



Universidad Nacional de La Plata

Especialización en Docencia Universitaria (Modalidad a Distancia)

Trabajo Final Integrador

2021

Título: “Nuevo enfoque para la enseñanza y el aprendizaje de Física Básica en la carrera de Biología Molecular”

Autora: Romina Vanesa Torres Astorga

Directora: Dra. Myriam Villegas

Co-directora: Esp. Ana Ungaro

Índice

Resumen	2
Introducción	3
1. CAPÍTULO 1: Contextualización de la propuesta de innovación	5
1.1. La carrera de Biología Molecular	5
1.2. El programa de la asignatura Física	7
1.3. Situación problemática	8
1.4. Propósito general	10
1.5. Propósitos específicos	10
2. CAPÍTULO 2: Marco conceptual	12
2.1. Aproximaciones a la noción de curriculum	12
2.2. Pensar la enseñanza	13
2.3. Didáctica en la enseñanza de Física: modelos	15
2.4. Metodología de enseñanza basada en Problemas (ABP)	19
3. CAPÍTULO 3: Proyecto de innovación	22
3.1. La relevancia de generar innovaciones en la enseñanza y en los procesos de formación universitaria	22
3.2. Rasgos principales que caracterizan las innovaciones y las dimensiones a considerar en su elaboración	23
3.3. ¿Por qué innovar en Física de la carrera de Biología Molecular de la UNSL?	24
4. CAPÍTULO 4: Desarrollo de la propuesta de innovación	25
4.1. A. Diagnóstico	25
4.1.1. Análisis de fuentes	25
4.1.2. Entrevistas Semiestructuradas	29
4.2. B. La estructuración de los contenidos del programa de la asignatura	33
4.3. C. Aplicación de la metodología ABP en 3 unidades conceptuales importantes	35
4.3.1. Fuerzas magnéticas y campos magnéticos	36
4.3.2. Ondas, luz, óptica e imágenes	39
4.4. D. Modelos de evaluación adecuados a la propuesta didáctica	42
5. CAPÍTULO 5	45
5.1. Consideraciones finales	45
5.2. Bibliografía	46
5.3. Anexo 1: Programas de los cursos y materias analizadas	49

Resumen

La asignatura Física de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular presenta actualmente un programa curricular de diseño general. El mismo es un recorte en el cual se ha buscado incluir gran cantidad de unidades temáticas que hacen a la física general. Es por ello que este gran compendio de unidades y conceptos conforman una asignatura muy amplia y de alta demanda temporal para los estudiantes, con el consecuente aumento en el número de deserción en la asignatura. El perfil particular propio de la carrera de Biología Molecular es diferente al perfil de la carrera de Física, sin embargo el abordaje que se le da a la asignatura Física dentro de la carrera de Biología Molecular esta diseñado desde la óptica de un físico. Se propone entonces revisar la propuesta curricular de la asignatura para encontrar los conceptos y enfoques que no deberían aparecer en dicho plan, para darle mayor espacio y profundidad a los contenidos que son esenciales aprender para los egresados de esta carrera. La intención es utilizar el enfoque de resolución de problemas de real interés -para biología molecular- en forma grupal, aunque acompañados con el equipo docente, en reemplazo de la estructura que divide a la asignatura en 3 compartimentos: clases teóricas, prácticas y laboratorios. Esta adaptación del programa y de la metodología de enseñanza busca dotar al estudiante tanto de conceptos útiles para su formación como de elementos prácticos relativos a la forma de hacer ciencia cuando se busca responder preguntas científicas.

Introducción

El presente trabajo final tiene por objeto la reestructuración del currículum de la enseñanza de Física en la carrera de Licenciatura en Biología Molecular de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) con una mirada desde la enseñanza y aprendizaje acorde al perfil del estudiante de esta carrera.

La característica principal de la forma de enseñar física en la mencionada carrera y en muchas otras de la misma universidad, es la aplicación del modelo tradicional de enseñanza donde el o la docente lleva a cabo su clase teórica de carácter expositiva frente a los y las estudiantes que en forma pasiva atienden a las clases, para luego intentar aplicar estos conocimientos teóricos en la resolución de ejercicios y problemas no siempre representativos de sistemas reales. Para analizar la problemática es necesario mencionar sus causas. Una de ellas es la poca instrucción en didáctica que reciben los profesionales que se desempeñan como docentes, lo que lleva al desconocimiento de nuevas y alternativas formas de enseñanza. Esta última acompañada de la seguridad en el método tradicional ya que es el método más utilizado por pares y es con el que aprendieron cuando estudiantes. Finalmente el escaso tiempo de planificación que el cuerpo docente dispone para rediseñar toda la asignatura conforma otra de las posibles causas.

La investigación de esta problemática educativa se realizó por el interés de conocer qué mejoras se podrían realizar tanto al currículum de la asignatura como a la metodología de enseñanza, de modo de buscar una mejor articulación entre los conocimientos que los estudiantes de Biología Molecular necesitan y la forma en la cual se enseñan. Los estudiantes de biología molecular que se sientan cómodos y seguros de los conceptos físicos y de la forma en la que resuelven los problemas reales, desde el comienzo de su educación, estarán mejor posicionados para contribuir a resolver interrogantes futuros, lo que propiciará el avance científico.

La metodología de investigación para este trabajo partió de búsquedas bibliográficas en el campo de la enseñanza, particularmente en la enseñanza de física y en la enseñanza para carreras de corte biológico. Además se realizaron entrevistas semi-estructuradas y escritas a docentes y egresados de la carrera. Se analizaron las respuestas de las entrevistas para encontrar puntos en común y opiniones encontradas entre los entrevistados. En Argentina hay solo 2 carreras universitarias de Biología Molecular, una en UNSL y la otra en la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Se analizaron sus correspondientes programas de Física, en cuanto a contenidos, duración de las asignaturas y metodología didáctica aplicada. Con todos estos elementos se buscó configurar una propuesta curricular articulada con una metodología acorde a la asignatura y al futuro quehacer científico de los egresados de Biología Molecular.

El Trabajo Final está estructurado en 5 Capítulos, donde:

En el **Capítulo 1** se realiza la contextualización de la situación, se describen brevemente los objetivos de la carrera de Biología molecular y las características del programa de la asignatura Física en la carrera. Se pone en evidencia las falencias actuales en la enseñanza de la asignatura y se detallan los propósitos general y específicos de este trabajo de innovación.

El **Capítulo 2** configura el Marco Conceptual del trabajo. En éste se articulan las conceptualizaciones en las que está basado el análisis de la situación y correspondiente propuesta de innovación.

En el **Capítulo 3** se analiza la relevancia de elaborar y llevar a cabo una propuesta de innovación para mejorar la enseñanza de Física y adecuar las metodologías de enseñanza a los propósitos de la carrera donde se haya inmersa.

En el **Capítulo 4** se encuentra el desarrollo de la propuesta de innovación. Éste está dividido en la elaboración del diagnóstico, para luego, a partir de este, elaborar una propuesta de estructuración de contenidos curriculares de Física. Finalmente esta propuesta de programa académico va acompañada de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas, para lo cual se han desarrollado 2 clases con temas que son de gran interés para los y las estudiantes de Biología Molecular.

El **Capítulo 5** contiene las consideraciones finales a modo conclusión del trabajo final, la bibliografía utilizada y el anexo con los programas de física analizados.

1. CAPÍTULO 1: Contextualización de la propuesta de innovación

1.1. La carrera de Biología Molecular

La biología molecular es la rama de la biología que tiene como objetivo el estudio de los procesos que se desarrollan en los seres vivos desde un punto de vista molecular. Actualmente, la biología molecular pretende explicar los fenómenos de la vida a partir de sus propiedades macromoleculares. Principalmente son su objeto de estudio dos tipos de macromoléculas:

- Los ácidos nucleicos, entre los cuales el más utilizado es el ácido desoxirribonucleico (ADN), el componente de genes.
- Las proteínas, que son los agentes activos de los organismos vivos.

El área de estudio de la biología molecular está relacionada con otros campos de la biología y la química, como lo son la ingeniería genética, la biotecnología y la bioquímica. La biología molecular concierne principalmente al entendimiento de las interacciones de los diferentes sistemas de la célula, lo que incluye relaciones tales como las que existen entre el ADN y el ARN, la síntesis de proteínas, el metabolismo, y el cómo todas esas interacciones son reguladas para conseguir un correcto funcionamiento de la célula (Selya, 2005).

La diferencia entre la química orgánica y la biología molecular es que en la biología molecular las moléculas de ADN tienen una historia y, por ende, su estructura responde a su historia, y contiene información del pasado en el que se han constituido estas moléculas, mientras que la química orgánica estudia las moléculas orgánicas, creadas hoy, que sólo son testigo de su presente, sin pasado y sin evolución histórica.

Los métodos que emplea la biología molecular son fundamentalmente los mismos que la Biofísica, Bioquímica, y Biología. Entre las técnicas analíticas más utilizadas están la microscopía electrónica, la difracción de rayos X, que determina la estructura y disposición espacial de los átomos de las macromoléculas; la ultracentrifugación diferencial, que permite separaciones de diferentes partes de las células; la cromatografía de gases, la espectrometría de infrarrojo y la espectrometría de masas entre otras.

Es por ello que la carrera de Biología Molecular requiere una formación en otras disciplinas (aparte de la biología) como son la química, las matemáticas, la física y las ciencias de la computación. Los principios de estas disciplinas sustentan los nuevos enfoques que la biotecnología y la ingeniería genética hacen posible. Los egresados de biología molecular son profesionales con un amplio interés en las ciencias.

La carrera de Licenciatura en Biología Molecular, en la Universidad Nacional de San Luis, forma parte de la oferta educativa de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia (FQByF). Esta facultad se encuentra en la ciudad de San Luis, en la provincia de San Luis, y está constituida sobre la base de los otrora Departamentos de Química y las especialidades de

Bioquímica y Farmacia del ex Departamento de Ciencias Naturales. La FQByF se crea en el año 1976, solo 3 años después de la fundación de la UNSL. Esta conformada por 4 departamentos: Biología, Bioquímica, Farmacia y Química y en la actualidad cuenta con 14 carreras de grado.

En el año 1988 la FQByF impulsó la creación de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular, cuyo proyecto ya se venía gestando desde el año 1984 (Pedranzani, 2010). La carrera tiene una duración, en principio, de cinco años y esta dividida en dos ciclos (Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL, 2014):

1. El ciclo de Formación Básica que comprende los primeros tres años y consta de 19 Cursos Obligatorios y 3 Talleres. Este primer ciclo incluye los módulos introductorios de las ciencias complementarias y las disciplinas Biológicas como Matemáticas, Física, Química, Biología, Epistemología, Estadística, entre otras.
2. El ciclo de Formación Superior, que comprende los últimos dos años, consta de nueve cursos que definen la orientación en Biología Molecular, también están los cursos optativos con un crédito horario total de 240 horas, y el Trabajo Final. Los cursos optativos pueden ser seleccionados entre aquellos propuestos para ampliar el campo de conocimiento de la carrera y del área disciplinar del trabajo final. El trabajo final consiste en una investigación en Biología Molecular, realizado bajo la dirección de un Docente/Investigador. Los cursos curriculares comprenden asignaturas como Biología Molecular, Inmunología, Ingeniería genética, Bioinformática, entre otras.

El plan de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular indica (Ordenanza 015-14 del Consejo Directivo), en el artículo 5: Alcances e Incumbencias, que el egresado está capacitado para las siguientes actividades:

- *“Integrar cuadros docentes en la enseñanza superior y universitaria de acuerdo a las normas que fije cada Universidad.*
- *Participar en Grupos de investigación y desarrollo de ciencias básicas.*
- *Integrar grupos multidisciplinarios para el desarrollo de biotecnología.*
- *Intervenir en grupos multidisciplinarios en la industria farmacéutica para el desarrollo de productos.*
- *Participar en centros de diagnóstico especializados en enfermedades genéticas.*
- *Participar en grupos de desarrollo de especies transgénicas de aplicación en diversos ámbitos (agro-industria, medicina).*
- *Intervenir en el asesoramiento específico a empresas y organismos públicos y privados”*

(Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL, 2014, p. 3-4)

1.2. El programa de la asignatura Física

En el plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular (Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL, 2014) solo se puede encontrar una asignatura de Física, llamada Física. El programa de Física se encuentra en el anexo 1 de este trabajo final.

