las actividades que dan oportunidad a los estudiantes de planificar con otros y participar en su desarrollo y resultados son más adecuadas que las que no ofrecen esas opciones”.

-“Una actividad es más sustancial que otra si facilita desempeñar al alumno un papel activo: investigar, exponer, observar, entrevistar, participar en simulaciones, etc., en lugar de escuchar, rellenar fichas o participar en discusiones rutinarias con el profesor”.

Para la formación de un biotecnólogo y biólogo molecular, consideramos relevantes y apropiados estos principios de acción para guiar la práctica pedagógica que vamos a introducir en los trabajos prácticos y seminarios. Implica que el alumno no sólo aprenda a resolver un determinado problema, sino que aprenda ciertos contenidos en el proceso de solución del mismo, fomentando a su vez la integración de los distintos conocimientos que se adquieren durante el desarrollo de las asignaturas Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica.

Caracterización de la propuesta articuladora para las asignaturas Biotecnología I, Biotecnología II e Ingeniería metabólica. Proyecto “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”.

El Proyecto “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología” tiene una serie de características que lo hacen apropiado para el desarrollo en el marco de la Carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular. Se trata de un problema bien definido y estructurado, característica necesaria para abordar este tipo de metodología (Davini, 2008).

El Proyecto está enmarcado en aquellos desafíos u objetivos que nuestros alumnos, como biotecnólogos, posiblemente se enfrentarán durante el desarrollo profesional. Su resolución necesita de los aportes de las diferentes asignaturas del área, permitiendo abordar la temática dentro de cada curso desde distintas perspectivas a partir del bagaje de conocimientos previos y los adquiridos durante el transcurso de la cursada. Se trata de un tema abierto en el campo de la Didáctica de las Ciencias, que permite realizar un abordaje no sólo desde aspectos técnicos, de desarrollo en ciencia y tecnología, y de producción, sino que permite contextualizarlo dentro de aspectos sociales, políticos y económicos, permitiendo problematizar los contenidos para volverlos significativos a los intereses de los y las estudiantes.

Se espera que a partir del planteo de este Proyecto surjan dudas e incertidumbres, que lleven a los alumnos a analizar y comprender la problemática y tomar decisiones para llevarlo a cabo. Esto desarrollará la capacidad crítica poniendo el razonamiento y la integración de los conocimientos al servicio de la acción.

En relación al punto anterior, investigaciones realizadas por Nentwig y Waddington (2005) acerca de la enseñanza de la ciencia reconocen un “enfoque basado en el contexto” que está fundamentado en una mirada de aprendizaje situado, donde el conocimiento se define en un proceso autodependiente y activo a través de un contexto auténtico. Implica aprender a transferir modelos a situaciones reales y tomar decisiones; permitiendo abordar conceptos científicos con cierta relevancia social. A través de este proyecto integrador se abordarán temas que orientarán nuestras prácticas, evaluando sus diferentes facetas y sus complejidades y promoviendo el pensamiento crítico (Ramírez, 2017).

Objetivos formativos y alcance del desarrollo del Proyecto en cada una de las asignaturas

El proyecto “**Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología**” es de carácter multidisciplinario, ya que abarca desde

aspectos técnicos a sociales, permitiendo no sólo introducir la temática desde un abordaje puramente científico sino contextualizado en la salud pública, los derechos, el Estado como garante de los mismos y la producción pública de medicamentos frente a los grandes monopolios farmacéuticos, entre otros. Los alcances del proyecto dentro de las asignaturas del área estarán enmarcados en los aportes que desde la biotecnología se puede hacer a la temática, sin dejar de mencionar el resto de las cuestiones durante la clase de presentación del Proyecto. Entiendo que es parte necesaria de la formación en una Universidad Pública enmarcar y contextualizar social, económica y políticamente proyectos relacionados con problemáticas tan sensibles como las relacionadas con la salud. En este sentido, el sociólogo De Sousa señalaba “los intereses sociales están articulados con los intereses científicos de los investigadores y la producción del conocimiento científico se da estrechamente ligada a la satisfacción de necesidades de los grupos sociales que no tienen poder para poner el conocimiento técnico y especializado a su servicio a través de la vía mercantil” (De Sousa, 2007, página 66).

Desde el punto de vista biotecnológico la producción de una proteína recombinante tiene varias etapas. En primer lugar, y teniendo en cuenta que ya se cuenta en el laboratorio con una cepa bacteriana que produce la proteína recombinante de interés, se debe optimizar la producción a escala piloto, esto es, a una escala pequeña que permita obtener una alta producción de proteína recombinante. Es también deseable estudiar la posibilidad de mejorar genéticamente la cepa productora de la proteína, con el fin de obtener un mayor rendimiento en producto. Si bien esto puede realizarse de diferentes maneras, resulta conveniente desde el punto de vista económico realizar una primera aproximación respecto a qué genes modificar a través del análisis *in silico* del metabolismo y las rutas metabólicas a ser modificadas para favorecer un mayor rendimiento en producto. Por último, una vez puesta a punto la producción a escala piloto, el proceso debe ser escalado a nivel industrial, es necesario para ello diseñar desde los procesos previos al inicio del cultivo (por ejemplo método de esterilización), hasta los posteriores al cultivo, en lo que refiere a métodos de purificación del producto de interés. Como puede observarse, el proyecto de producción de una proteína recombinante promueve

el desarrollo de prácticas y saberes en diferentes niveles de complejidad que posibilitan a los estudiantes articularse de acuerdo a su nivel de formación.

En tal sentido el Proyecto se ha diseñado atendiendo a las posibilidades y los contenidos de las diferentes asignaturas de modo que:

En la asignatura Biotecnología I los alumnos deberán diseñar un experimento que permita cultivar en un biorreactor a escala piloto el microorganismo que producirá la proteína recombinante de manera de obtener un alto rendimiento en proteína recombinante. Para ello deberán definir: tipo de cultivo a desarrollar (batch, batch alimentado, cultivo continuo), medio de cultivo a utilizar (composición), preparación del inóculo, parámetros operacionales, toma de muestra y cómo se analizarán los resultados.

Durante Ingeniería metabólica se analizará desde el punto de vista metabólico las vías que conllevan a la producción de la proteína recombinante, modelado *in silico* de la cepa productora y evaluación de posibles modificaciones genéticas en dicha cepa que conllevarían a una mayor producción de proteína recombinante.

Por último, durante Biotecnología II los alumnos deberán realizar un diseño experimental que permita purificar la proteína recombinante, debiendo detallar: estrategia a seguir (ruptura celular u otra), procedimiento para purificar la proteína y eliminar endotoxinas, evaluación de costos, etc. De esta manera se evaluará la problemática de forma transversal a lo largo de las tres asignaturas.

Entiendo que esta forma de plantear los trabajos prácticos/seminarios es más compleja y difícil de lograr, y requerirá tanto de los alumnos como de los profesores mayor dedicación. Demandará un incremento en la vinculación entre las materias del área fomentando el análisis crítico de nuestras prácticas docentes y el intercambio de experiencias. Los docentes deberemos, durante el desarrollo de las clases, ayudar y promover que los alumnos puedan relacionar los contenidos teóricos y prácticos con los saberes previos y articularlos para la resolución de una situación puntual. Esto generará cambios propositivos en el dictado de las materias logrando un mayor interés por los estudiantes, quienes

construirán el conocimiento acompañados por los docentes en vez de recibirlo ya procesado a modo de clase magistral.

Fases propuestas para el desarrollo del Proyecto en cada asignatura:

aspectos generales

Diseño docente y organización

Antes del inicio de actividades con los alumnos, se realizarán una serie de reuniones entre todos los docentes del área donde se discutirá la situación didáctica, se analizará el plan a seguir durante la cursada en lo que respecta, por ejemplo, a la delimitación del o los problemas. Se discutirá sobre aquellas concepciones teóricas que no siempre son correctamente asimiladas por los estudiantes y que interesa hacer especial foco durante el desarrollo de la práctica. Dentro de cada materia a su vez se organizarán las actividades y los tiempos a emplear en cada una de las etapas, la metodología a seguir y el rol de cada docente durante el proceso.

Primera etapa: Apertura y presentación

Desde el inicio de la cursada de Biotecnología I, primera materia que se cursa en el Área, se informará a los y las alumnas respecto a la modalidad de trabajo. En particular se explicará que durante la segunda mitad del curso, donde los estudiantes ya tienen un bagaje de conocimientos mínimos adquiridos, se llevará a cabo la puesta a punto de un proyecto de envergadura biotecnológica que tiene aplicación directa en el campo de la salud, esto es “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”. Se remarcará que el proyecto no se completará en Biotecnología I sino que será transversal a las tres materias troncales del área y que se nutrirá del aporte de cada asignatura permitiendo, al final de la trayectoria, obtener una visión global de la problemática y los diferentes puntos de acción para resolverla. Se hará hincapié en la relevancia del tema a trabajar poniendo foco no sólo en aspectos biotecnológicos sino sociales, políticos y económicos. A su vez, durante el inicio de cada una de las otras cursadas (Biotecnología II e Ingeniería metabólica) se volverá a repasar este eje y la problemática en cuestión, con el

enfoque que cada materia le dará, así como los objetivos parciales que se plantearán para el desarrollo del proyecto en cada asignatura.