Los **contenidos mínimos** de la asignatura son: “*Medida e incertezas experimentales. Cinemática. Dinámica. Leyes que la rigen. Estática. Trabajo. Energía. Fluidos. Calor. Electricidad. Interacción entre cargas. Campo eléctrico. Corriente eléctrica. Ondas mecánicas y electromagnéticas. Espectro electromagnético. Transporte de energía. Polarización. Luz polarizada. Óptica. Ley de reflexión y refracción. Prismas. Instrumentos ópticos con una y dos lentes. Poder de resolución.*” (Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL, 2014, p. 11)

Los objetivos que se establecen en el programa de la asignatura son:

- “*Proporcionar a los estudiantes de Biología y Biología Molecular los conocimientos de física que necesitan para su trabajo profesional, principalmente dirigidos al fortalecimiento del perfil científico que poseen la carrera hacia la cuál la asignatura va dirigida.*”
- *Aplicar las teorías físicas a problemas biológicos, tendiendo a incrementar el interés por parte de los alumnos hacia el campo interdisciplinario que constituyen la física y la biología.*
- *Acercar el entrenamiento de los alumnos en la aplicación de herramientas de la matemática y de la física para la resolución de problemas físicos y biológicos.*
- *Apoyar los conocimientos teóricos propuestos en el programa con adecuadas experiencias de laboratorio, que acentúen el interés de los alumnos por la labor experimental y demuestren la utilidad de los conocimientos adquiridos.*”

(Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, UNSL, 2020, p. 1-2)

Los contenidos de la asignatura y su estructura están a la altura de los contenidos mínimos, ya mencionados. A la vez se han incluido los conceptos de *Leyes de Escala* que resultan de interés a los estudiantes de carreras de la rama de Biología. Los contenidos se abordan desde una óptica conceptual pero a la vez se espera que los y las estudiantes sean capaces de resolver una guía de problemas prácticos por cada unidad temática, utilizando el abordaje matemático que se imparte en las clases teóricas, de carácter principalmente expositivo. La cantidad total de unidades es 12. Los estudiantes resuelven las guías de problemas en clase con el acompañamiento de un docente y complementariamente en forma individual en horario extraclase.

La forma de regularización de la asignatura consiste en realizar y aprobar el 100 % de los trabajos prácticos de laboratorio, como así también aprobar 2 exámenes parciales prácticos con un 70 % de las respuestas correctas. La aprobación definitiva de la asignatura se realiza mediante un examen final oral o escrito, que se puede realizar en los 2 años posteriores a regularizada la asignatura.

Existe también la posibilidad de promocionar la asignatura, lo cual implica la aprobación definitiva sin necesidad de rendir el examen final. Los estudiantes promocionales son aquellos que satisfacen las condiciones de regularidad, antes expuestas, además de aprobar 2 cuestionarios o parciales teóricos con el 70% de respuestas correctas y de realizar un seminario que consiste en una monografía y su exposición oral, sobre un tema aplicado propuesto por el equipo docente. En el programa de la asignatura se incluyen algunos temas sugeridos para la realización de los seminarios. Estos seminarios brindan la posibilidad de investigar la aplicación de la física a temas y problemas concretos de la biología.

1.3. Situación problemática

En la Universidad Nacional de San Luis la mayoría de los cursos de Física para todas las carreras son diseñados por físicos, por lo que atienden principalmente a la perspectiva particular, y en muchos casos sesgada, de estos profesionales. En general los programas de la asignatura Física para carreras donde solo existe una asignatura de física (por ej.: Licenciatura en Bioquímica, en Farmacia, en Biología Molecular y Profesorado en Matemática, entre otras) contienen una gran cantidad de contenidos. Lo deseable sería que los y las estudiantes llegasen a aprender todos los contenidos que contienen los programas, pero en un cuatrimestre de 15 semanas esto resulta muy difícil de lograr.

Es necesario adoptar una perspectiva más realista, acorde a las necesidades de formación multidisciplinaria de las carreras científicas y a la vez centrada en las y los estudiantes. Para participar con éxito en las investigaciones interdisciplinarias del futuro, las y los científicos deben estar bien preparadas y preparados en áreas que van más allá del rango de la biología tradicional. Comenzar la exposición y entrenamiento temprano en estos temas es clave para la preparación de las futuras y los futuros investigadores en el área de biología molecular que dirigirán y desarrollarán proyectos de investigación, que tendrán como principal característica el ser interdisciplinarios y no como compartimentos estancos.

Las formas en que se les enseña y aprenden física a los y las estudiantes son tan importantes como los contenidos de los cursos. Los cursos donde las clases expositivas ocupan gran parte del tiempo áulico siguen siendo el formato habitual para las clases de ciencias de los primeros años, éstas, a menudo no logran mantener la atención de todos los y las estudiantes. Investigaciones de hace 2 décadas en educación, han validado varios conocimientos importantes sobre las condiciones óptimas para el aprendizaje de los y las estudiantes, en el Informe del National Research Council, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School* (National Research Council, 1999). El informe fue escrito por un comité que incluía a científicos cognitivos, psicólogos y expertos en investigación sobre educación. Entre sus hallazgos se destacan:

1. *Los estudiantes llegan al aula con ideas preconcebidas sobre cómo funciona el mundo. Si sus conocimientos iniciales no son usados, es posible que no comprendan los nuevos conceptos y la información que se les enseña, o pueden aprenderlos para los propósitos de una prueba pero volver a sus ideas preconcebidas fuera del aula.*

2. Para desarrollar la confianza en un área de investigación, los estudiantes deben (a) tener una base profunda de conocimiento fáctico, (b) comprender hechos e ideas en el contexto de un marco conceptual, y (c) organizar el conocimiento de manera que facilite la recuperación y aplicación.

3. Un enfoque “metacognitivo” de la enseñanza puede ayudar a los estudiantes a aprender a tomar el control de su propio aprendizaje definiendo metas de aprendizaje y monitoreando su progreso para lograrlas. (National Research Council, 1999, p. 14-18)

Con el tiempo, el número de profesores y profesoras universitarios que reconocen la importancia de los hallazgos de investigaciones como las anteriormente mencionadas, ha comenzado a aumentar y consecuentemente han incorporado la enseñanza y el aprendizaje basados en la investigación en sus asignaturas. La idea principal del aprendizaje basado en investigación es que los estudiantes aprendan de la misma manera que los científicos aprenden a través de la investigación.

Los objetivos de la asignatura Física en el plan de estudios de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular comparten en parte la mencionada idea de desarrollar en los y las estudiantes el perfil de investigador científico con el cual la carrera fue creada. Estos objetivos son: “1. Aplicar los métodos de la física a la observación, la experimentación y la interpretación de las transformaciones biológicas. 2. Aportar a la comprensión del funcionamiento de los sistemas orgánicos. 3. Suministrar las bases funcionales para el estudio de los procesos sensoriales” (Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL, 2014, p. 10-11). Sin embargo, la gran cantidad de unidades temáticas que se han incluido en el programa de la asignatura Física, para ser enseñadas en 15 semanas que tiene un cuatrimestre, dificulta para los estudiantes el poder internalizar los conceptos y aprenderlos de modo tal que sea posible alcanzar los objetivos que el plan de estudios propone. En 120 horas (que es lo estipulado en el programa de estudios de Física, ver anexo 5.3) los y las estudiantes de primer año tienen que aprender 12 unidades temáticas. El tiempo parece insuficiente, teniendo en cuenta que el aprendizaje es un proceso que requiere tiempo. Desde la metodología didáctica clásica empleada, donde la asignatura es dividida en compartimentos estancos: Clase teórica, Clase práctica de ejercicios y Clase de laboratorio, no evidencia una búsqueda eficiente en el uso del crédito horario para alcanzar los objetivos propuestos en el plan de estudios. Al mismo tiempo, la gran cantidad de unidades temáticas dificultan la profundización de los conceptos que resultan más interesantes desde el punto de vista de los y las estudiantes. Al tener este gran número de unidades que abordar la alternativa tradicional del docente exponiendo en frente del estudiantado una clase magistral teórica resulta por demás tentadora, correspondiéndose además, con la forma en que estas materias son impartidas desde hace décadas. Sin embargo esta visión del proceso de enseñanza y del proceso de aprendizaje que considera a los estudiantes como recipientes vacíos que reciben y apropian los conceptos impartidos sin resistencia alguna. Pope y Gilbert, 1983 consideran que los estudiantes cuentan con preconceptos (como describe el ya mencionado informe de National Research Council, 1999) sobre los temas a aprender que pueden ser correctos, parcialmente correctos o incorrectos. Estos preconceptos hacen que el proceso de aprendizaje sea diferente para cada estudiante. Algunos estudios sugieren que una clase con mayor interacción discursiva entre

el docente y los estudiantes propicia una mayor comprensión y aprendizaje de los conceptos abordados (Dumrauf y Cordero, 2004). Por otro lado, la separación entre los tres ámbitos de aprendizaje, clases teóricas, clases prácticas y clases de laboratorio no propicia un aprendizaje profundo e interrelacionado de la explicación de los fenómenos naturales (Villegas y Benegas, 2020).

Otra dimensión de la situación áulica que debería analizarse es la forma de trabajo de los estudiantes: individual o colaborativo. En el formato actual de la asignatura se evidencia la preferencia por el trabajo individual por sobre el grupal. Este último no es activamente incentivado por los y las docentes. Sin embargo, está suficientemente estudiada la diferencia entre los logros alcanzados con trabajo individual y con trabajo colaborativo (Heller y Heller, 2001), demostrando en la mayoría de los estudios que los mejores resultados se consiguen mediante el trabajo colaborativo (Cordero y col., 2002). Si bien las clases de laboratorio se realizan en forma grupal en la mencionada asignatura, esto no sucede durante el desarrollo de las clases teóricas y prácticas. En las clases teóricas prima el carácter expositivo por parte de los y las docentes. Durante las clases prácticas los estudiantes resuelven ejercicios de las guías de problemas, guiados por las explicaciones previas de la o el docente a cargo de esta clase, que explica la forma de resolución de algunos ejercicios en la pizarra, es decir, también con un formato expositivo. Si bien las clases prácticas son más dinámicas y en ocasiones los estudiantes deciden trabajar en forma grupal, esto no se constituye como un método de trabajo sino una decisión personal de el o la estudiante.

Estos son los aspectos que se destacan como limitantes a la hora de alcanzar los objetivos enunciados en el plan de estudios de la carrera mencionada en cuanto a lo que se espera de la asignatura Física. Resulta imperioso no quedar en la retórica y realmente generar un aporte para tener estudiantes críticos, que sean capaces de trabajar con otros y resolver problemas, además de aprender física.

1.4. Propósito general

El presente Trabajo Final Integrador busca elaborar una propuesta pedagógica alternativa para la enseñanza de Física para la carrera de Licenciatura en Biología Molecular a partir de establecer prioridades en los contenidos y una metodología de enseñanza centrada en las y los estudiantes a fin de aportar formación en el hacer ciencia desde los primeros años de la carrera.

1.5. Propósitos específicos

Para alcanzar el propósito general se definen los siguientes propósitos específicos:

- Analizar e identificar los contenidos de la asignatura a fin de establecer prioridades en función de la formación del Biólogo molecular.
- Estructurar unidades de contenidos adecuada a la relevancia de la física en el marco de la carrera.

- Elaborar una propuesta metodología centrada en el aprendizaje basado en problemas, a fin de promover la resolución de problemas y el espíritu crítico. Siguiendo modelos semejantes a los utilizados por los científicos.

2. CAPÍTULO 2: Marco conceptual

2.1. Aproximaciones a la noción de curriculum

El análisis curricular resulta de gran importancia ya que las mejoras en el currículum que de este análisis surgen se traducen en una mejora en la enseñanza. Entre las diversas dimensiones a explorar, el reconocer los procesos y opciones adoptadas por el currículum ya instituido nos orienta respecto del carácter de selección y distribución de conocimientos, como así también las prioridades, o la falta de ellas, que en el mismo están inscriptas. En el campo de la educación y en particular del currículum se brindan conceptos enmarcados en teorías curriculares tradicionales y contemporáneas cuyos supuestos están inscriptos en la enseñanza.

El concepto de currículum que se utiliza en esta propuesta de innovación es el establecido por Alicia de Alba en 1998. “Por currículum se entiende a la síntesis de elementos culturales (conocimientos, valores, costumbres, creencias, hábitos) que conforman una propuesta político-educativa pensada e impulsada por diversos grupos y sectores sociales cuyos intereses son diversos y contradictorios, aunque algunos tiendan a ser dominantes o hegemónicos, y otros tiendan a oponerse y resistirse a tal dominación o hegemonía. Síntesis a la cual se arriba a través de diversos mecanismos de negociación e imposición social. Propuesta conformada por aspectos estructurales-formales y procesales-prácticos, así como por dimensiones generales y particulares que interactúan en el devenir de los currícula en las instituciones sociales educativas. Devenir curricular cuyo carácter es profundamente histórico y no mecánico y lineal. Estructura y devenir que conforman y expresan a través de distintos niveles de significación.” (de Alba, 1998, p. 3-4)

El curriculum, para la autora, está determinado por variedad de factores y sujetos que dan forma al mismo en un momento dado. A la vez el curriculum es un compendio de elementos, no solamente los conocimientos, que se funden para darle forma a la propuesta educativa, que es a su vez una propuesta política en cuanto responde a las necesidades de los grupos de poder. Por lo cual en pos de conseguir un cambio significativo en el curriculum es necesario elaborar una propuesta de innovación que sea capaz de reunir y mantener un caudal de energía necesario para conseguir aplicar eficazmente la propuesta innovadora. Entendiendo por caudal de energía al potencial para el cambio generado por un grupo humano dispuesto a emprender la innovación (Zabalza Beraza y Zabalza Cerdeiriña, 2012). La propuesta de innovación curricular busca analizar y repensar el plan de estudios y la metodología de la forma de enseñanza para conseguir en los estudiantes un aprendizaje profundo en el cual se desarrollan competencias que les sean útiles en su rol de sujetos inmersos en la sociedad y en su rol profesional científico para el cual la carrera pretende formarlos. Entendiendo el concepto de competencia como lo define UNESCO: “*el desarrollo de las capacidades complejas que permiten a los estudiantes pensar y actuar en diversos ámbitos [...]. Consiste en la adquisición de conocimiento a través de la acción, resultado de una cultura de base sólida que puede ponerse en práctica y utilizarse para explicar qué es lo que está sucediendo*” (Cecilia Braslavsky citada en UNESCO, 2021).

En palabras de Coscarelli, 2020, “La enseñanza de competencias trasciende las clases expositivas dedicadas al conocimiento conceptual y requiere la adopción de estrategias de

enseñanza y aprendizaje orientadas al trabajo por problemas y proyectos, promover el análisis de casos, el aprendizaje colaborativo, aprendizaje orientado a la investigación, trabajos de vinculación social etc” (Coscarelli, 2020, p.12). Es evidente la necesidad de dejar atrás la forma de enseñanza tradicional, es decir el uso primordial de las clases expositivas, donde el foco está puesto únicamente en el conocimiento (Villegas y Benegas, 2020). Las clases teóricas expositivas y las explicaciones de problemas en la pizarra por parte de la o el docente no propician condiciones para una relación de interioridad con el conocimiento (perspectiva de Edwards, en Edelstein, 2020a) ya que los problemas resueltos por las y los docentes no son previamente analizados, debatidos y puestos a cuestionamientos por parte de los y las estudiantes. Éstos no los estudiaron ni intentaron resolverlos previamente, por lo que la relación que tienen con esos conocimientos que surgen cuando se resuelven los problemas, es distante y no les pertenece, les son ajenos.

Un cambio en el currículum resulta necesario también en función de un análisis de las incumbencias del título de los y las egresadas de la carrera de Biología Molecular (ver página 6), los cuales se dedican principalmente a la investigación científica. Es llamativa la escasa actividad de investigación que hacen los y las estudiantes en el cursado de la asignatura física. Es un tanto contradictorio que ellos y ellas aprendan física, pero sin hacer investigación, ya que no realizan prácticas de investigación durante las clases de práctica ni en las clases de laboratorios de física, donde si bien están más vinculados con instrumentos de medición, las actividades son más cercanas a seguir una receta, donde se sabe que resultados esperar, que al verdadero quehacer científico, donde se desconoce el resultado de un experimento. Sería probablemente más atrapante resolver un problema real (a diferencia de los ejercicios convencionales, un problema real es un problema desafiante que requiere que los estudiantes diseñen y discutan soluciones y den sentido a las ideas y conceptos estudiados), utilizando los conocimientos de la asignatura que están cursando, investigando y aplicando los conceptos teóricos en función del problema en cuestión (Redish y Hammer, 2009). Este aprendizaje mediado por la investigación le otorga autonomía a cada estudiante para desarrollar su propio proceso de aprendizaje, se visualiza los problemas no solo como un medio para el aprendizaje conceptual sino también como motor para adquirir habilidades, como son el trabajo en equipo, la oralidad, el desarrollo del espíritu analítico y crítico, y como oportunidad para llevar las ciencias a situaciones prácticas y vincularlas con otras disciplinas. Es importante rescatar entonces la perspectiva de Paulo Freire: “Saber que enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su propia producción o construcción” (Freire, 1997, p. 16).

2.2. Pensar la enseñanza

Un cambio en el currículum queda incompleto si no va acompañado de un cambio en la metodología de enseñanza, que deje atrás viejas costumbres y tradiciones a la hora de pensar la clase. Dar lugar al ejercicio de pensar, diseñar y llegar a ejecutar propuestas didácticas diferentes a las ya normalizadas en las prácticas de enseñanza de la física, requiere desarticular primero modelos ya incorporados en la forma en que se enseña. Esta deconstrucción se puede conseguir mediante el constante ejercicio del análisis reflexivo y crítico de nuestras clases. En

palabras de Perrenoud, “*En cualquier circunstancia, trabajar sobre la diferencia entre lo que hacemos y lo que desearíamos hacer significa, a fin de cuentas, trabajar sobre uno mismo...*” (Perrenoud, 2007, p. 154). Estos ejercicios son realmente productivos cuando son realizados con herramientas conceptuales y metodológicas que nos permiten comprender y conocer los diferentes aspectos de nuestras prácticas docentes.

Para comenzar a pensarnos como docentes y repensar la forma en que enseñamos es necesario *Desnaturalizar* lo naturalizado y poner en duda lo que se cree cierto y natural. Este ejercicio es fundamental a la hora de buscar y encontrar falencias en nuestras metodologías de enseñanza (Edelstein, 2020d). Edelstein lo explica muy claramente en su clase 7: “... *“desnaturalizar lo naturalizado”. Significa colocar “bajo sospecha” situaciones que se presentan como “normales”. Que por repetidas pasan inadvertidas, no son objeto del pensar ni puestas en cuestión; pareciera nos son indiferentes. En realidad, lo que ocurre es que quedan en una zona de opacidad, invisibilizadas por lo cual tenemos que hacer un esfuerzo por desentrañarlas, poniendo en tensión nuestras observaciones y lo que de inmediato pensamos a partir de ellas. Por ello también se torna necesario, provocar y asumir una posición de extrañamiento, de ajenezado acerca de lo acontecido y lo capturado. Recién sobre esa base, se hace posible volver sobre las clases y repensarlas.*” .

En general, no hay políticas institucionales desde la UNSL, que fomenten la reflexión y la innovación. En la carrera de Biología Molecular, las clases de física hace mucho tiempo que se dan de manera similar. Es necesario comenzar a aplicar pequeños o grandes cambios en la metodología de enseñanza, que acompañen los cambios en el curriculum, buscando con ello desarrollar en los y las estudiantes una amplia gama de competencias de carácter académico-científicas que sin dudas redundarán en una mejora en su formación universitaria. En palabras de Edelstein: “[...] *entiendo que también constituye una falacia, suponer que es posible dar lugar a innovaciones en la enseñanza por cambiar los contenidos, actualizándolos de acuerdo con los últimos debates o hallazgos en el campo específico de conocimientos sin modificar las opciones metodológicas; el tipo de relación con el conocimiento que se proponga, la atención a las posibilidades de apropiación por parte de alumnos/as a que dé lugar. Surge así la idea de que contenido y método son indisociables*” (Edelstein, 2020c, p. 3). Es por ello que el cambio debe ser profundo, completo y conceptual. Cambiar la forma de explicar, pero seguir utilizando las mismas guías de trabajo y la misma dinámica áulica, no es innovación ni se configura en un reto cognitivo a la altura de los y las docentes. Sin embargo, pensar y hacer la docencia de forma reflexiva produciendo un cambio real, implicará fortalecer el carácter intelectual de las y los docentes en los procesos de construcción de saberes y conocimientos desde y en sus prácticas (Edelstein, 2020b). Los y las docentes en el departamento de física, no han recibido formación pedagógico-didáctica lo que los inhabilita para poder indagar sobre su propia práctica docente, tienen de enseñar como les enseñaron. Como resultado, son muy pocos los y las docentes que investigan sobre su metodología de enseñanza. Enseñar exige investigar, indagar, cuestionar y poner a prueba nuestros supuestos en cuanto a la forma de enseñar. Al investigar mejoramos nuestra forma de enseñar y enseñando aprendemos (Freire, 1997).

Un obstáculo que frecuentemente se presenta en clases de Físicas es que no se da a

menudo la transferencia necesaria entre la teoría y la práctica, entendida esta transferencia como aplicación de lo conocido a situaciones nuevas. Maria Saleme decía: “*la transferencia no surge por arte de magia, uno puede aplicar a situaciones diferentes algo que ha incorporado si no fue preparado para hacerlo desde propuestas didácticas.*” (Edelstein, 2020c). Mejorar este aspecto, implica un cambio más profundo, desde la estructuración de toda la asignatura, pasando por una revisión del programa, métodos de enseñanza, sin dejar de lado las formas de evaluación, que también están fragmentadas en parciales teóricos y parciales prácticos.

2.3. Didáctica en la enseñanza de Física: modelos

Un principio bien establecido de la psicología educativa es que las personas están fuertemente motivadas para aprender cosas que claramente perciben como una necesidad de saber y comprender (Nilson, 2016). El simple hecho de decirles a los y las estudiantes que algún día necesitarán ciertos conocimientos y habilidades no es un motivador particularmente efectivo. Por lo cual, una alternativa al modelo tradicional de educación es la enseñanza y el aprendizaje inductivos. En lugar de comenzar con principios generales y finalmente llegar a aplicaciones, la clase comienza con detalles específicos: un conjunto de observaciones o datos experimentales para interpretar, un estudio de caso para analizar o un problema complejo del mundo real que resolver. A medida que los estudiantes intentan analizar los datos o el escenario y resolver el problema, generan la necesidad de hechos, reglas, procedimientos y principios rectores, momento en el que se les presenta la información necesaria o se les ayuda a descubrirla por sí mismos. De esta forma se busca desarrollar en los y las estudiantes competencias científicas a través de la aplicación de conceptos físicos a problemas o situaciones que son de su interés.

Con respecto a qué metodologías emplear para conseguir desarrollar competencias científicas o de pensamiento científico, se plantea el problema metodológico como una construcción, no una estructura rígida ni absoluta. La metodología está definida en función de la articulación en la enseñanza entre el contenido, los sujetos involucrados en el aprendizaje de dichos contenidos y el contexto de realización. Para Davini, 2008, estas herramientas metodológicas pueden ser agrupadas según el carácter de la enseñanza que propician. Si el sentido perseguido es principalmente la asimilación de conocimientos y el desarrollo de capacidades del pensamiento, formar conceptos, e integrar saberes se trata de los métodos para la asimilación de conocimientos y el desarrollo cognitivo. Dentro de estos métodos encontramos 3 familias: La familia de los métodos inductivos, la familia de los métodos de instrucción y la familia de los métodos de flexibilidad cognitiva y cambio conceptual. La enseñanza de física para los y las estudiantes de Biología Molecular es deductiva, comienza con teorías y avanza hacia las aplicaciones de esas teorías, en los ejercicios de la práctica. Los enfoques de enseñanza alternativos son más inductivos. Por lo que los métodos que responden al objetivo buscado en este trabajo de innovación son los pertenecientes a la primera familia de métodos mencionada. La autora los describe de la siguiente manera:

La familia de los métodos inductivos

Los métodos de este grupo se dirigen a la formación de conceptos, la inferencia de

reglas, principios y regularidades de los fenómenos, mediante la observación, el manejo, la organización y la utilización de los datos. Asimismo, implican actividades y aprendizajes para la indagación y la formulación de hipótesis, estimulando el clima social del aprendizaje cooperativo. En todos los casos, estos procesos facilitan la asimilación activa de informaciones y conocimientos. En este grupo de métodos incluiremos tres variantes:

- la inducción básica a partir del manejo y la observación de materiales empíricos y el procesamiento de datos secundarios;
- la formación de conceptos mediante la comparación de atributos;
- la investigación didáctica (Davini, 2008, p.78)

Esta última variante será la principal forma de aplicar el método inductivo que plantea Davini en la enseñanza de Física para la carrera de Biología Molecular, esta metodología se puede aplicar de diferentes y a la vez similares formas de enseñanza. Los métodos de enseñanza inductiva, de investigación didáctica más utilizados son *el aprendizaje por indagación, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos*. En un artículo de los investigadores Prince y Felder (M. J. Prince y Felder, 2006) se pueden encontrar las definiciones de estos y otros métodos de la metodología inductiva. Este estudio también destaca los puntos en común de cada método, sus diferencias específicas, y hace un estudio sobre la efectividad de los métodos en función de la bibliografía disponible hasta el momento.