A su vez se discutirán aspectos relacionados con la modalidad de trabajo y la forma de evaluación, que se describirán en los siguientes apartados.

Segunda etapa: Producción

El desarrollo del proyecto en cada asignatura tendrá una duración de seis semanas y estará guiado a través de una serie de preguntas orientadoras y una serie de encuentros entre los docentes y los grupos de trabajo donde se discutirán dificultades y parámetros a tener en cuenta para resolver el problema. Las preguntas serán de tipo conceptual y disparadoras que guíen el desarrollo de los trabajos con el fin de construir entornos de aprendizaje integradores y contextualizados del contenido (Sánchez, 2018). Según señalaran Sánchez y colaboradores (2009), la técnica de preguntar correctamente es un buen método para mejorar el comportamiento crítico y creativo de los estudiantes, como también la adquisición de capacidades cognitivas de exploración, descubrimiento y planificación de sus propias actividades que los llevan a aprender a aprender.

Es importante incorporar las preguntas de forma paulatina (nuevas pruebas cambian las interpretaciones) y que nuevos elementos de análisis permitan distintas interpretaciones, siempre parciales, que garanticen un cierto grado de incertidumbre. Preguntar al alumnado “¿Cuán seguros están de sus conclusiones y por qué?” es un modo eficaz de iniciar una útil reflexión con componentes epistémicas y de meta-aprendizaje (Domènech-Casal, 2017).

En cuanto a la modalidad de trabajo será grupal, en grupos de no más de 4 personas. La intención respecto a este planteo es la de propiciar no sólo que los estudiantes manejen e integren los contenidos sino que además puedan conformar equipos de trabajo con sus compañeros y compañeras, que asuman la tarea grupal con responsabilidad, compromiso y respeto. Los pequeños grupos se constituyen con la intención de validar o dirimir una proposición científica constituyendo un clima de trabajo favorable que

desarrolle competencias necesarias para su actividad laboral futura (Ramírez, 2017).

Los grupos de trabajo, con la guía de los docentes, pondrán en marcha métodos de búsqueda y análisis apropiados de la problemática en cuestión: trabajarán en el diseño del trabajo experimental en el caso de Biotecnología I para producir un alto rendimiento en biomasa y producción de proteína recombinante, trabajarán en técnicas bioinformáticas y de análisis metabólico que permitan optimizar las cepas para obtener mayor productividad en la proteína recombinante durante Ingeniería metabólica, y participarán en el diseño del protocolo de purificación del producto durante Biotecnología II. Los avances y conclusiones serán evaluados junto con los docentes periódicamente. Durante los encuentros con el docente se analizará el problema, se reformulará si es necesario, y se establecerán restricciones comunes (tiempo para considerarlo sustentable, valor de las materias primas, etc.) hasta que se alcance un diseño experimental o una solución al problema en cuestión según corresponda. Las entregas se realizarán a través de la plataforma digital, a través de la cual también se podrán realizar consultas y/o concertar horarios de encuentro por fuera del horario de cursada.

Tercera etapa: Presentación final/integración de los contenidos

Se realizará una puesta en común de las diferentes elaboraciones grupales y se discutirán sus matices, formas de abordaje, posibles problemas y soluciones, así como proyecciones.

Cuarta etapa: Evaluación:

La evaluación tendrá una naturaleza dual, ya que por un lado, los docentes al evaluar a los estudiantes obtenemos información sobre sus aprendizajes, pero también, a partir de los resultados, obtenemos información sobre el proceso de acción didáctica organizado y planificado. De esta manera, la evaluación cumplirá el rol de reguladora, ya que permitirá adaptar el proceso de enseñanza a las necesidades del aprendizaje (Fiore Ferrari y Leymonié Sáenz, 2007). En este sentido, podemos distinguir dos momentos: uno de larga duración, durante toda la secuencia de enseñanza donde se produce una evaluación diagnóstica continua o evaluación del proceso, y un momento final

donde se produce una evaluación sumativa, como resultado de todo el proceso, donde se deberá acreditar si el estudiante alcanzó o no los objetivos mínimos que se habían establecido.

Los alumnos serán evaluados tanto desde el punto de vista grupal como individual. Durante la evaluación del trabajo grupal se tendrá en cuenta la capacidad para manejar la información, de resolver la situación problemática a través de estrategias adecuadas, de trabajar en equipo. Para ello se llevará un registro del desempeño clase a clase, entrega de tareas o informes parciales, y el producto o elaboración final así como su defensa en una clase expositiva. Durante la presentación se evaluará la introducción (contextualización y objetivos claros), la presentación oral de los trabajos propuestos (si son completos, bien organizados, correctamente fundamentados), la discusión de los resultados (en cuanto a si la discusión presenta todos los aspectos tratados en clase o incluso otros no tratados en clase), y por último la presentación de las conclusiones (en cuanto si existen conclusiones con un análisis de posibles proyecciones u otras situaciones del problema).

Cronograma general de actividades previstas para la implementación de la innovación propuesta

Actividades	Detalle	Semana					
		1	2	3	4	5	6
Diseño y organización	– Reuniones con docentes del área, diseño de situación didáctica, plan de acción y actividades.						
Primera etapa: Apertura y presentación	– Presentación a los alumnos de modalidad de trabajo, problemática a abordar y enfoque que tomará según la asignatura						
	– Entrega de preguntas orientadoras que guiarán el desarrollo del proyecto y promoverán la realización de avances parciales y concretos en la resolución de la problemática						
	– Comunicación de las actividades a desarrollar durante la asignatura, fechas de entrega de informes parciales, informe final, y ejecución del trabajo experimental (Biotecnología I) o presentación final (Biotecnología II e Ingeniería metabólica).						
	– Comunicación de los métodos de evaluación						
Segunda etapa: Producción	– Se generarán espacios dentro del horario de cursada donde los alumnos con la guía del docente trabajarán en el tema en cuestión.					*	
	– Se generará a través de una plataforma digital espacios de intercambio de dudas y consultas, así como de entrega de informes de avance.					*	
	– Se solicitará un informe final del diseño (Biotecnología I y II) o del trabajo bioinformático (Ingeniería metabólica)					*	
	– Biotecnología I: Se realizará una puesta en común de los diseños experimentales de cada grupo. Confección de un diseño común a partir de estos aportes.						
	– Biotecnología I: preparación material, realización del trabajo práctico, análisis de los resultados						
Tercera etapa: Integración	– Se realizará una puesta en común donde se resaltarán los conceptos, conclusiones y reflexiones que devinieron de la actividad planteada						
Cuarta etapa: Evaluación	– Se realizará una evaluación tanto del desempeño de los grupos de trabajo (alumnos) como de la estrategia pedagógica abordada.						
	– Planificación de mejoras según resultados obtenidos.						

*En el caso de Biotecnología II e Ingeniería metabólica

***Participación por asignaturas en el desarrollo del Proyecto Integrador
“Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”***

Biología I

Situación de partida: La asignatura Biología I abarca el estudio de los diferentes tipos de cultivo para el crecimiento de microorganismos. En particular se evalúan 3 tipos de cultivos, denominados batch, batch alimentado y batch continuo, los cuales se analizan desde el punto de vista estequiométrico y cinético. Cada uno de estos tipos de cultivo se puede emplear para producir un producto biotecnológico de interés y la elección del tipo de cultivo más adecuado para producir un determinado bioproducto es competencia específica de un biotecnólogo. Es de esperar, entonces, que al finalizar Biología I los estudiantes no sólo manejen las concepciones teóricas de cada uno de estos cultivos sino que adquieran herramientas para decidir frente a situaciones prácticas concretas cuál será el tipo más adecuado.

En este sentido, uno de los objetivos que se plantean al abordar el tratamiento de un proyecto biotecnológico de relevancia en el área de salud como es el caso de **“Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”**, es que los estudiantes apliquen lo aprendido durante el desarrollo de la asignatura y sean capaces de tomar decisiones ante situaciones concretas.

Descripción del ambiente de aprendizaje

El curso se desarrolla por un lado en el aula, donde se dictan los teóricos y se realizan seminarios, y un laboratorio, el cual cuenta con diferentes tipos de biorreactores, bancos de flujo, autoclaves y equipamiento para realizar medidas experimentales que permiten realizar un seguimiento del crecimiento de los microorganismos en los biorreactores. Por otro lado, en el aula se ofrece condiciones para el trabajo expositivo con recursos como retroproyector y

pizarrón. Hay mesas de trabajo que facilitan el trabajo en grupo cuando es necesario.

Objetivos generales del curso Biotecnología I

Desarrollar en los estudiantes actitudes propias del quehacer de un biotecnólogo en lo relativo a la toma de decisiones frente a problemáticas biotecnológicas concretas.

Propiciar en los estudiantes una visión global de las problemáticas, teniendo en cuenta no sólo componentes técnicos, sino sociales, económicos y políticos que atraviesan dichas problemáticas.