La metodología de investigación didáctica consiste en proponer a los estudiantes un problema o una pregunta, para luego involucrarlos en su investigación, de modo de que los estudiantes se transforman en activos buscadores y organizadores de la información. Durante toda la clase o las clases y con la guía del docente ponen en marcha métodos de búsqueda y análisis apropiados al tema en cuestión, aprenden a formular hipótesis que dan cuenta de los hechos observados o conocidos, localizan pruebas, producen respuestas, las discuten conjuntamente en grupo y llegan a conclusiones. En palabras de Davini: *“El método permite ejercitar a los alumnos en distintos modos de pensamiento y métodos de conocimiento: el pensamiento deductivo (propio del conocimiento lógico-matemático), el pensamiento experimental (de las ciencias de la naturaleza)...”* (Davini, 2008, p.88) Una cuestión común que tiene el método, es que se comienza con una pregunta, o un problema para comenzar la tarea de investigación.

Se busca motivar a los estudiantes por medio de preguntas o problemas que resulten interesantes resolver o responder desde su punto de vista. Por lo que una de las tareas principales del docente es buscar estos interrogantes que además de ser útiles para comenzar una investigación en un tema del curriculum, sean a la vez llamativos y cautivadores. La aplicación del método también apunta a entender la valoración del conocimiento científico y del quehacer científico, que busca responder preguntas relevantes utilizando multiplicidad de herramientas que el docente pone a disposición de los estudiantes y las que éstos sugieran usar. Un ejemplo de un interrogante que puede desarrollar el inicio de una investigación es:

¿Cómo se transmite la energía eléctrica en una ciudad y qué podría provocar un colapso del sistema? ¿Cuáles serían las consecuencias para la población?

(Davini, 2008, p.88)

Este problema es el comienzo del aprendizaje del tema corriente eléctrica para la metodología inductiva en contraposición a la metodología tradicional donde sería el final del proceso de aprendizaje (ver figura 1).



Figura 1: Principales diferencias entre las metodologías de enseñanza tradicional y la metodología inductiva.

En la investigación didáctica el rol de la y el docente cambia, estos dejan de ser transmisores de conocimientos para convertirse en guías que acompañan y proveen el andamiaje necesario para el aprendizaje de los estudiantes. Para desarrollar adecuadamente este proceso de enseñanza, la autora detalla algunas condiciones mínimas a tener en cuenta para la implementación de la **investigación didáctica**:

- Se debe partir de preguntas relevantes, significativas (evitando la trivialidad o la obviedad) y producir con estas preguntas o problemas, el asombro de las y los estudiantes.
- Las preguntas deberían poder generar en los estudiantes nuevas reflexiones y preguntas, que pongan en juego sus perspectivas y en ocasiones sus preconceptos.

- Las búsquedas de información y material deben ser adecuadas al nivel de los y las estudiantes. Las tareas deben ser realizables dado el contexto, los recursos y el tiempo destinado a cada actividad .
- Los y las docentes deben brindar orientación y seguimiento de las tareas de investigación y estimular el desarrollo de destrezas. Es necesaria la presencia activa del docente, aunque no en un rol protagónico sino como una guía a la cual los y las estudiantes recurren eventualmente.
- Es importante estimular la cooperación de todos los miembros del grupo y valorar sus progresos.

Este método sigue una serie de etapas o pasos para su desarrollo, en el mismo se pueden incluir momentos de profundización de conceptos guiados por el docente. A continuación, en la tabla 1 se muestra la secuencia extraída de Davini, 2008 que da cuenta de las etapas a incluir para lograr este objetivo.

Fases	Actividades
Apertura	Se propone un tema o una cuestión, provocando con preguntas y vinculándolo con la realidad de los estudiantes y del estudio que cursan.
Preparación	Se discuten las ideas previas que tienen los alumnos sobre el tema y las preguntas. Se identifican formas de buscar más informaciones y se definen en conjunto las actividades que realizarán para investigarlas.
Desarrollo	Búsqueda activa y orientada de datos, informaciones o enfoques sobre el tema utilizando diversos recursos, Confrontación de las informaciones y formulación de hipótesis o relaciones explicativas (causalidad, contexto y condiciones, aspectos involucrados, etcétera).
Validación e integración	Verificación de las hipótesis o relaciones (confirman, rechazan o reformulan). Formulación de explicaciones o resultados.
Aplicación y desarrollo	Resolución de nuevas preguntas, transferencia a otras situaciones, aplicación a nuevos problemas.

Tabla 1: Secuencia general del método de investigación didáctica de Davini, 2008, p. 89

Como se mencionó anteriormente, esta metodología puede llevarse a cabo mediante una estrategia de enseñanza donde el foco esta puesto en un problema particular a resolver. Esta estrategia didáctica particular se conoce como Aprendizaje Basado en Problemas -ABP- (*problem based learning* en inglés) (Nilson, 2016). En la siguiente sección se describe en profundidad las características del ABP.

2.4. Metodología de enseñanza basada en Problemas (ABP)

El ABP es una estrategia de enseñanza para el aprendizaje activo (Freeman y col., 2014; Villegas y Benegas, 2020), con el propósito de desarrollar en las y los estudiantes competencias útiles para la comprensión disciplinar y su aplicación en la vida real. Esta estrategia fomenta el aprendizaje autónomo, la discusión y el trabajo colaborativo, el análisis interdisciplinario, la toma de decisiones, la organización y la responsabilidad individual y colectiva. El docente desempeña el papel de tutor o facilitador, guiando a las y los estudiantes en sus consultas y actividades a fin de resolver problemas y cumplir los objetivos planteados dentro de los tiempos previstos, aportando sus conocimientos disciplinares y experiencia (Center for Teaching and Learning, 2001; Illinois Mathematics and Science Academy, 2008; Neville, 1999).

El ABP surgió como respuesta a un modelo tradicional de enseñanza universitario basado en el acopio de gran cantidad de saberes desconectados entre sí, con poca o ninguna relación con el mundo real y un rol pasivo por parte de los y las estudiantes. Desde hace más de 30 años se sabe que aplicando el aprendizaje basado en problemas se obtienen mejores resultados que siguiendo el modelo tradicional. Un de los primeros estudios, realizado por Coles, 1985 sostiene un plan de estudios basado en ABP puede crear un clima educativo que permite a los y las estudiantes aprender de la manera deseable, a diferencia de un plan de estudios convencional que restringe a los y las estudiantes a adoptar enfoques de estudio aparentemente más deficientes, no solo en comparación con los estudiantes que fueron educados con ABP, sino también en comparación con sus propios enfoques al inicio del curso.



Figura 2: Imágenes del desarrollo de clases con metodología tradicional a la izquierda y ABP a la derecha. Se presenta mayor relación de interioridad con el conocimiento (perspectiva de Edwards, en Edelstein, 2020a) en las clases de metodología inductiva (ABP) que en las de metodología tradicional. Créditos: <https://www.sineace.gob.pe/> y edutopia.org

En un estudio de revisión realizado en 2003 por Dochy y col., 2003, se extraen conclusiones de un total de 43 artículos sobre el aprendizaje basado en problemas. Este estudio revela que hay un fuerte efecto positivo del ABP en las habilidades o competencias de los y las estudiantes. Además, ninguno de los artículos analizados informó efectos negativos. En meta-análisis de Dochy y col., 2003 revela un hallazgo notable relacionado con el período de retención, las y los estudiantes en ABP obtuvieron un poco menos de conocimientos, pero el

conocimiento adquirido es recordado por mayor tiempo que los y las estudiantes con enseñanza convencional.

Otro investigador en educación, Michael Prince, examinó varios meta-análisis y concluyó que el ABP mejora el desarrollo de habilidades de los estudiantes, la retención del conocimiento y la capacidad de aplicar el material aprendido, pero no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento académico medido por los exámenes tradicionales (M. Prince y Felder, 2007).

En el ABP, las y los estudiantes, que generalmente trabajan en equipos, se enfrentan a un problema complejo del mundo real que deben resolver y deben identificar el problema concreto con precisión, averiguando lo que saben y lo que necesitan saber, para proceder a calcularlo, resolverlo o buscarlo. Ellos formulan y evalúan soluciones alternativas, seleccionan la mejor y la defienden, y evalúan los conceptos aprendidos. Cuando identifican la necesidad de material extra, el o la docente lo proporciona o guía a sus estudiantes para que obtengan la información requerida por sí mismos (M. Prince y Felder, 2007). En la figura 3 se evidencian 5 etapas básicas del desarrollo de la clase con esta metodología.



Figura 3: Diagrama básico del desarrollo en etapas de una clase de ABP.

M. J. Prince y Felder, 2006 citan estudios que dan cuenta sobre el fuerte efecto positivo del ABP en el desarrollo de una variedad de habilidades para la resolución de problemas, comprensión conceptual, capacidad para aplicar estrategias metacognitivas y de razonamiento, habilidades de trabajo en grupo e incluso asistencia a clases.

Sin embargo, el aprendizaje basado en problemas es posiblemente más difícil de implementar que métodos de enseñanza inductiva como son el *aprendizaje por proyecto* o el *aprendizaje a través del estudio de casos*. Lleva mucho tiempo construir auténticos problemas complejos y reales al mismo tiempo, cuya solución requiere una gama completa de habilidades especificadas en los objetivos de aprendizaje de la o el docente guía. Al comienzo de la implementación de la metodología, se recomienda que los y las docentes utilicen problemas que ya han sido desarrollados y probados, si tales problemas se pueden localizar. Algunos sitios web donde encontrar problemas y guías informativas de ABP son:

- Aprendizaje Basado en Problemas-Resolviendo en equipo, aprendiendo con significado, Córdoba - Argentina. <https://abp-pbl.com.ar/> en español.
- Problem-Based Learning for college physics. <http://pbl.ccdmd.qc.ca> en inglés y francés.
- Servicio de innovación educativa, Universidad Politécnica de Madrid: <http://innovacioneducativa.upm>

El ABP les da a los estudiantes la responsabilidad de definir el conocimiento y las habilidades que necesitan para proceder con cada etapa del problema, por lo que los y las docentes deben estar preparados y preparadas para ir en direcciones que pueden no ser familiares o comunes.

3. CAPÍTULO 3: Proyecto de innovación

3.1. La relevancia de generar innovaciones en la enseñanza y en los procesos de formación universitaria

Las universidades se crearon para generar conocimiento y como consecuencia de ello, formar y capacitar personas para la aplicación de ese conocimiento para el mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad (Artículo 1 del Estatuto Universitario UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS, 2018). La creación de la universidad fue posible gracias a dos tipos de actores, los que querían aprender y los que estaban dispuestos a enseñar. Con el foco puesto en ese primer objetivo, surgen diferentes formas de enseñar, que van cambiando a lo largo de la historia. La intensidad de estos cambios puede variar y algunos modelos de enseñanza pueden perdurar más que otros. En la mayoría de las universidades nacionales argentinas se aplica un modelo, dominante, de enseñanza tradicional. Cebrián de la Serna y Vain, 2008 explican los supuestos que conforman este modelo tradicional:

- Una enseñanza sustentada en la retórica.
- El docente como concesionario autorizado de la verdad.
- La in- significación de los conocimientos.
- La tensión teoría-práctica.
- La fragmentación del conocimiento académico.
- La concepción externalista de la evaluación.
- Una ausencia relativa de lo grupal.

Puede resultar conveniente para los docentes adoptar el modelo tradicional de enseñanza con el que aprendieron, cuando estudiantes, como propio, ya que asumen que esta forma de ejercer su rol docente es la más adecuada ya que con ella aprendieron y es el modelo que aplica la gran mayoría de sus colegas, el modelo dominante rara vez es cuestionado entonces (Celman, 1994). Aun así, existen situaciones que ponen en entredicho los sustentos fundantes del modelo tradicional dominante, como son el pasar a modalidad virtual toda la clase o toda una carrera, un resultado negativo de algún test que mida el nivel de comprensión de algunos conceptos que se consideraban ya aprendidos u otros escenarios que desestabilicen la concepción que se tiene de la clase. Cuando se dan estas situaciones desestabilizadoras que causan molestia en los sujetos universitarios, pueden pasar dos cosas: que este cuestionamiento al modelo tradicional-escolarizado dominante sea causante de una innovación que provoque el nacimiento de un nuevo modelo superador de enseñanza o, por el contrario, que la situación motivante no genere en los sujetos el ímpetu suficiente para lograr evolucionar hacia un modelo superador, como relatan Cebrián de la Serna y Vain, 2008 sucedió en su estudio de caso, con una situación desencadenante como fue el paso a modalidad virtual de la carrera de Bibliotecología. Desde una concepción epistemológica que entienda el “enseñar” como “enseñar a pensar” Celman,

1994, en vez de enseñar como una transmisión de algunos conocimientos específicos, resulta evidente que la búsqueda y mejora de un modelo de enseñanza que propicie que todos los estudiantes que quieran aprender lo logren, es una actividad de constante aplicación en los docentes universitarios comprometidos. La continua búsqueda de un modelo superador en enseñanza no puede llevarse a cabo sin reflexión y cuestionamiento que catalice una innovación, la aplicación de mejoras en distintos aspectos de la práctica docente (didáctica, curriculum, herramientas, entre otros) y la revisión del impacto de estas mejoras nos acerca gradualmente al modelo de educación deseado, con el que se consiguen alcanzar los objetivos planteados. Sin la implementación de innovaciones, los cuestionamientos que podamos tener para el modelo tradicional, no se traducen en un cambio en el modelo de enseñanza y la tarea docente de enseñar se reduce a la simple transmisión de conceptos.

3.2. Rasgos principales que caracterizan las innovaciones y las dimensiones a considerar en su elaboración

En acuerdo con lo expuesto por Lucarelli, 2004, las características principales que dan cuenta que estamos ante una innovación son 2:

- La primera es el carácter de ruptura que tienen las innovaciones con el estilo de enseñanza habitual. Puede decirse que sin ruptura con el modelo tradicional y dominante no hay innovación.
- La otra característica importante es el protagonismo que toman tanto los procesos de gestión y de desarrollo de una innovación, como los sujetos que llevan a cabo las nuevas prácticas innovadoras.

Al mismo tiempo podemos evaluar las innovaciones en función de cuatro dimensiones que dan cuenta de diferentes aspectos a tener en cuenta. Vain, 2021 hizo una descripción de estas dimensiones basándose en textos de Escudero y González, 1987, García, 1996 y House, 1979. Estas dimensiones son:

- El tipo o grado de innovación, estas pueden ser consideradas de primer orden, cuando estas son cambios menores que no afectan la estructura básica de la organización; sin embargo cuando las innovaciones constituyen cambios mayores que alteran la estructura de la organización con sus metas y propuestas, son consideradas de segundo orden.
- La forma en la cual se gestiona la innovación puede ser bajo una perspectiva tecnológica, política o cultural. Desde la perspectiva tecnológica, la innovación es producto de investigaciones científico-tecnológicas. Los docentes aplican dichas innovaciones con los criterios y características especificadas por la investigación científica previa. Por otro lado la innovación analizada desde la perspectiva política, se entiende como un proceso de negociación entre los distintos sujetos involucrados en el proceso de enseñanza, de esta negociación se alcanzan cambios que reflejan los valores y motivaciones de los sujetos participantes. Desde la perspectiva cultural se da cuenta del carácter de autogestión que tienen algunas innovaciones versus las innovaciones impuestas por grandes reformas planificadas.

- Las formas en que las innovaciones son llevadas a cabo en etapas, se identifican 3 procesos:
 1. Movilización.
 2. Puesta en Práctica.
 3. Institucionalización

Donde la movilización es la etapa inicial en la cual se gesta la innovación, la puesta en práctica hace referencia a la aplicación propiamente dicha de la innovación y la institucionalización es la etapa de consolidación de la innovación y el momento en que esta se incorpora en las prácticas docentes cotidianas.

- Factores promotores u obstaculizadores para la implementación de innovaciones. Podemos nombrar entre ellos, las actitudes docentes frente al cambio, el grado de integración y trabajo en equipo de los docentes, la comunicación o falta de ésta, la formación profesional de los sujetos universitarios y el carácter conservador o innovador que tenga la institución, entre otros.

3.3. ¿Por qué innovar en Física de la carrera de Biología Molecular de la UNSL?

La propuesta de innovación planteada configura, sin duda alguna, una ruptura con el modelo tradicional dominante en la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), en referencia a la estructura que siguen la mayoría de las asignaturas de Física general o básica. Se propone una valorización y por ende un recorte de las unidades conceptuales que no sean relevantes para los egresados de la carrera Licenciatura en Biología Molecular, donde se imparte la asignatura. Se propone pararse desde el lugar de un Biólogo Molecular y hacer un análisis minucioso de los contenidos de física que merecen relevancia en el plan de estudios. Por otro lado para conseguir un buen aprendizaje de dichos contenidos se propone modificar la didáctica con la que se enseña. Romper con el modelo tradicional que divide los conceptos en la parte teórica y la parte práctica, es posible. Como explica Celman, [1994](#), es imposible separar la práctica de la teoría, al entender que se trata de un proceso único de conocimiento, enseñanza y aprendizaje, dentro del cual se pueden, por momentos, enfatizar diferentes aspectos del mismo. Por ello se propone la enseñanza de física con la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP), con la que se buscará la comprensión conceptual de los contenidos y a la vez que los estudiantes adquieran la capacidad de aprender a indagar, investigar, cuestionar y contrastar datos y resultados con la realidad, además de desarrollar competencias relacionadas con el trabajo en equipo. Es decir, con esta innovación se busca romper con un modelo de enseñanza centrado en los contenidos para pasar a un modelo centrado en el estudiante, al que se le enseña a pensar en vez de solo transmitirle conocimientos.

4. **CAPÍTULO 4: Desarrollo de la propuesta de innovación**

4.1. **A. Diagnóstico**

A continuación se detallan las tareas que se llevaron a cabo para la elaboración de un diagnóstico. La elección de las mismas surge de adecuar el enfoque de los métodos de Diagnóstico Rural Rápido (DRR) y de diagnóstico Rural Participativo (Shonhuth y Kievelitz, 1994) a la intervención propuesta.

4.1.1. **Análisis de fuentes**

Se buscó información relativa a los contenidos que integran el programa de Física de la carrera de Licenciatura en Biología Molecular de la UNSL y de otra carrera similar, Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Universidad Nacional de la Plata (UNLP). Además se consideró importante recopilar otras perspectivas, nacionales e internacionales, en relación a los contenidos y la forma de enseñanza de Física en carreras de Biología Molecular y afines.

Análisis del programa de la asignatura Física para la carrera Biología Molecular

El programa de la asignatura (se puede ver en el anexo 1) cuenta con 12 unidades. El objetivo de la asignatura es el de incorporar conceptos básicos de Mecánica, Mecánica de Fluidos, Electricidad, Magnetismo y Óptica en la formación de los biólogos moleculares. También se declara como otro objetivo de la asignatura el aplicar las teorías físicas a problemas biológicos.

Este programa está diseñado en 4 partes, la primera de ellas es Mecánica (5 unidades), la segunda Fluidos (2 unidades), la tercera electricidad y magnetismo (3 unidades) y la cuarta parte la luz (2 unidades). Se observa cierto desbalance entre la primera parte y el resto. Por semana la carga horaria es de 9 horas y el total de horas en el semestre es de aproximadamente 117 horas.

A pesar que en el programa de la asignatura no se especifica la metodología de enseñanza utilizada en el aula, es posible explicitar los detalles del desarrollo de las clases por ser parte del cuerpo docente. Las clases se dividen entre clases teóricas de carácter expositivas por parte del profesor responsable, clases prácticas principalmente de carácter expositivas por parte de la o el docente a cargo de las prácticas y las clases de laboratorio a cargo de otro u otra docente, en estas clases los estudiantes realizan las actividades experimentales en forma grupal y siguiendo una guía.

La asignatura es de carácter promocional, bajo ciertas condiciones y de carácter regular cumpliendo con condiciones de aprobación de menor exigencia.

Análisis de otros programas de la asignatura Física para carreras similares a Biología Molecular de otras universidades

La carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de La Plata (UNLP) es la única carrera similar a la Licenciatura en Biología Molecular de la UNSL que hay en nuestro país. En el plan de estudios de la carrera de la UNLP contiene 2 físicas, Física I y Física II. En el Anexo 1 pueden verse los programas de estas asignaturas.

Considerando los contenidos de estas 2 físicas, vemos que estos son prácticamente los mismo que los de la asignatura analizada previamente. Sin embargo, es posible que las 2 asignaturas de física de la carrera de la UNLP resulten menos demandantes y exigentes que la asignatura física de la Biología Molecular de la UNSL, ya que cuentan con el doble de tiempo para enseñar los mismos contenidos.

Por otro lado se observan algunas diferencias metodológicas en la forma de enseñanza, en La Plata. Las clases teóricas parecieran ser de similar duración, aunque de carácter interactivo, ya que menciona que los y las estudiantes tienen participación real, lo cual se consigue gracias a interrogantes planteados por las y los docentes o a través de la preparación y exposición de clases por parte de las y los estudiantes. Los trabajos prácticos de resolución de problemas se llevan a cabo en forma grupal entre estudiantes. También se menciona en los programas de las asignaturas que en las clases de resolución de problemas se intercalan clases abiertas y talleres. Con respecto al trabajo de laboratorio se menciona que se realizan algunos trabajos prácticos experimentales. Aparentemente 3 laboratorios en Física I y 6 laboratorios en Física II. Según los programas de las asignaturas estos laboratorios no tienen evaluación ni asistencia obligatoria.

La evaluación de las dos asignaturas consiste en 2 parciales escritos, por asignatura, sobre desarrollos teórico-prácticos. Existen también 2 recuperatorios, uno por cada parcial y una fecha adicional para recuperar uno solo de los parciales desaprobados.

Es importante destacar que las asignaturas Física I y Física II no son dictadas únicamente para los y las estudiantes de la carrera de licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular, sino que se dictan para varias carreras de la rama de la química y de las ciencias biológicas de la UNLP.

Búsqueda bibliográfica en el tema de enseñanza de Física para identificar aspectos, técnicas y formas de enseñanza que dificultan su aprendizaje

El Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (NRC en inglés) convocó al Comité de Educación universitaria en Biología con el fin de preparar un informe que aborde cuestiones relacionadas con la educación universitaria de los futuros científicos investigadores del siglo XXI. El comité se encargó de examinar la educación, la capacitación y la experiencia formales requeridas para preparar a la próxima generación de investigadores en ciencias de la vida. Uno de los objetivos del proyecto fue identificar las habilidades y los conceptos básicos de matemáticas, química, física, informática e ingeniería que pueden ayudar a los estudiantes a establecer nuevas conexiones interdisciplinarias. El reporte es conocido como BIO2010: Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologists (National Research Council

(US) Committee on Undergraduate Biology Education to Prepare Research Scientists for the 21st Century, 2003). De este extenso informe se extrajeron algunas consideraciones con respecto a como debe ser la formación en el área física de los estudiantes de carreras de ciencias biológicas.

La primera recomendación de este comité de expertos es:

“Dados los profundos cambios en la naturaleza de la biología y en cómo se realiza y comunica la investigación biológica, cada institución de educación superior debe reexaminar sus cursos y enfoques de enseñanza actuales (como se describe en este informe) para ver si satisfacen las necesidades actuales de los estudiantes universitarios de biología. Aquellas que seleccionen los nuevos enfoques deben considerar la importancia de construir una base sólida en ciencias matemáticas, físicas y de la información, para preparar a los estudiantes para la investigación que es cada vez más interdisciplinaria. La implementación de nuevos enfoques debe ir acompañada de un proceso paralelo de evaluación, para verificar que se está avanzando hacia la meta institucional del aprendizaje de los estudiantes.” (National Research Council (US) Committee on Undergraduate Biology Education to Prepare Research Scientists for the 21st Century, 2003, p. 27)

En este y en otras secciones el reporte deja en claro que la formación en ciencias biológicas debe estar fuertemente influenciada por el carácter interdisciplinario que presentan la mayoría de los campos de estudio actuales. Un egresado y una egresada deben estar preparados y preparadas, desde su formación, para trabajar en áreas de trabajo que no son puramente biológicas sino que los problemas que se estudian requieren un enfoque multidisciplinario (con herramientas matemáticas, físicas, químicas, biológicas, informáticas e ingenieriles) para su tratamiento.

Para la formación en **física** de los y las estudiantes se redactó la siguiente recomendación (nombrada RECOMENDACIÓN # 1.3 en el libro):

“Los principios de la física son fundamentales para la comprensión de los procesos biológicos y son cada vez más importantes en las mediciones sofisticadas de la biología. El comité recomienda que los estudiantes de ciencias de la vida dominen los conceptos clave de física que se enumeran a continuación. La experiencia con estos principios proporciona un contexto simple en el que aprender la relación entre las observaciones y la descripción y el modelado matemáticos.”