Que los estudiantes sean capaces de comprender y aplicar en situaciones concretas los contenidos desarrollados.

Enfatizar la ética profesional que debe tener un biotecnólogo.

Objetivos específicos:

Analizar los diferentes tipos de cultivos batch, batch alimentado y continuo.

Analizar las aplicaciones y alcances de los diferentes tipos de cultivo.

Diseñar un trabajo experimental en un biorreactor.

Comprender el funcionamiento de un biorreactor, puesta en funcionamiento y muestreo.

Temas a desarrollar:

Los microorganismos en biotecnología.

Estequiometría del crecimiento microbiano.

Energética del crecimiento microbiano

Cinética del crecimiento microbiano

Transferencia de oxígeno.

Sistemas de cultivo. Batch, batch alimentado, continuo.

Obtención de productos.

Nutrición microbiana.

Estrategias de enseñanza:

El curso se desarrollará en modalidad semestral, existiendo una serie de clases teóricas donde se desarrollarán conceptos de estequiometría, parámetros cinéticos y sistemas de cultivo. A su vez durante los seminarios se desarrollarán una serie de problemas que abarcan estas temáticas en la forma de guía de problemas. Cabe señalar que esta configuración didáctica es la que actualmente se desarrolla en Biotecnología I. El presente Trabajo Integrador propone que a partir de los dos meses de cursada, donde los estudiantes ya cuentan con información suficiente como para entender y analizar una problemática de envergadura más general, se invitará a los estudiantes a desarrollar un proyecto biotecnológico. Para ello, se realizará una clase de presentación del Proyecto “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología”, donde se explicará que es un proyecto transversal a las tres asignaturas del área, que contempla en una primera etapa realizar un producción de proteína recombinante a escala piloto (Biotecnología I), para luego planificar el escalamiento de este producto a nivel industrial (Biotecnología II), y que en paralelo se evaluará la posibilidad de realizar modificaciones genéticas de la cepa productora de la proteína recombinante mediante modelados metabólicos y cálculo de productividad *in silico* (Ingeniería metabólica).

Metodología de trabajo de los docentes y estudiantes:

Los alumnos de Biotecnología I deberán realizar una puesta a punto de la producción de la proteína recombinante a escala piloto. Para ello deberán trabajar en grupos reducidos y tendrán la posibilidad no sólo de diagramar el trabajo experimental sino de realizarlo, siendo partícipes activos de todas las etapas, desde diseño, preparación de material, elaboración e interpretación de resultados. Es importante señalar que el clima de interacción entre los docentes y los alumnos debe ser dinámico, abierto y participativo. Los docentes debemos propiciar que los alumnos se planteen preguntas y formas de resolverlas, que experimenten libremente posibles soluciones y que tengan amplio acceso a bibliografía.

Contarán con 6 semanas para el desarrollo del proyecto, estando las primeras 4 semanas dirigidas al desarrollo de un diseño experimental y las últimas dos semanas al desarrollo del trabajo práctico y evaluación de los

resultados. Se realizarán una serie de preguntas orientadoras que guiarán el desarrollo del proyecto semana a semana. A través de este cuestionario se establecerán plazos de entrega de avances que facilitarán la organización del trabajo así como el seguimiento de las producciones. La entrega de información sobre los contenidos a desarrollar se irá dosificando a medida que el proyecto avanza, distribuyendo libros y trabajos científicos para que los estudiantes lean de fuentes concretas. Se estimulará la producción en grupo articulando la teoría con la práctica, promoviendo la asimilación de los contenidos desarrollados, la curiosidad intelectual y la concreción de un diseño experimental factible de ser realizado con las materias primas y material de laboratorio con el que se cuenta en la cátedra.

Cronograma de actividades

Primera semana: Presentación del proyecto, contextualización. La semana se dividirá en dos partes, durante la primera parte se dará lugar a la lectura de material bibliográfico respecto a metodologías generales para producción de vacunas así como el uso de tecnología recombinante para su producción. Una vez realizada esta primera descripción global se delinearán los alcances que tendrá el desarrollo del proyecto durante Biotecnología I. Es decir, se explicará que durante esta cursada deberán decidir el tipo de cultivo (batch, batch alimentado, o continuo) a utilizar, realizar un diseño del trabajo experimental, llevar el cultivo a la práctica, analizar los resultados. Durante la segunda parte se trabajará en una serie de preguntas disparadoras respecto a los diferentes tipos de cultivo y ventajas y desventajas para su uso en la producción de proteína recombinante.

Segunda semana: Se trabajará respecto a la cepa que utilizaremos para realizar el cultivo. En particular, se planteará trabajar con una cepa de *Escherichia coli* productora de una proteína recombinante en un antígeno inmunogénico contra las tos convulsa. Se investigará características de la cepa, requerimientos nutricionales y se trabajará en el diseño de medio de cultivo para su adecuado crecimiento. Se discutirá sobre el tipo de medio de cultivo (simple o complejo) cuyo empleo podría favorecer una mayor producción de producto, así como de cuál debería ser el sustrato limitante. La

lectura de diferentes trabajos científicos será la principal fuente bibliográfica en esta etapa.

Tercera semana: Se trabajará en el diseño del cultivo, etapas del proceso (batch-batch alimentado). Los alumnos deberán aplicar conceptos claves aprendidos durante la cursada como son transferencia de oxígeno, caudal de alimentación, tiempo de duración del cultivo, toma de muestra, parámetros que se medirán para seguir el proceso, entre otros.

Cuarta semana: Entrega de diseños por grupo, corrección por grupos y luego puesta en común donde se unificará el diseño teniendo en cuenta los aportes de los diferentes grupos. Cada grupo expondrá sus diseños en power point, posteriormente, se realizará un cuadro comparativo en pizarrón señalando las diferencias entre los diferentes diseños. Finalmente, teniendo en cuenta este cuadro, y ventajas y desventajas respecto a un diseño u otro, se tomarán decisiones entre alumnos y docentes respecto a cómo quedará el diseño final. Cabe señalar que esta etapa es necesaria por la imposibilidad material de que cada grupo realice un cultivo diferente (existe disponibilidad de un único biorreactor para la cátedra).

Quinta semana: Preparación de material y ejecución del trabajo práctico. A partir del diseño del medio de cultivo realizado los alumnos se organizarán en grupos y concurrirán al laboratorio para preparar el material necesario para el TP. Durante la ejecución del trabajo práctico se generarán espacios que favorezcan que todos los alumnos y alumnas puedan participar del inicio del cultivo, en donde conceptos importantes respecto al manejo y cuidados de un biorreactor son tratados. La toma de muestras se realizará en grupos de a cinco personas durante todo el día.

Sexta semana: Análisis y discusión de los resultados: Los alumnos analizarán los resultados del trabajo práctico y realizarán un informe que enviarán a los docentes. Durante la corrección se harán las observaciones que sean necesarias hasta que el análisis del trabajo práctico esté bien realizado y completo.

Evaluación:

Del proceso: semana a semana se trabajará sobre una serie de preguntas o consignas disparadoras que guiará el aprendizaje y organizará el estudio. Los estudiantes deberán entregar cada semana sus reflexiones y elaboraciones en base a las preguntas formuladas. La entrega de cada informe se realizará a través del entorno virtual.

Del producto: Se evaluará el diseño final al que cada grupo arribó así como la clase donde exponen sus producciones. A su vez se evaluará el informe final, una vez finalizado el trabajo práctico y evaluado sus resultados.

Ingeniería metabólica

Situación de partida: La asignatura Ingeniería metabólica se dicta en el primer semestre del quinto año de la Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular. Los estudiantes inician la cursada ya habiendo aprobado Biotecnología I y Bioquímica III con lo cual ya tienen un bagaje de conocimientos adquiridos que abarcan desde crecimiento de microorganismos en biorreactores, tipos de cultivo, aspecto estequiométricos y cinéticos del crecimiento microbiano, rutas metabólicas y producción de productos metabólicos. De esta forma, los estudiantes están preparados para adentrarse en el aprendizaje de conceptos relacionados con los flujos metabólicos, cálculo de flujos a partir de un modelado metabólico, detección de nodos o puntos de ramificación que condicionan la obtención de un alto rendimiento en producto y la predicción mediante modelado computacional de las mejores estrategias para mejorar la producción de productos en cepas de interés biotecnológico o la identificación de blancos terapéuticos en cepas patógenas.

En este sentido, uno de los objetivos que se plantean al abordar el tratamiento del proyecto “**Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología**” es que los estudiantes apliquen lo aprendido durante el desarrollo de la asignatura y sean capaces de proponer, a través del estudio *in silico*, modificaciones genéticas que podrían promover un mayor rendimiento en la producción del antígeno de interés.

Descripción del ambiente de aprendizaje

El curso se desarrolla en el Aula de PC, espacio que cuenta con más de 30 computadoras que tienen instalados los programas necesarios (Mathcad y Matlab) para el desarrollo de los seminarios prácticos. A su vez ofrece condiciones para el trabajo expositivo con recursos como retroproyector y pizarrón. También se cuenta con aulas sin computadoras donde hay mesas de trabajo que facilitan el trabajo en grupo y la lectura de material bibliográfico cuando sea necesario.