El documento también menciona que los cursos tradicionales de introducción a la física que se imparten actualmente (redactado en 2003) fueron diseñados para satisfacer las necesidades de los estudiantes de física, matemáticas e ingeniería. Estos suelen dedicar gran cantidad de tiempo a la teoría electromagnética y a muchos detalles de la mecánica clásica. Al hacerlo, no se proporciona el tiempo necesario para descripciones en profundidad de la física, igualmente básica, en la que los estudiantes pueden construir una comprensión de la biología. Estos cursos, además, rara vez ilustran las formas en que la física se puede aplicar a problemas más complejos y actuales de la biología. A la vez que son escasas las simulaciones

por computadora para resolver problemas.

Los conceptos de física incluidos en la Recomendación # 1.3 son:

Leyes de movimiento, dinámica y fuerza

- Medida: cantidades físicas, unidades, tiempo / longitud / masa, precisión.
- Ecuaciones de movimiento: posición, velocidad, aceleración, movimiento bajo gravedad.
- Leyes de Newton: fuerza, masa, aceleración, resortes y material relacionado: rigidez, amortiguación, decaimiento exponencial, movimiento armónico.
- Energía potencial gravitacional y de resorte, energía cinética, potencia, calor de disipación, trabajo.
- Fuerzas electrostáticas, carga, conductores / aislantes, ley de Coulomb.
- Potencial eléctrico, corriente, unidades, ley de Ohm.
- Condensadores, circuitos R y RC.
- Fuerzas magnéticas y campos magnéticos.
- Inducción magnética y corrientes inducidas.

Leyes de conservación y restricciones globales

- Conservación de energía e impulso.
- Conservación de carga.
- Primera y segunda leyes de la termodinámica.

Procesos térmicos a nivel molecular

- Movimientos térmicos: movimiento browniano, fuerza térmica (colisiones), temperatura, equilibrio.
- Ley de Boltzmann, kT , ejemplos.
- Conceptos estadísticos de gas ideal utilizando la ley de Boltzmann, presión.
- Dinámica de difusión limitada, dinámica de población.

Ondas, luz, óptica e imágenes

- Osciladores y ondas.
- Óptica geométrica: rayos, lentes, espejos.
- Instrumentos ópticos: microscopios y microscopía.
- Óptica física: interferencia y difracción.

- Dispersión de rayos X y determinación de estructura.
- Partícula en una caja; niveles de energía; espectroscopia desde un punto de vista cuántico.
- Otras microscopias: electrón, túnel de barrido, fuerza atómica.

Comportamientos y sistemas colectivos lejos del equilibrio

- Líquidos, flujo laminar, viscosidad, turbulencia
- Transiciones de fase, formación de patrones y ruptura de simetría
- Redes dinámicas: eléctricas, neuronales, químicas, genéticas

Además el reporte presenta 4 planes de estudio modelos, que contienen en gran parte las recomendaciones planteadas, además de las del área de física, para las áreas de matemáticas, química, biología y ciencias de la información. De estos 2 planes de estudios, 2 presentan 2 asignaturas de física cada uno y los otros 2 planes presentan 3 asignaturas de física, cada uno. Lo cual es adecuado dada la gran cantidad de conceptos que son recomendados por el reporte.

4.1.2. Entrevistas Semiestructuradas

Para indagar la mirada de los estudiantes y docentes en relación al dictado de la asignatura Física, se diseñaron 2 entrevistas escritas. Un modelo de entrevista fue dirigido a docentes del área Física relacionados con el dictado de la asignatura Física para la carrera de Biología Molecular o una carrera similar. El otro modelo de entrevista fue dirigido a egresados de la carrera de Biología Molecular, algunos de ellos son actualmente docentes universitarios en áreas diferentes a Física.

Entrevistas semi estructuradas individuales con docentes de Física de la carrera en cuestión y con otros docentes de Física de la UNSL

A continuación se puede leer la entrevista planteada a los docentes de Física.

Entrevistas a Profesores de Física

1- ¿Cuántos años ha dictado la asignatura Física de la carrera de Biología Molecular? ¿Qué actividades ha realizado en la asignatura?

2- Del programa de la asignatura Física de la carrera de Biología Molecular, ¿qué unidades de contenidos le parece que son las importantes para la formación de los estudiantes de esa carrera?

3- De las 12 unidades que contiene el programa, ¿quitaría alguna/as de ella/as? ¿Cuáles? ¿Qué lo lleva a pensar eso?

4- ¿Cree necesario incluir nuevos contenidos para el dictado de la asignatura? ¿Cuáles serían?

5- ¿Qué otro cambio (ya sea curricular o metodológico/didáctico) le parece sería beneficioso para el aprendizaje de Física de los estudiantes de Biología Molecular?

6- ¿Ha pensado en algún momento realizar cambios (ya sea curricular o metodológico/didáctico) sin poder llevarlos a cabo? En caso de respuesta afirmativa, explicita los obstáculos (formación docente, tiempo, plan de estudio etc.)

Agregar cualquier otro comentario que desee hacer:

De estas entrevistas a docentes se pueden obtener algunas miradas interesantes sobre como es concebida la asignatura de las y los docentes que la dictan. En general los y los docentes que dictan y dictaron, tanto clases teóricas como prácticas coinciden en asegurar que el contenido actual del programa es correcto y no necesita modificaciones. Si bien los y las docentes reconocen que es un programa extenso sostienen que es necesario para la formación de los estudiantes de Biología Molecular. Un docente propone conservar los contenidos pero cambiar el enfoque, focalizando en la comprensión conceptual de los contenidos, quitando en parte la aproximación matemática de algunos contenidos. Solo un participante de esta encuesta sugiere la incorporación de una unidad de contenido, Radiactividad. Gran parte de los y las docentes sostienen que sería conveniente que la asignatura fuera anual o lo que es lo mismo, que estuviera dividida en 2 asignaturas, esto es para dar al estudiante mayor tiempo para realizar su proceso de aprendizaje. En relación a los cambios metodológicos, proponen incorporar el uso simulaciones y material virtual para generar nuevas formas de vinculación de los y las estudiante con los conocimientos. Como también proponen cambios relacionados a los tipos de problemas de las clases prácticas:

“ Sería importante la introducción de problemas más conectados con la disciplina (por ejemplo los problemas de la Serie Schaum de biofísica). Buscar conexiones con problemas actuales en el campo de la biofísica. Sería deseable asimismo, buscar una mejor conexión entre las actividades de laboratorio con el contenido de la materia.” Docente 1

Un docente que ya trabajó en la implementación de innovaciones en Física para las

carreras de Farmacia y Bioquímica propone cambios mayores en cuanto a la forma de diseñar la asignatura:

“Recordar que estos temas se dan a un ritmo de un tema por semana, con lo cual los problemas deben tener una selección pensada con objetivos de aprendizaje claros. Los problemas deben ser contextualizados a problemas reales para que sea posible la trasposición de los conceptos aprendidos a otras situaciones más allá de la asignatura física. El primer año que nos hicimos cargo de la física de farmacia, propusimos cambios didácticos y redefinimos la asignatura centrándola en aprendizaje activo y cambiando las dinámicas de clase tanto en problemas como en laboratorio. Incorporamos clases interactivas demostrativas, tutoriales de física, resolución de problemas mediante cuatro pasos etc. Esto implicó la conformación de un equipo de trabajo con reuniones semanales para que la asignatura sea vista por el estudiante como una sola asignatura y no como suma de partes donde la teoría va por un lado, la práctica de problemas por otro y el laboratorio por otro. Estos cambios podrían llevarse a la física para biología molecular sin problema.” Docente 3

Aunque es importante rescatar que el grupo de docentes de Física que logran llevar a cabo las mencionadas innovaciones es pequeño, en muchos casos las mejoras planteadas por algunos y algunas docentes no son aplicadas por no estar en acuerdo con la forma de enseñanza que propone el docente responsable de la asignatura. Una de los docentes entrevistados planteó dicho impedimento:

“...cuando el docente responsable tiene un perfil tradicional de enseñanza no se ha podido realizar cambios. Esto está asociado a la formación docente o dos preconceptos muy presentes en los docentes: “si yo aprendí así... por qué cambiar” y la repetición de los patrones de enseñanza tradicional recibida.” Docente 3

En general los docentes entrevistados no cuestionan la división de la asignatura en compartimientos separados de Teoría, Práctica y Laboratorios. Como tampoco es cuestionado, en general, el método tradicional de enseñanza. Sin embargo si se cuestiona la decisión de incluir una sola física para la carrera de Biología Molecular, en lugar de 2 asignaturas.

Entrevistas semi estructuradas individuales con egresados de la carrera de Biología Molecular

Se buscó incluir entrevistados y entrevistadas de diferente antigüedad en cuanto a su egreso de la carrera. Además, fue posible incluir una persona egresada y docente que está involucrada en la comisión de carrera de Biología Molecular. A continuación se puede leer la entrevista planteada a los y las egresados y egresadas de Biología Molecular.

Entrevistas a Egresados de Biología Molecular

1- ¿Tuviste dificultades al cursar la Física de la carrera? ¿por qué?

2- El programa de la asignatura Física de la carrera de Biología Molecular contiene 12 unidades conceptuales (también llamadas bolillas, listadas abajo) ¿qué unidades de contenidos te parecen que son las importantes para la formación de los estudiantes de esta carrera?

3- De las 12 unidades que contiene el programa, ¿quitarías alguna/as de ella/as? ¿Cuáles? y ¿por qué?

4- ¿Crees necesario incluir nuevos contenidos para el dictado de la asignatura? ¿Cuáles serían?

5- ¿Qué otro cambio (ya sea curricular o metodológico/didáctico) te parece sería beneficioso para el aprendizaje de Física de los estudiantes de Biología Molecular? Ejemplos de cambios curriculares pueden ser: Quitar unidades conceptuales o agregar unidades conceptuales. También pueden serlo el profundizar los contenidos de algunas unidades. Ejemplos de cambios metodológicos pueden implicar cambiar el método didáctico que usa para enseñar, cambiar la forma de diseñar los laboratorios, cambiar la forma de trabajo en clase de los estudiantes, o incluso cambiar la forma de evaluar los aprendizajes.

(A continuación se adjuntaba la lista de unidades y sub unidades conceptuales del programa de la asignatura.)

Gran parte de las personas entrevistadas reconocen que se aburrían en las clases de física, por diversos motivos. Mencionan, además, que no encontraban relación y conexión entre los conceptos físicos explicados y su carrera. Más de la mitad de las personas entrevistadas reconocen que existen algunas unidades de contenidos que son más importantes para su formación. No siempre son las mismas pero en líneas generales coinciden en decir que las unidades más importantes son las contenidas en las unidades 6 en adelante. Es decir: fluidos, propiedades de los líquidos, electrostática, corriente eléctrica, magnetismo, óptica física y óptica geométrica:

“Profundizaría en temas de mecánica de fluidos, propiedades de los líquidos, magnetismo. Estos tres temas se pueden relacionar con temas fisiológicos que serían interesantes para el alumno.” Egresado 4

“Creo que debería existir una relación directa con eventos y técnicas que usamos en la carrera y contenidos de cursos (Física en este caso). Por ejemplo: el transporte de sustancias a través de la membrana, ahí debo entender fluidos y cargas eléctricas. Las proteínas que estudiamos y sus interacciones tienen un alto contenido en cargas eléctricas que esto contribuye a explicar los fenómenos de forma más integral.” Egresado 2

De diferentes formas, algunos y algunas de los y las entrevistados sugieren quitar tiempo a la enseñanza de las primeras 5 unidades: medidas y vectores, movimiento en una y en

dos dimensiones, leyes de Newton, rotación de los cuerpos rígidos y trabajo, energía y potencia:

“Creo que no quitaría bolillas, y pienso que la clave sería en como se dicta el contenido, hago referencia a profundidad y tiempo. Por ejemplo: creo que no le dedicaría mucho tiempo a la bolilla 2 (movimiento en 1 y 2 dimensiones).” Egresado 2

“Algo que se me ocurre es que las primeras cinco bolillas no ocupen tanto tiempo en la materia, para poder abordar con más tranquilidad las últimas.” Egresado 5

Por otro lado, una de las personas entrevistadas sugiere poner el foco en la enseñanza de resolución de problemas, más que en los contenidos en sí, para desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico y analítico. Para lo cual sugiere que se podrían incluir problemas de relacionados a la física aunque también los no-físicos (es decir mas bien biológicos):

“No creo que sean los tópicos de física en si mismo lo más importante de esta materia sino la aproximación a la resolución de problemas, el pensamiento analítico, la verificación del problema (unidades correctas, que la magnitud del resultado numérico esté en el orden adecuado, que la respuesta sea “intuitivamente lógica”, etc).” Egresado 3

Con respecto a los cambios metodológicos propuestos por los y las egresados y egresadas, se mencionaron algunas posibles mejoras:

- Propiciar charlas con egresados de Biología Molecular que expliquen la física en su quehacer diario.
- Agregar laboratorios computacionales
- Discutir algunas noticias científicas en el área de interfaz entre la Física y la Biología.
- Usar videos interactivos para ver procesos biológicos relacionados con conceptos físicos
- Aplicar la metodología de enseñanza de pares para las clases de resolución de problemas
- Permitir a los y las estudiantes preparar el material de laboratorio para la actividades planteadas en los los mismos.

4.2. B. La estructuración de los contenidos del programa de la asignatura

Una vez elaborado el diagnóstico relativo al programa de la asignatura, es posible determinar que unidades de contenidos merecen mayor profundidad y tiempo de clases. También de este diagnóstico podemos identificar las unidades conceptuales que podrían quitarse del programa de la asignatura por resultar poco trascendentes en la formación de un biólogo molecular. Con este primer paso de ponderación de unidades conceptuales adecuadas para la formación del estudiante, podemos confeccionar otra programa de estudios de la asignatura. En función del tiempo (cantidad de clases y número de horas disponibles para la asignatura), es posible diseñar clases donde se aplicará la metodología didáctica mencionada en el capítulo 2.

Atendiendo a lo analizado en fuentes bibliográficas y a los programas de física de una carrera similar (Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular de la Universidad Nacional de la Plata), como así también a las conclusiones obtenidas de las entrevistas realizadas a docentes y egresados, podemos rescatar que el modelo mas adecuado para la física de los Biólogos Moleculares debería estar dividida en 2 asignaturas, de un semestre cada una. Esto es evidente luego de estudiar las recomendaciones del reporte BIO2010 (National Research Council (US) Committee on Undergraduate Biology Education to Prepare Research Scientists for the 21st Century, 2003) con respecto a los conceptos que deben incluirse en la formación de un investigador científico en el área de Biología. A pesar de ello esta modificación no es posible de manera particular solo para física sino que requiere un cambio de plan de estudios de la carrera, que actualmente solo incluye 1 semestre para el curso de Física. Dadas estas condiciones, en el único curso de Física de la carrera de Biología Molecular se propone incluir los siguientes conceptos:

Leyes de movimiento, dinámica y fuerza

- Medida: cantidades físicas, unidades, tiempo / longitud / masa, precisión
- Ecuaciones de movimiento: posición, velocidad, aceleración, movimiento bajo gravedad
- Leyes de Newton: fuerza, masa, aceleración, resortes y material relacionado: movimiento armónico
- Energía potencial gravitacional y de resorte, energía cinética, potencia, calor de disipación, trabajo
- Fuerzas electrostáticas, carga, conductores / aislantes, ley de Coulomb
- Fuerzas magnéticas y campos magnéticos.

Leyes de conservación y restricciones globales

- Conservación de energía e impulso
- Conservación de carga
- Leyes de la termodinámica

Ondas, luz, óptica e imágenes

- Óptica geométrica: rayos, lentes, espejos, reflexión y refracción
- Instrumentos ópticos: microscopios y microscopía
- Óptica física: interferencia y difracción
- Dispersión de rayos X y determinación de estructura.

Comportamientos y sistemas colectivos en equilibrio y lejos del equilibrio

- Líquidos, flujo laminar, capilaridad, viscosidad, turbulencia
- Transiciones de fase, formación de patrones

En este programa, dividido en 4 partes, los conceptos están agrupados siguiendo la lógica del reporte BIO2010.

En la primer parte, *Leyes de movimiento, dinámica y fuerza*, se ven gran parte de los contenidos ya incluidos en el programa actual, pero es necesario rescatar que estos son pensados para ser enseñados a los y las estudiantes en forma conceptual y con menos rigurosidad matemática que la actual. De las 14 semanas que como mínimo tiene un semestre en la UNSL, esta primera parte debería trabajarse en 5 semanas. Si bien esta parte contiene gran cantidad de contenidos, los mismos se abordarían de forma conceptual, sin entrar en la complejidad matemática que cada uno de ellos contiene.

En la segunda parte, *Leyes de conservación y restricciones globales*, se estudian los principios de conservación de la energía e impulso, la conservación de la carga y las leyes de la termodinámica. La importancia de aprender la universalidad de estos principios radica en su posterior aplicación para comprender conceptos biológicos como son las redes metabólicas y el plegamiento de biomoléculas. Esta segunda parte merece aproximadamente 3 semanas en la planificación de clases.

En *Ondas, luz, óptica e imágenes*, la tercer parte, los y las estudiantes estudiarán conceptos básicos de la naturaleza de la luz y el espectro visible con especial atención en la reflexión y la refracción y sus consecuencias en la dispersión de la luz. El estudio de la óptica de las lentes es indispensables para entender cómo funcionan los principales instrumentos ópticos, con especial atención a la óptica del ojo humano, sus características y sus defectos. Finalmente, se estudiará como es la dispersión de rayos X y como es posible determinar la estructura de biomoléculas (técnicas de crioelectrón microscopía y resonancia magnética Nuclear). Para la enseñanza de esta parte son necesarias unas 3 semanas de clases.

En la cuarta y última parte, *Comportamientos y sistemas colectivos en equilibrio y lejos del equilibrio*, los y las estudiantes estudiarán el comportamiento de los fluidos en equilibrio y fuera del mismo. Los conceptos capilaridad, viscosidad y turbulencia son útiles en la formación de estudiantes que estudian organismos vivos. También se incluyó el tema transiciones de fase, ya que estos fenómenos comúnmente ocurren en la naturaleza y se usan hoy en día en muchas tecnologías. Al igual que el tema anterior, la formación de patrones es un fenómeno que puede verse frecuentemente en la naturaleza, por lo que una introducción al tema resulta relevante. Esta última parte supone una duración de 3 semanas.

4.3. C. Aplicación de la metodología ABP en 3 unidades conceptuales importantes

A continuación se incluye el diseño de las clases de 3 temas, incluidos cada uno de ellos, en un eje conceptual de los ya detallados en la sección anterior. Estos problemas fueron elegidos y adaptados para este curso de Física, dada la relevancia que para el biólogo molecular puede tener la temática de los problemas a resolver. Para los mismos fueron diseñados para su aplicación con la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP) para alcanzar los

objetivos planteados para cada una de las unidades. Estos son:

- Fuerzas magnéticas y campos magnéticos
- Fluidos
- Ondas, luz, óptica e imágenes

4.3.1. Fuerzas magnéticas y campos magnéticos



Figura 4: Uso típico del jarabe de arce, en el desayuno. Autor: MKucova. Crédito: Getty Images/iStockphoto

Problema: ¿Es realmente Jarabe de Arce?

Tema central

Campo magnético

Conjunto de conceptos relacionados

Campo eléctrico y magnético, movimiento de una partícula cargada en un campo magnético y eléctrico, espectrometría de masas, selector de velocidad, fuerza de Lorentz.

Autores del problema

Mathieu Riopel, Olivier Tardif-Paradis, Alexandre Bourke (especialista en espectrometría de masas).

Fuente del problema

Problem-Based Learning for College Physics – Collegial Centre for Educational Materials Development (CCDMD) – Canadá, Collegial Centre for Educational Materials Development, s.f.

Tiempo requerido en el laboratorio / aula

2 horas

Tipo / entorno

En el aula

Materiales necesarios

1. Video educativo sobre los conceptos de campo magnético, movimiento de las partículas cargadas en un campo magnético y espectrometría de masas. El mismo debe estar disponible para los estudiantes un par de días antes de la clase.
2. La guía de los estudiantes es un material escrito donde se detallan conceptos importantes del tema y se enuncia el problema a resolver. También contiene preguntas y el ciclo de Tres Pasos que los estudiantes deben completar. Este material esta disponible para los estudiantes al comienzo de la clase

Resumen

En esta actividad, los alumnos deberán analizar una muestra de jarabe de arce (maple) mediante espectrometría de masas para determinar si la muestra se ha diluido o no con jarabe de azúcar (adulteración alimenticia). Para hacer esto, tendrán que determinar la proporción de concentración de los isótopos de carbono-12 y carbono-13 y comparar esa proporción con los estándares proporcionados en el documento de los estudiantes. Esta es una técnica utilizada en la industria, pero se han realizado ciertas simplificaciones para que el problema sea accesible a los estudiantes de nivel universitario. El problema se centra principalmente en calcular la configuración que tiene que tener el espectrómetro de masas.

Competencias conceptuales requeridas

Carga eléctrica, campo y potencial eléctrico

Objetivos de aprendizaje

Después de resolver este problema, los estudiantes podrán:

- Comprender la función y el uso de un espectrómetro de masas y un selector de velocidad.

- Determinar la trayectoria de una partícula cargada en un campo eléctrico y magnético.

Presentación general del problema

Este problema ayuda a los estudiantes a comprender la función de la espectrometría de masas, una tecnología que se basa en controlar el movimiento de partículas cargadas en campos eléctricos y magnéticos. El espectrómetro utilizado (de donde se obtuvo el espectro utilizado) es un modelo de Bainbridge, que tiene un selector de velocidad y un deflector magnético.

La pregunta que se plantea es determinar, a partir del análisis de la relación isotópica del ^{13}C , si una muestra de jarabe de arce ha sido adulterada, es decir, diluida con jarabe de azúcar. Para hacer esto, los estudiantes deben primero determinar la configuración del espectrómetro que permitirá que los iones de ^{12}C y ^{13}C lleguen al detector. Luego tienen que calcular la relación isotópica de ^{13}C utilizando un espectro de masas que se les proporciona.

Los diferentes parámetros físicos del espectrómetro deben medirse directamente en el diagrama proporcionado al alumno. También se proporciona la intensidad del campo magnético. El único ajuste que no se da es la diferencia de potencial aplicada entre las placas del selector de velocidad, que generan un campo eléctrico uniforme. Al cambiar esta diferencia de potencial, permitimos que iones con diferentes masas lleguen al detector. El espectro se produce analizando y barriendo un rango de los valores de diferencia de potencial. Uno de los objetivos de los estudiantes es determinar con precisión el rango de voltajes que permitirán que los iones de ^{12}C y ^{13}C lleguen al detector.

Una vez que se han calculado los parámetros del espectrómetro, se les da a los estudiantes un espectro de masas que muestra los picos medidos para ^{12}C y ^{13}C . Con estos datos, los estudiantes calculan la proporción isotópica, $\delta^{13}\text{C}$, de la muestra de jarabe de arce. Este cálculo no está relacionado con los conceptos de física en este curso, pero es necesario para el problema. Se explica el cálculo de la proporción isotópica en un cuadro de texto en la Guía del estudiante. Es básicamente una desviación por mil. Esta es una técnica que se usa realmente en la industria. Se puede encontrar más información sobre esto en internet, en Wikipedia por ejemplo.

El ejercicio supone algunas simplificaciones para que el problema propuesto sea accesible a los estudiantes de nivel universitario, pero estas simplificaciones no son esenciales para la técnica descrita.

Resumen del desarrollo de la actividad

1. El docente entrega el problema a los estudiantes (sin la sección de alta resolución), forma grupos de 3 o 4 integrantes y asigna roles. Explica algunos conceptos básicos sobre campos magnéticos y sobre la técnica de espectrometría de masas.
2. Se deja que los estudiantes trabajen en el problema para que puedan determinar los valores de la diferencia de potencial solicitados (ΔV).

3. Una vez que un equipo ha determinado el rango de valores de ΔV correcto, entregarles el espectro de alta resolución.
4. Los estudiantes calculan $\delta^{13}\text{C}$ utilizando los valores de ^{12}C y ^{13}C obtenidos del análisis del espectro de alta resolución.
5. Los estudiantes pueden ahora comparar el valor encontrado luego de analizar el espectro con el valor reportado de $\delta^{13}\text{C}$ para el jarabe de arce sin adulterar. Se extraen conclusiones de esta comparación.

4.3.2. Ondas, luz, óptica e imágenes



Figura 5: Estructura del ADN

Problema: ¿Cómo supo Rosalind Franklin que la molécula de ADN era una doble hélice?

Tema central

Óptica física

Conjunto de conceptos relacionados

Experimento de Young, interferencia, difracción, estructura del ADN

Autores

Mathieu Riopel, Olivier Tardif-Paradis, Alexandre April

Fuente del problema

Problem-Based Learning for College Physics – Collegial Centre for Educational Materials Development (CCDMD) – Canadá, Collegial Centre for Educational Materials Development, *s.f.*

Tiempo requerido en el laboratorio / aula

Aproximadamente 3 horas

Tipo / entorno

Para permitir que los y las estudiantes comprendan ciertas partes abstractas del problema, se sugiere un breve experimento con algunos materiales. Se puede optar por utilizar una única demostración en clase o hacer que los y las estudiantes realicen el experimento en equipos en un laboratorio.