Objetivos generales del curso Ingeniería metabólica

Desarrollar en los estudiantes actitudes propias del quehacer de un biotecnólogo, aplicando recursos bioinformáticos para la toma de decisiones frente a problemáticas biotecnológicas concretas.

Incorporar procesos y metodologías que les permitan “aprender a aprender”.

Trabajar con otros estudiantes en grupo.

Propiciar en los estudiantes autonomía para la resolución de problemas.

Objetivos específicos:

Familiarizarse en el estudio de biología de sistemas.

Predecir el comportamiento de sistemas a partir de la utilización de técnicas informáticas.

Analizar los diferentes tipos de metodologías que permiten evaluar los flujos metabólicos. Estudiar las aplicaciones y alcances de las diferentes metodologías.

Promover el análisis crítico de una situación problemática y la propuesta de estrategias de resolución a través del análisis de flujos metabólicos.

Desarrollar autonomía para aprender nuevas técnicas bioinformáticas y el desarrollo de modelos *in silico*.

Temas a desarrollar

Biología de sistemas

Análisis de flujos metabólicos (AFM)

Análisis de balance de flujos (FBA)

Modos elementales

Estrategias de enseñanza:

El curso se desarrollará en modalidad semestral, existiendo una serie de clases teóricas donde se abordarán conceptos vinculados con la biología de sistemas y la ingeniería metabólica. Durante el desarrollo de los teóricos los alumnos realizarán un recorrido por los diferentes tipos de productos biotecnológicos y las estrategias utilizadas para incrementar su producción y/o disminuir los costos económicos a través de la utilización de materias primas más accesibles. A su vez durante los seminarios se introducirá a los estudiantes en el estudio del metabolismo y el análisis de los flujos metabólicos que conllevan al crecimiento y/o producción de dicho producto biotecnológico. Para ello durante los primeros dos meses se realizará durante los seminarios una breve explicación de las temáticas a abordar para luego dar lugar a la resolución de problemas de seminarios frente a la computadora. De esta manera los estudiantes se familiarizarán con conceptos básicos de análisis de flujos metabólicos, análisis de balances de flujos y modos elementales, así como con el manejo de los programas Mathcad y Matlab.

El presente Trabajo Integrador propone que a partir de los dos meses de cursada, donde los estudiantes ya cuentan con información suficiente como para entender y analizar una problemática de envergadura más general, se invite a los estudiantes a continuar con el desarrollo del proyecto "Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología" iniciado en la asignatura Biotecnología I, evaluando en este caso mediante el análisis de flujos metabólicos alternativas para mejorar la producción de proteína recombinante por la cepa *Escherichia coli*.

Metodología de trabajo de los docentes y estudiantes:

Los alumnos de Ingeniería metabólica deberán realizar un modelado matemático que permita, en una primera etapa, reproducir *in silico* los valores

experimentales obtenidos en Biotecnología I para la cepa *E. coli* productora de proteína recombinante, y en una segunda etapa simular en la computadora alteraciones en genes o grupo de genes con el fin de optimizar el rendimiento en dicho producto. Para ello deberán trabajar en grupos reducidos, buscar bibliografía acorde a través de la consulta de trabajos científicos, realizar un análisis de flujos metabólicos e identificar los caminos metabólicos más eficientes para la producción de la proteína de interés.

En cuanto al desarrollo del trabajo, los estudiantes contarán con 6 semanas para la realización del proyecto. Se realizarán una serie de preguntas orientadoras que guiarán el desarrollo semana a semana y se establecerán plazos de entrega de avances que facilitarán la organización del trabajo y el seguimiento de las producciones.

Cabe señalar que el proyecto que se propone a los estudiantes representa un gran desafío ya que conlleva decidir qué modelo metabólico utilizar, la metodología de análisis a utilizar acorde con el modelo elegido (FBA, AFM, modos elementales), así como evaluar la capacidad de este modelado de reproducir datos experimentales obtenidos previamente en Biotecnología I. En este sentido, cabe mencionar que posiblemente durante la ejecución del trabajo y dependiendo del camino elegido por los estudiantes para realizarlo, los docentes no tengamos todo bajo control en cuanto a cómo resolverlo y en algunos casos no se llegue a un resultado positivo en términos de que el diseño *in silico* logre reproducir datos experimentales. Sin embargo, es necesario preguntarse ¿Es realmente necesario conocer acabadamente la solución al problema que vamos a enseñar? ¿Es posible desarrollar la tarea de enseñar sin tener todo bajo control? ¿Es el docente esa figura que todo lo sabe, qué debe poder dar explicaciones a todo, y que funciona como un traductor de algo que los alumnos no comprenden? Desde el punto de vista del alumno, y de lo que pretendemos que se lleve de la cursada, ¿realmente importa el hecho de que la docente no maneje al cien por ciento los matices del problema a resolver? ¿Esta situación irá en detrimento de su capacidad de comprender el trabajo? Estas preguntas nos remiten casi obligadamente al texto de Rancièrre (2003). “La ausencia de explicación no necesariamente genera una incapacidad de comprensión. El maestro no necesita ser un explicador que pone luz sobre el alumno, incapaz de comprender sin las

palabras luminosas y experimentadas del docente. Todo lo contrario, es posible que el docente descubra con los alumnos. Los alumnos son capaces de aprender sin maestro explicador, pero no por ello sin maestro”. Y es perfectamente aplicable a este trabajo de innovación: “se puede enseñar lo que se ignora si se emancipa al alumno, es decir, si se le obliga a usar su propia inteligencia. El ignorante aprenderá sólo lo que el maestro ignora si el maestro cree que puede y si le obliga a actualizar su capacidad”.

Cronograma de actividades

Primera semana: Presentación del proyecto, contextualización. La clase se dividirá en dos partes, durante la primera parte se recuperarán los alcances que tuvo el proyecto “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología” durante Biotecnología I. Posteriormente se delinearán los objetivos que se perseguirán durante el desarrollo del Proyecto en Ingeniería metabólica. Es decir, se explicará que durante esta cursada deberán realizar un modelado metabólico y análisis de flujos que permitan predecir a través del análisis *in silico* aquellas modificaciones genéticas en la cepa productora que favorecerían el rendimiento en proteína recombinante y por lo tanto la productividad. Se realizarán una serie de preguntas disparadoras que conlleven a los estudiantes a buscar trabajos científicos en donde se hayan abordado temáticas similares mediante esta estrategia.

Segunda semana: Se realizará una lectura del material bibliográfico, se evaluarán las posibles formas de plantear el problema y se enumerarán los pasos a seguir para poder desarrollar el trabajo (con qué modelo de *E. coli* se trabajará, que herramienta informática se utilizará, cómo se utilizará y cómo se evaluarán los resultados).

Tercera y cuarta semana: Cada grupo desarrollará su trabajo contando con la guía de los docentes. Se organizarán clases de consulta y apoyo de ser necesario así como el entorno virtual para canalizar dudas y consultas.

Quinta semana: Entrega de los trabajos por grupo, corrección y discusión con el docente, evaluación de la necesidad de introducir cambios o

mejoras. Los estudiantes deberán evaluar cómo mejorarían las modificaciones genéticas planteadas a partir del análisis de flujos metabólicos la productividad de la proteína recombinante respecto a la de la cepa sin modificar.

Sexta semana: Se realizará la exposición de los trabajos desarrollados a través de exposiciones orales de cada grupo y se realizará una puesta en común de las diferentes formas de abordaje, así como los resultados obtenidos.

Evaluación:

Del proceso: Se tendrá en cuenta el grado de compromiso del grupo con el proyecto, la capacidad de investigar y buscar soluciones a problemáticas que puedan ir surgiendo durante la realización del modelado y la entrega en tiempo y forma de las elaboraciones parciales de cada grupo.

Del producto: Se evaluará el trabajo final, así como la clase donde exponen sus producciones. Se pondrá especial énfasis en evaluar las conclusiones a las que los estudiantes arriban a partir del análisis realizado.

Biotecnología II

Situación de partida: La asignatura Biotecnología II se puede cursar en el primer o segundo semestre del quinto año de la Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular. Los estudiantes arriban a esta asignatura habiendo cursado Biotecnología I y en muchos casos Ingeniería metabólica. Es de esperar, entonces, que los alumnos hayan optimizado la producción a escala piloto de la proteína recombinante y puedan encarar la última etapa del proyecto, esto es, elaborar un proyecto de purificación de la proteína recombinante.

Descripción del ambiente de aprendizaje

El curso se desarrolla en parte en un aula donde se dictan los teóricos y se realizan seminarios de problemas, y en parte en un laboratorio que cuenta con equipamiento necesario para el desarrollo de trabajos prácticos. Como se

mencionara anteriormente, el aula posee un retroproyector y pizarrón que facilitan la realización de presentaciones expositivas.

Objetivos generales del curso Biotecnología II

Desarrollar en los estudiantes actitudes propias del quehacer de un biotecnólogo en lo relativo a la toma de decisiones frente a problemáticas biotecnológicas concretas a escala industrial.

Propiciar en los estudiantes una visión global de las problemáticas, teniendo en cuenta no sólo componentes técnicos, sino sociales, económicos y políticos que atraviesan dichas problemáticas.

Integrar la lectura de materiales adecuados a este nivel formativo.

Enfatizar la ética profesional que debe tener un biotecnólogo.

Objetivos específicos:

Familiarizarse con conceptos generales de producción de productos biotecnológicos a gran escala.

Promover la investigación y búsqueda de información en diferentes fuentes (trabajos científicos, capítulos de libro, patentes de invención, etc).

Apropiarse de temáticas relacionadas con control de calidad y reglamentaciones vigentes para la comercialización y uso de productos biotecnológicos.

Temas a desarrollar:

Introducción a los procesos microbiológicos a gran escala

Diseño de biorreactores

Mezclado en biorreactores

Esterilización a escala industrial

Transferencia de oxígeno

Cambio de escala

Procesamiento productos biotecnológicos: “downstream process”:

Centrifugación, filtrado y ruptura celular a gran escala.

Purificación de productos

Estrategias de enseñanza:

El curso se desarrollará en modalidad semestral, existiendo una serie de clases teóricas donde se desarrollarán conceptos de cambio de escala, tipos de biorreactores, mezclado y transferencia de oxígeno, así como métodos de esterilización de grandes volúmenes de medio. A su vez durante los seminarios se realizarán trabajos prácticos relacionados con la puesta a punto de los diferentes biorreactores y se estudian las diferentes técnicas para procesar y purificar un producto de interés. Cabe señalar que la cátedra actualmente realiza tres trabajos prácticos relacionados con la temática biorreactores y diseño que tratan conceptos de reactor tubular, flujo pistón y funcionamiento de reactores enzimáticos. Los trabajos prácticos se realizan de forma secuencial donde los resultados de un trabajo experimental son utilizados para diseñar el siguiente acercándose progresivamente a la solución integral del sistema. De esta forma la asignatura incorpora de forma global esta temática. Sin embargo, hay una segunda parte de la materia que aborda la temática relacionada con el procesamiento de productos de interés biotecnológico y su purificación. El presente Trabajo Integrador propone abarcar esta última temática, proponiendo a los estudiantes que realicen un protocolo de purificación del producto de interés, o sea de la proteína recombinante con aplicación en vacunología, teniendo en cuenta sus características (localización) y el uso final que se le dará.

Metodología de trabajo de los docentes y estudiantes:

Los alumnos de Biotecnología II deberán realizar un protocolo de purificación de la proteína recombinante producida durante Biotecnología I. Para ello deberán trabajar en grupos reducidos y tendrán que definir qué métodos utilizarán teniendo en cuenta el uso final que se le dará al producto y las regulaciones vigentes. Para ello se les suministrará material bibliográfico de partida que delimite la problemática y una serie de preguntas que guiarán el aprendizaje. Los estudiantes deberán ampliar esta información mediante la realización de nuevas búsquedas bibliográficas. Contarán con 6 semanas para el desarrollo del proyecto y podrán realizar experimentos sencillos para tomar

decisiones cuando sea necesario, los cuales deberán estar debidamente justificados.

Cronograma de actividades

Primera semana: Se retomará el proyecto “Producción de proteínas recombinantes con aplicación en vacunología” a través de la revisión de los avances que se han realizado para la ejecución del mismo durante las asignaturas Biotecnología I e Ingeniería metabólica. Se enmarcará el objetivo a desarrollar durante Biotecnología II, referido al estudio y desarrollo de un protocolo de purificación del producto de interés. Se motivará a que los estudiantes expongan a través de una “lluvia de ideas” qué factores deben ser considerados al momento de tomar una decisión respecto al protocolo de purificación de un producto biotecnológico. Esta actividad permitirá a los docentes saber los conceptos previos que tienen los estudiantes sobre la temática. Posteriormente se entregará material general respecto a los procesos de purificación de diferentes productos biotecnológicos y una serie de preguntas que tenderán a generar que los estudiantes discutan y evalúen cuáles son los aspectos relevantes y críticos a tener en cuenta para encarar este proyecto.

Segunda y tercera semana: Habiendo ya reflexionado de forma global sobre la temática, nos focalizaremos a partir de ahora en el producto de biotecnológico de interés (proteína recombinante con aplicación en vacunología) y posibles métodos de purificación. Para ello se distribuirá material acorde entre los grupos que discutirán diferentes posibilidades de purificación. Los alumnos deberán plantear un cuadro sinóptico donde planteen las distintas etapas del proceso. Es posible que a través de la lectura de material bibliográfico los estudiantes reflexionen acerca de la necesidad de conocer la localización de la proteína recombinante (si se encuentra en citoplasma, cuerpos de inclusión o se secreta al medio extracelular) para comenzar el diseño. En ese caso se facilitarán protocolos experimentales que permitirán discernir estos aspectos y se generarán los espacios para que los estudiantes puedan realizar los ensayos. Se promoverá la autonomía de los

estudiantes en esta etapa, propiciando que participen activamente y organicen la actividad experimental en coordinación con los docentes del área.

Cuarta y quinta semana: Los alumnos trabajarán en la producción de un protocolo de purificación acorde con el material de partida y su aplicación. Durante la clase los docentes tendremos reuniones con cada grupo donde intercambiaremos cuestiones relacionadas a cómo están pensando el problema, puntos a revisar y/o profundizar, y factores a tener en cuenta. También se discutirá sobre las fuentes bibliográficas consultadas, y se recomendará material adicional en caso de ser necesario. Se establecerán pautas que delimiten el grado de profundización y desarrollo de cada etapa planteada. La entrega de avances semana a semana se realizará a través del entorno virtual donde los docentes podremos ver los avances y realizar comentarios para mejorar el trabajo.

Sexta semana: Cada grupo defenderá sus producciones frente al resto de sus compañeros. Se realizará una discusión integradora donde se evaluarán las ventajas y desventajas de cada uno de los protocolos presentados. Finalmente se realizará una evaluación del proyecto en su totalidad, su recorrido a través de las diferentes asignaturas del área, las perspectivas de la temática, así como aportes que se puedan hacer desde otros campos y/o disciplinas.

Evaluación:

Del proceso: se evaluará el trabajo en grupo, las contribuciones de cada integrante durante los encuentros con el docente, el grado de compromiso con el proyecto (búsqueda de material, generación de idea, planteo de interrogantes, etc.)

Del producto: Se evaluará el diseño final así como la clase expositiva. La nota final ponderará el trabajo en el marco del proyecto integrador y la nota del parcial.

Resultados esperados

Se espera que a través de esta propuesta pedagógica se genere un cambio positivo en la forma de abordar las materias por parte de los y las alumnas. Propiciando que la meta final no sea simplemente aprobar una materia más de la carrera, sino lograr que un proyecto concreto con relevancia en el campo de acción profesional de un biotecnólogo se ponga en marcha. Este planteamiento podría tener consecuencias positivas a la hora de encarar las asignaturas. Es decir, el abordar el estudio desde otra perspectiva, donde la motivación fundamental esté relacionada con la optimización de la producción de un producto biotecnológico, determinará que la actividad sea percibida como un desafío que a su vez permitirá adquirir una determinada competencia. A su vez se disminuiría la disociación entre teoría-práctica, a través del desarrollo de un aprendizaje relevante que provoque la reconstrucción del conocimiento empírico en el alumno (Perez Gómez, 1993). El aprendizaje de esta forma podría orientar a la comprensión en vez de a la mera repetición de lo aprendido y fomentaría un uso estratégico de los conocimientos adquiridos. Así, se espera que el trabajo pedagógico planteado tenga un rol relevante en términos de apuntalar, de vincular y emancipar, movilizándolo su energía en retos intelectuales que contribuyan a autonomizar a los y las estudiantes en el terreno de su profesión.

Por último, a través del aprendizaje basado en proyectos se espera que los estudiantes se familiaricen con los diferentes matices y cuestiones a tener en cuenta a la hora de abarcar un problema u objetivo de índole biotecnológica, a trabajar en equipo, a comunicar, argumentar y defender sus producciones, todas ellas cuestiones que forman parte del currículum oculto y son de relevancia en la formación profesional.

5. Evaluación del trabajo final integrador

La evaluación tendrá como fin estudiar no sólo el impacto del trabajo en la resolución de la problemática abordada sino también evaluar la posibilidad de introducir mejoras para avanzar en la consecución de los objetivos planteados. La evaluación seguirá un modelo de acción interpretativo y social,

que tendrá en cuenta a todos los actores involucrados, desde los alumnos hasta todo el personal docente. Se realizará a lo largo de todas las etapas del proyecto, desde la planificación, adopción, desarrollo e implementación del proyecto (evaluación del proceso) hasta el análisis de los resultados (evaluación del producto) (Saez y Nieto, 1995).

Evaluación global del proceso

La evaluación del proceso tendrá por finalidad valorar cómo se está desarrollando la cursada, realizando una verificación continua de la puesta en práctica. Los docentes realizaremos breves informes en los cuales volcaremos el análisis de las siguientes cuestiones:

-¿Cómo ha sido la recepción del personal docente frente a los cambios en la modalidad de cursada implementados? ¿Se han sentido partícipes de este cambio?

-¿Cómo ha sido la recepción por parte de los alumnos de la propuesta planteada?

-¿Qué ha ocurrido durante la implementación del proyecto? Qué factores están facilitando o dificultando su desarrollo?

-¿Qué tipo de relaciones se han establecido entre los docentes-alumnos?

Evaluación del producto

Se realizará una interpretación y valoración de los logros alcanzados y la incidencia que ha tenido el proyecto en el desarrollo de la cursada. Para ello se tendrán en cuenta los distintos actores involucrados en el proceso, esto es: alumnos y docentes.

En particular interesa responder las siguientes cuestiones:

-¿Se han alcanzado los objetivos y metas propuestas?

-En qué grado se han alcanzado los objetivos o se han producido cambios?

-En qué medida el proyecto puede servir como puntapié para otros cambios?

Para resolver estas cuestiones nos valdremos de las siguientes herramientas:

- 1) Realización de encuestas a los alumnos
- 2) Evaluación del rendimiento de los alumnos (relación entre los resultados obtenidos durante la realización de los trabajos grupales y los resultados de las evaluaciones individuales al final de la cursada).
- 3) Reunión docente al fin de la cursada donde se analizarán las encuestas, los resultados de los exámenes y los informes docentes. Se evaluará el grado de alcance de los objetivos planteados y se planteará la necesidad de introducir cambios y/o mejoras.
- 4) Reuniones con docentes del Área donde se evaluará en qué grado las concepciones teóricas y prácticas han sido asimiladas, en qué grado el proyecto favoreció la integración de los contenidos.

6. Reflexiones finales

El sistema universitario argentino tiene en sus universidades públicas una de las principales herramientas para formar ciudadanos comprometidos y preparados para dar respuesta a las necesidades de la población donde viven. En este sentido, el Estatuto de la UNLP (reformado en el 2008) señala que la Universidad procurará que los estudiantes y docentes “tengan juicio propio, espíritu crítico, curiosidad científica, iniciativa y responsabilidad”, fomentará “la investigación básica, humanística, artística y aplicada, así como el desarrollo, la innovación y la vinculación tecnológica” y perseguirá “contribuir a la búsqueda de respuestas a problemas sociales, fundamentalmente de aquellos sectores más vulnerables por no tener sus derechos esenciales garantizados”. Esto supone que los programas curriculares contemplen una formación sustentada en valores que contribuyan al desarrollo de habilidades personales y sociales. Dichas habilidades deben ser contempladas en la definición del perfil del docente universitario y en nuestros proyectos de enseñanza. En este sentido, recorrer instancias de formación que nos permitan evaluar, reflexionar y

resignificar nuestras prácticas es sumamente necesaria. Como ocurre con otras prácticas sociales, la docente se caracteriza por ser sumamente compleja, ya que se desarrolla en escenarios singulares, atravesada por contextos particulares, que dificultan su generalización. Son múltiples los determinantes que atraviesan y complejizan las prácticas y que impactan en nuestra tarea cotidiana. Como docentes, debemos ser conscientes y estudiosos de las culturas y los significados específicos que se producen en relación con ellas. Se trata, como señala Edelstein (2002), de realizar una reconstrucción crítica de la propia experiencia (individual y colectiva), poniendo en tensión las situaciones, los sujetos en las mismas, sus acciones y decisiones y los supuestos implicados. Hacia adentro de las cátedras, esta reflexión incluye realizar un análisis crítico sobre los contenidos de las materias y su presentación a fin de promover la comprensión y apropiación por parte de los estudiantes; la consideración de intereses, ideas previas, procesos de desarrollo cognitivo por parte de los alumnos; la reflexión sobre los contextos sociales y políticos de la enseñanza superior, las asunciones arraigadas en los distintos agentes de la comunidad, y también las resistencias a las transformaciones. En este nivel de análisis, cabe asimismo aludir al tipo de organización en que esta práctica se inscribe, surcada por una red burocrática y una organización jerárquica. Analizar nuestras prácticas de enseñanza, su complejidad y problemática es, en este sentido, determinante para repensarlas y mejorarlas, para evitar caer en la dominancia de rutinas y viejos modelos internalizados sin criticidad. El recorrido por la Carrera de Especialización Docente Universitaria ha funcionado como un gran disparador para la revisión de mis prácticas docentes, de los modelos incorporados, de sus ideas y enfoques, para reflexionar sobre nuestro rol como formadores de futuros biotecnólogos, que deberán llevar adelante proyectos de envergadura científica y tecnológica, que tengan en cuenta las necesidades de la población. Este análisis me ha llevado a repensar la tarea dando fruto a la propuesta de innovación presentada en este trabajo. Se trata de una propuesta de intervención didáctica que intenta servir a los fines de enseñanza teniendo en cuenta las peculiaridades del área, sus complejidades, sus lógicas disciplinares y la posibilidad de que sea apropiada por los sujetos en los contextos particulares donde se desarrollará. Intenta avanzar en el desarrollo y fomento

de una enseñanza que no se reduzca únicamente a que los estudiantes comprendan los conocimientos específicos; sino que persiga formar profesionales competentes a través del ofrecimiento de escenarios de prácticas que les permitan aprender haciendo. De esta manera, la propuesta fomenta no sólo una mayor articulación entre las materias del área, sino el desarrollo de habilidades de transferencia y la reflexión sobre el rol del biotecnólogo en el desarrollo de un sistema científico tecnológico soberano. Dicha propuesta de intervención surge del entendimiento de que, en un mundo en el que el conocimiento cambia con velocidad exponencial, no es posible sostener prácticas docentes anquilosadas en modelos de enseñanza tradicionales, en las que el profesor trasmite sus conocimientos a los alumnos y éstos se limitan a su mera reproducción. Surge de comprender que el verdadero valor de una práctica pedagógica está centrado en el enseñar a aprender, a identificar fuentes válidas de información y conocimiento y a disponer de capacidades de indagación y resolución de problemas que permitan adaptarse a escenarios y situaciones complejas. Es mi deseo que este trabajo nos invite a repensarnos como docentes de la Universidad Pública y sirva como insumo que nos incentive a iniciar un camino de análisis y reflexión integral de las prácticas docentes desarrolladas en la carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular.

Bibliografía

- Aebli H. (1958). "Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget", Kapelusz, Buenos Aires
- Alonso Tapia, J. (1997). "Motivar para el aprendizaje. Teoría y estrategias". Barcelona EDEBE. Cap. 1 "Un problema: ¿Qué hacer para motivar a mis alumnos?".
- Ames, C. (1992-a). "Classrooms: goals, structures and student motivation", *Journal of Educational Psychology*, 84, 3, 261-271.
- Aristi, P. y otros (1989). "La identidad de una actividad: ser maestro". DIE. CIEA del IPN. México. DF.
- Blanco, Nieves (1994). "Teoría y desarrollo del curriculum". Aljibe. Málaga, 1994.
- Bruner, J. (1962). "Hacia una teoría de la instrucción", UTHEA, México.
- Camilloni, A. y otros (1996). "Corrientes didácticas contemporáneas". Paidós Bs. As.
- Cliff W. H., Wright A. W. (1996). "Directed case study method for teaching human anatomy and physiology". *Advances in Physiology Education* 15, 19-28.
- Cliff W. H., Nesbitt-Curtin L. (2000) "The directed case method". *Journal of College Science Teaching* 30 (1), 64-66.
- Coscarelli, María Raquel (2010). "Currículum y Proyectos". Ficha de Cátedra. Teoría y desarrollo del curriculum, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata.
- Chiva, O., Martí, M. (2016). "Métodos pedagógicos activos y globalizadores. Conceptualización y propuestas de aplicación". Barcelona, Graó.
- Da Silva, T. (1999). "Documentos de Identidad. Una introducción a las teorías del currículo". Editorial Belo Horizonte
- Davini, M. C. (2008). "Métodos de enseñanza", Buenos Aires, Santillana.

De Sousa Santos, B. (2007). La universidad en el siglo XXI: para una reforma democrática y emancipadora de la universidad. CIDES-UMSA, ASDI y Plural Editores, Bolivia.

Díaz Barriga, A. (2005). "El docente y los programas escolares". Ediciones Pomares, México.

Díaz Barriga, A. (2006). "La educación en valores: Avatares del currículum formal, oculto y los temas transversales". Revista Electrónica de Investigación Educativa, 8 (1).

Díaz Barriga, A. (2007). "Didáctica y currículum. Convergencias en los programas de estudio". Edición corregida y aumentada. Paidós Educador.

Domènech-Casal (2017). "Aprendizaje basado en proyectos y competencia científica. Experiencias y propuestas para el método de estudio de casos". X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona.

Edelstein, G. y Litwin, E. (1993). "Nuevos debates en las estrategias metodológicas del currículum universitario" en Revista Argentina de educación. Año XI N° 19, A.G.C.E., Bs. As.

Edelstein, G. (2000). "El análisis didáctico de las prácticas de la enseñanza. Una referencia disciplinar". En Revista IICE. Año IX, N° 17. Miño y Dávila y Facultad de Filosofía y Letras-UBA.

Edelstein, G. (2002). "Problematizar las prácticas de enseñanza" PERSPECTIVA, Florianópolis, v.20, n.02, p.467-482

Edelstein, G. (2005). "Enseñanza, políticas de escolarización y construcción didáctica". En: FRIGERIO, Graciela y DIKER Gabriela (Comps.) Educar: ese acto político. Del estante Editorial. Bs. As.

Edelstein, G. (2011). "Formar y formarse en enseñanza". Buenos aires: Paidós

Edwards, V. (1988). "El conocimiento escolar como lógica particular de apropiación y alienación". Mimeo.

Feldman, D. (2015). "Para definir el contenido: notas y variaciones sobre el tema en la universidad. Trayectorias Universitarias", 1(1).

Fiore Ferrari, E. y Leymonié Sáenz, J. (2007). "Didáctica práctica para enseñanza media y superior". Capítulo 10: La evaluación en el aula. Editorial grupo Magro, Uruguay.

Font, A. (2004). "Líneas maestras del aprendizaje por problemas". Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 18 (1), 81-97.

Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (1998). "Comprender y transformar la enseñanza". Edición 7ª. Madrid, Morata.

Glew, R. H. (2003). "The problem with problem-based medical school education: Promises not kept". Biochemistry and Molecular Biology Education, 31, 52-56.

Grau, R. (2009). "Altres formes de fer ciència. Alternatives a l'aula de secundària". Rosa Sensat, Barcelona.

Herreid, C. F. (1994). "Case studies in science: A novel method for science education". Journal of College Science Teaching, 23 (4), 221-229.

Herreid, C. F. (2003). "The death of problem-based learning?" Journal of College Science Teaching, 32 (6), 364-66.

Hudson, J. N., Buckley, P. (2004). "An evaluation of case-based teaching: Evidence for continuing benefit and realization of aims". Advances in Physiological Education, 28, 15-22.

Jackson (1975). "La vida en las aulas". Ed. Morova, Madrid.

Lipsman, M. (2002). "Nuevas propuestas de evaluación en las prácticas de los docentes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. La innovación en la evaluación". Tesis de maestría. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Lucarelli, E. (2003). "Innovaciones educativas en la formación docente". Revista Nordeste

Meirieu, P. (1998). "Frankenstein educador", Laertes. Barcelona.

Nentwig, P. y Waddington, D. (eds.) (2005). "Making it relevant. Context based learning of science". Munich. Waxmann.

Pardo Merino, A. y Alonso Tapia, J. (1990). "Motivar en el aula", Madrid, Servicio de publicaciones de la Universidad Autónoma.

Pérez Gómez, Ángel (1993). "La reflexión y la experimentación como ejes de la formación de profesores", Univ. De Málaga, España.

Pozo, J. I. y Pérez Echeverry, M. (2009). "Aprender para resolver y comprender problemas" En: Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias. Madrid, Morata .pp 31-53

Pressley, El-Dinary, P. B., Marks, M., Brown, R. y Stain, S. (1992): "Good strategy instruction is motivating and interesting", en K. A. Renninger, S. Hidi y A. Krapp (Eds): The role of interest in learning and development (pp. 333-358), Hillsdale, Nueva York, Lawrence Erlbaum.

Ramírez S, Mancini V. (2017). "Reflexiones acerca de algunas consideraciones para el diseño de propuestas didácticas en ciencias exactas y naturales en el nivel universitario". Trayectorias Universitarias, Vol 3, Nro 5.

Ramírez, S. y Mancini, V. (2017b). "Gestión de estrategias para transformar las prácticas en la universidad: reflexiones con docentes de ciencias exactas. Primeras Jornadas Sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales. Fac. Cs. Exactas. UNLP, 29-30 de agosto de 2017.

Rancière, J., y Estrach, N (2003). "El maestro ignorante: Cinco lecciones sobre la emancipación intelectual". Laertes, Barcelona.

Saez, J. y Nieto, J.M. (1995). "Evaluación de programas y proyectos educativos o de acción social. Directrices para el diseño y ejecución". Revista Universitaria de Pedagogía Social N° 10.

Sánchez, I.R; Moreira, M.A. y Caballero M.C. (2009). "Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas". Ingeniare. Rev. chil. ing. [online]. 17(1). 27-41.

Skilbeck, M. (1980). "Curriculum issues in Australia 1970-1990". Compare, II, 1. 59-76.

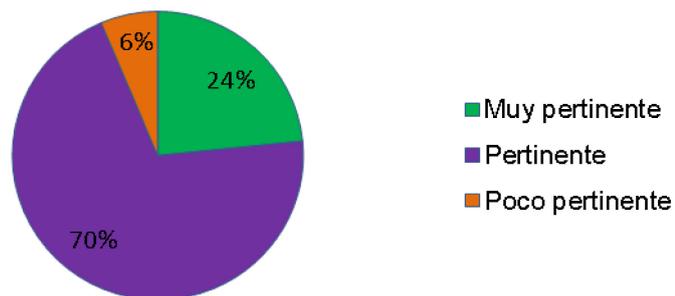
Taba, H. (1974). "Elaboración del currículum", Troquel, Buenos Aires.

Anexo I

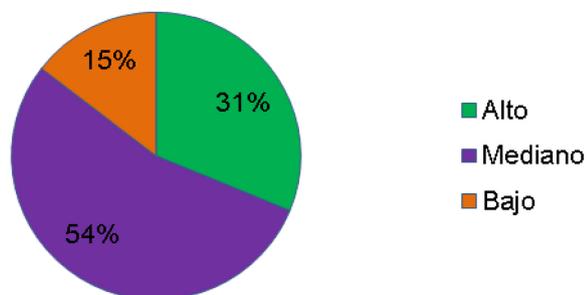
Encuesta Ingeniería metabólica 2017

Número de encuestados: 48 alumnos

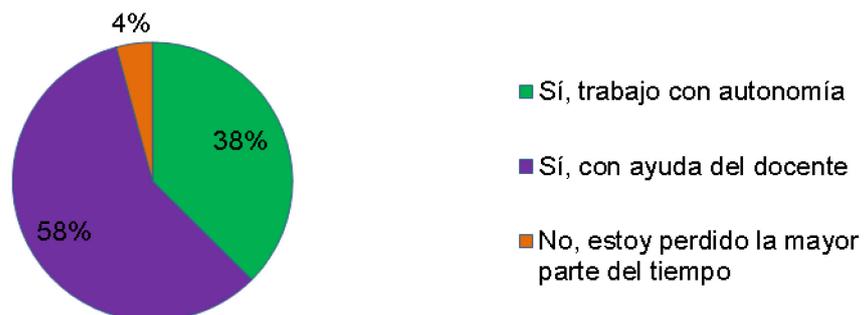
Pregunta 1: ¿Cómo calificarías a la materia Ingeniería metabólica en cuanto a su utilidad para el desarrollo profesional?



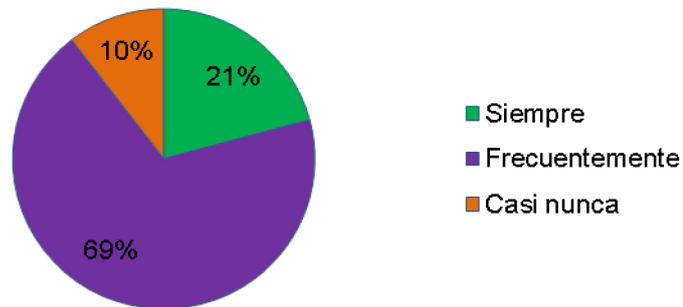
Pregunta 2: Los contenidos abordados en la práctica, ¿en qué grado podrían servirte para aplicarlos a otras situaciones, por ejemplo, posible líneas de investigación?



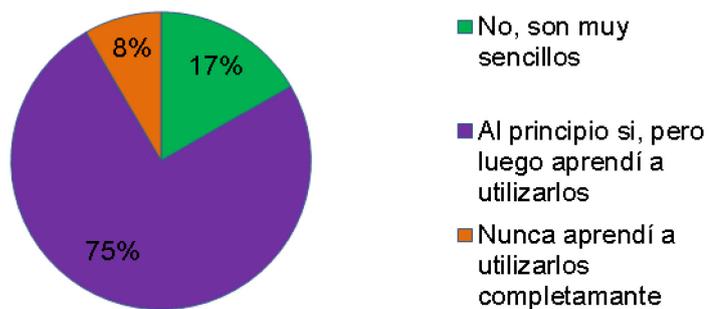
Pregunta 3: ¿Sentís que durante la práctica tenés un rol activo en la resolución de problemas?



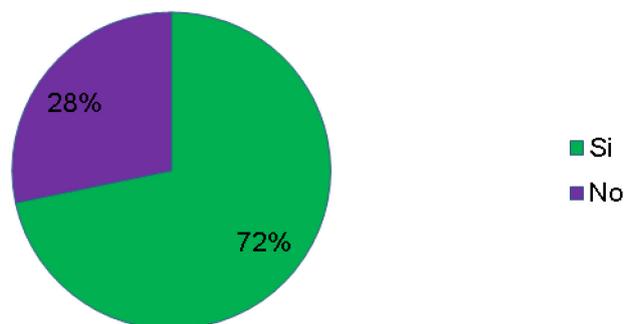
Pregunta 4: Al terminar los seminarios de resolución de problemas, ¿lográs comprender los conceptos dictados?



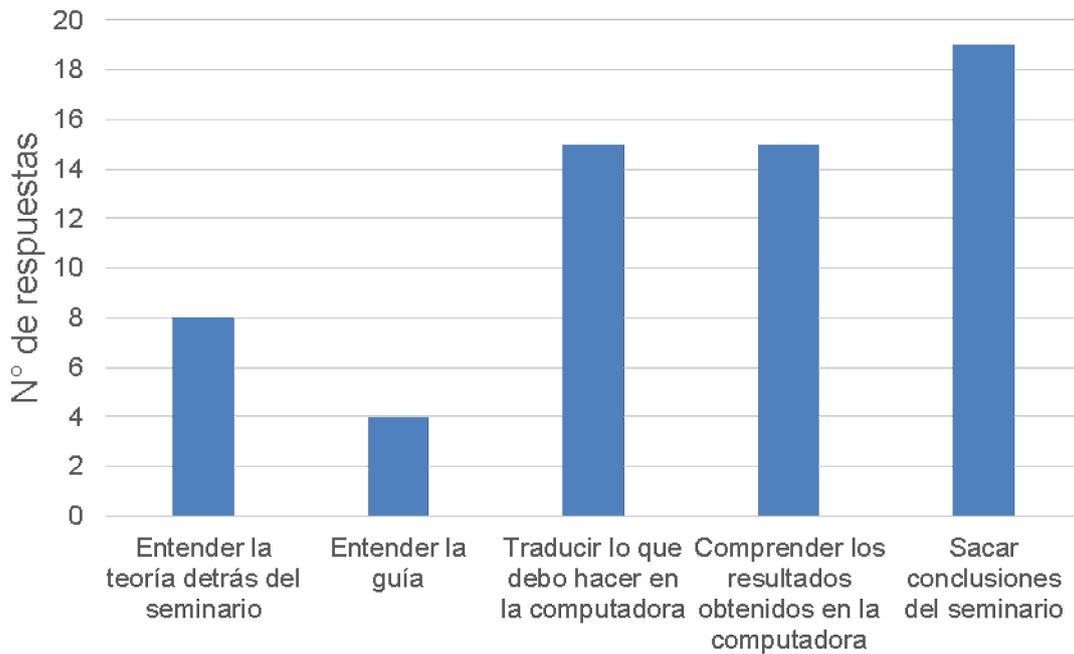
Pregunta 5: ¿Te resultó difícil la utilización de los software para la resolución de los problemas?



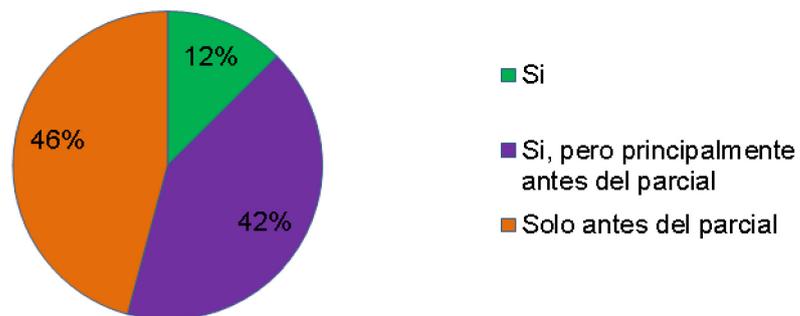
Pregunta 6: ¿Considerás que algunos de los software empleados en la materia te servirán en el futuro?



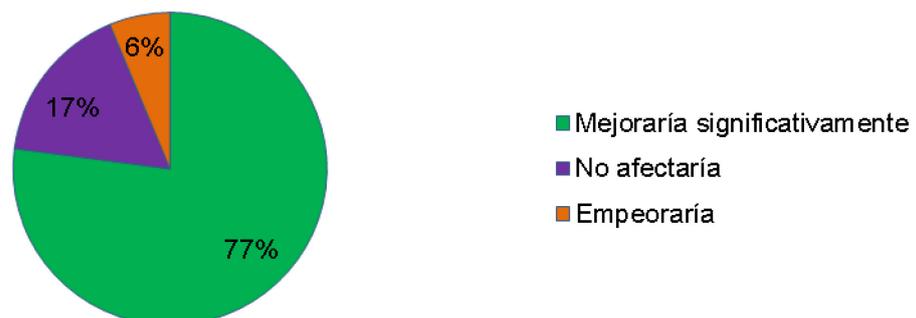
Pregunta 7: ¿Qué actividad te cuesta más durante los seminarios?



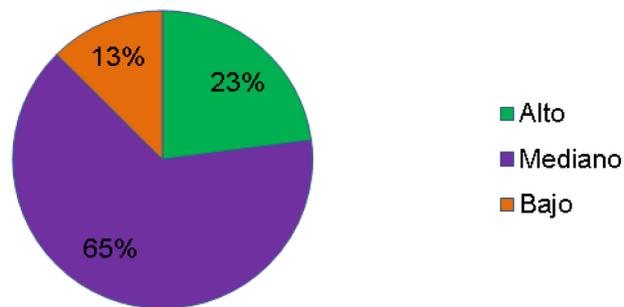
Pregunta 8: Durante el semestre ¿estudiaste regularmente la materia?



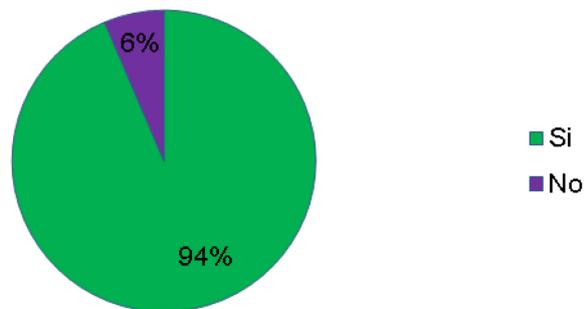
Pregunta 9: ¿Cómo crees que afectaría en el aprendizaje de la materia la implementación de un trabajo de investigación grupal cuyo objetivo sea resolver una determinada problemática utilizando diferentes herramientas informáticas?



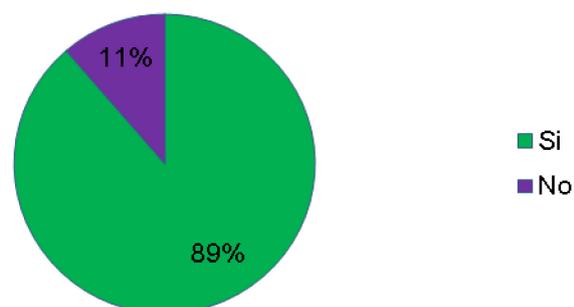
Pregunta 10: ¿En que grado consideras que los contenidos son fácilmente articulados con conocimientos adquiridos en otras asignaturas de la carrera?



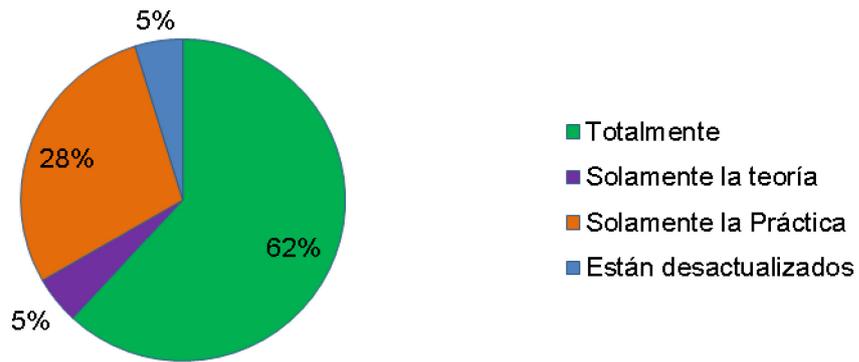
Pregunta 11: ¿Crees que la dinámica de trabajo en los Seminarios es adecuada?



Pregunta 12: ¿Te pareció correcta la forma de evaluar los conocimientos adquiridos?



Pregunta 13: ¿En qué grado consideras que los contenidos dictados en la cátedra están actualizados?



Asociaciones significativas

- Pregunta 4 y 11 (Test de Chi-cuadrado $p < 0,01$):

Las personas que al terminar los seminarios lograron comprender los conceptos dictados en los seminarios están asociadas con los que creen que la dinámica de trabajo en los seminarios es adecuada.

De manera inversa, las personas que no lograron comprender los conceptos en los seminarios se asocian con las que creen que la dinámica de los seminarios es inadecuada.

- Pregunta 11 y 12 (Test de Fisher $p < 0,05$)

Las personas que consideran que la dinámica de trabajos en los seminarios es adecuada también consideran que es correcta la forma de evaluar los conocimientos adquiridos.