Materiales necesarios

El experimento de este problema requiere un puntero láser, un pequeño resorte del tipo que se encuentra en algunas lapiceras. La configuración se describe con mayor detalle más adelante.

Resumen

El descubrimiento de la estructura de doble hélice de la molécula de ADN fue uno de los principales avances científicos del siglo XX. La historia de este descubrimiento revela la vida en el laboratorio, la competencia y las relaciones humanas, a veces difíciles, que forman parte del mundo de la investigación. En este problema, los estudiantes explorarán el papel jugado por Rosalind Franklin en este importante descubrimiento, que ha sido descuidado durante mucho tiempo. Analizarán la famosa Fotografía 51, que fue un componente clave en el desarrollo del modelo de doble hélice. Esta fotografía, realizada mediante la técnica de cristalografía por difracción de rayos X, permitirá a los alumnos aplicar conceptos relacionados con la óptica física (interferencia y difracción). Por tanto, este problema puede servir como introducción a los conceptos de interferencia y difracción.

Competencias conceptuales requeridas

Conceptos básicos de ondas, longitud de onda, principio de superposición, diferencia de fase.

Objetivos de aprendizaje

Después de resolver este problema, los y las estudiantes podrán:

- Diferenciar entre los fenómenos de difracción e interferencia
- Resolver problemas relacionados con la difracción y el experimento de Young.

Presentación general del problema

En este problema, la tarea principal de los y las estudiantes es analizar la Fotografía 51, realizada por Rosalind Franklin en 1952. Esta fotografía fue tomada mediante cristalografía de difracción de rayos X. Utilizando conceptos relacionados con el experimento y la difracción de Young, es posible determinar características de la estructura de la molécula de ADN, como su forma helicoidal, el ángulo de la hélice, el paso de la hélice y el diámetro de la molécula.

El problema se divide en tres partes:

1. La estructura helicoidal del ADN

Las preguntas de esta sección ayudan a los estudiantes a comprender cómo los resultados de la Fotografía 51, es decir, una figura de difracción en forma de X, sugieren que la molécula de ADN tiene una estructura helicoidal.

2. Un experimento de resorte

En esta parte, los y las estudiantes realizan un experimento y toman algunas medidas. El objetivo es observar la figura de difracción que se produce cuando se proyecta un rayo láser sobre un pequeño resorte del tipo que se encuentra en las lapiceras. Esta enorme versión del experimento de Rosalind Franklin les ayuda a visualizar la configuración experimental y hace que el problema sea mucho más concreto. Dependiendo del tiempo y los materiales disponibles, puede utilizar una única demostración para toda la clase o proporcionar a cada grupo una configuración para que puedan hacer el experimento por sí mismos. Los detalles técnicos de la configuración se describen en la guía de de las y los estudiantes. Se pide a los estudiantes que determinen el radio del alambre de metal en el resorte.

3. Mediciones cuantitativas de la estructura de la molécula de ADN

Esta parte requiere un examen detenido de la Fotografía 51 para determinar ciertos parámetros cuantitativos que caracterizan a la molécula de ADN. En particular, se pide a las y los estudiantes que determinen el ángulo α de la hélice, el paso P de la hélice y el radio R de la hélice.

Estas tres partes no tienen por qué realizarse necesariamente en orden. Un grupo de estudiantes que no pueda resolver la primera parte puede trabajar en la segunda para comprender mejor el problema. La tercera parte es la más larga y la más difícil. Algunas preguntas, especialmente las de la Parte 3, pueden desestabilizar a los y las estudiantes. En algunos puntos, el o la docente deberá proporcionar explicaciones para guiar el trabajo de los y las estudiantes.

Resumen del desarrollo de la actividad

El trasfondo de este problema se basa en una situación real alterada por muy pocos supuestos simplificadores, para preservar su carácter realista e histórico. Esto significa que ciertos pasos del problema requieren alguna intervención por parte del maestro, por lo que el nivel de dificultad se adapta a la óptica física de nivel universitario. En este problema se propone un rol más participativo del docente que interviene en determinados momentos claves.

1. El o la docente presenta el contexto del problema y la Parte 1 de este a los estudiantes y asigna roles en los grupos de estudiantes.
2. Los y las estudiantes intentan responder las preguntas de la Parte 1. Cuando sea apropiado, el docente puede intervenir para aclarar ciertos conceptos asociados con el experimento y la difracción de Young.
3. Cuando varios/as estudiantes hayan llegado a la Pregunta 7 de la Parte 1, que trata sobre la relación entre una figura de difracción en forma de X y una estructura helicoidal, el o la docente presenta el experimento del resorte y entrega la Parte 2 del problema.
4. Se deben ofrecer posibles soluciones para el experimento del resorte. Este es un ejercicio preparatorio que ayuda a los y las estudiantes a comprender el experimento realizado por Rosalind Franklin. Es especialmente importante que los y las estudiantes comprendan que el fenómeno que están observando es la difracción y no la interferencia, que se verá en el experimento de Young. Una vez que comprendan este experimento y respondan las preguntas de la Parte 2, las y los estudiantes deben estar mejor preparados para analizar la Fotografía 51.
5. Después de cierto punto, la o el docente debería reunir todos los grupos y explicar la conexión entre la figura de difracción en forma de X y la estructura helicoidal que la produce. Esta pregunta puede ser difícil para muchos estudiantes, pero varios de los conceptos más importantes se encuentran en la tanto tiempo a las primeras partes, para lo cual el o la docente puede hacer intervenciones con mayor frecuencia para acelerar el proceso de resolución de problemas.
6. Entregar la Parte 3. Una vez que los y las estudiantes la hayan leído, el o la docente debe explicar que el fenómeno observado en la Fotografía 51 es similar al observado en el experimento de Young (interferencia por fuente doble), que es diferente de lo observado con el resorte. También debe explicar que las marcas negras en la foto son máximos de interferencia (no máximos de difracción).
7. Una vez que los y las estudiantes hayan resuelto el problema, el o la docente puede proporcionar algunas explicaciones sobre la presencia de la segunda hélice.

4.4. D. Modelos de evaluación adecuados a la propuesta didáctica

La relevancia de unas formas de evaluación frente a otras está determinada por las especificidades de los aprendizajes que deseamos que los estudiantes adquieran. Resulta claro que evaluar Física mediante un ensayo literario no resulta apropiado como tampoco lo es pedirles a las y los estudiantes que reciten las leyes de Newton de memoria.

Para la implementación de una evaluación al servicio del aprendizaje, Anijovich y Cappelletti, [2017](#) sostienen que es necesario considerar a la misma como un proceso. De esta manera, la evaluación es una práctica constante que se distribuye a lo largo de todo el proceso de enseñanza y aprendizaje desde el comienzo para contribuir con la formación de las y los

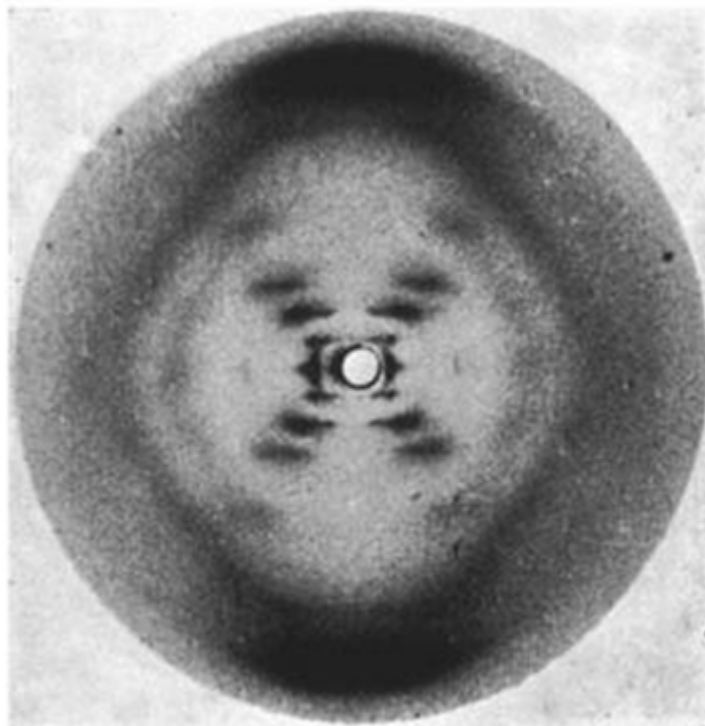


Figura 6: Fotografía 51 de Rosalind Franklin, que muestra la figura de difracción producida por el ADN. El tamaño original del círculo más grande es de 94 mm. Fuente: King's College London.

estudiantes. El proceso de evaluación debe estar fuertemente integrado y articulado con los procesos de enseñanza y de aprendizaje, entendiendo estos como la triada enseñanza, evaluación y aprendizaje (Araujo, 2016). Tal como lo propone la autora, los procesos de evaluación pueden y es deseable que sean instancias de enseñanza y aprendizaje. Los instrumentos de evaluación se deben articular a los propósitos de la enseñanza, al contenido a enseñar y al contexto. En palabras de la autora la evaluación *“supone la reflexión sobre el sentido de los contenidos enseñados, su relación con la práctica profesional, busca aprendizajes profundos que contribuyan a poner en tensión la formación teórica con su utilización en situaciones prácticas”* (Araujo, 2016, p9).

Es por ello que el proceso de evaluación propuesto supone, justamente un proceso y no un evento. En esta propuesta de innovación se proponen el uso de las evaluaciones por rubricas. Como menciona Anijovich y Cappelletti, 2017, en el capítulo 5: *Transparentar y Compartir: Las Rúbricas*, es necesario que los criterios de evaluación sean claros, detallados y específicos. El diseño de las rubricas necesita de estas aclaraciones previas, ya que se busca que los y las estudiantes conozcan de antemano los objetivos que tienen que alcanzar.

Para las evaluaciones con rúbrica ha aplicar en la metodología ABP se deberían tener

en cuenta, al menos, los siguientes parámetros a la hora de ponderar los resultados y desempeños de las y los estudiantes.

Como es importante evaluar el proceso, un parámetro a tener en cuenta para la elaboración de la rúbrica es la aplicación del **ciclo de tres pasos**. Su uso adecuado implica que los y las estudiantes puedan identificar claramente lo que saben y lo que necesitan determinar y así poder determinar el enfoque necesario para resolver el problema. El o la docente pueden pedirles a los y las estudiantes que le envíe la página con el cuadro de los tres pasos.

La clara **identificación del problema a resolver** es un parámetro importante a ser evaluado y forma parte de la rúbrica. En una situación real es clave identificar rápidamente el problema para enfocarse en la resolución de este utilizando lo que se conoce y analizando lo que se necesita conocer para la resolución.

Como se mencionó en los problemas de la sección 4.3, las guías de los y las estudiantes contienen preguntas para guiar la comprensión de los fenómenos presentados y observados, la **claridad en estas respuestas** conformaría otro parámetro para incluir en la rúbrica. Estas respuestas a las preguntas planteadas nos dan cuenta del proceso de aprendizaje que están llevando a cabo los y las estudiantes.

Por último resulta importante tener en cuenta el parámetro de los **cálculos realizados** por los y las estudiantes. Se puede pedirles que entreguen una explicación clara y detallada de algunos o todos de los cálculos del problema, dependiendo del tipo de problema y la complejidad de los cálculos que hicieron.

También es importante tener en cuenta el trabajo en equipo que realizó cada grupo. Como por ejemplo observar si tuvieron discusiones y peleas, si todos aportaron a la resolución del problema y si todos comprenden los ejercicios y actividades que están realizando. En ocasiones es necesario pedirles a los y las estudiantes que se evalúen como grupo y que evalúen su propia contribución en la actividad. Como se mencionó unos párrafos atrás es necesario que estos criterios de evaluación (ya sean de pares o de los aprendizajes) sean dados a conocer a las y los estudiantes al comienzo del curso.

5. CAPÍTULO 5

5.1. Consideraciones finales

Una forma común de encarar la enseñanza de la Física consiste en dividirla en muchos elementos conceptuales y estos a su vez se abordan desde 3 perspectivas separadas, la teoría, la práctica y los laboratorios. Con el fin de que una vez aprendidos estos elementos, será posible su total integración y las y los estudiantes podrán ser capaces de adquirir un panorama completo de la Física clásica. Sin embargo, como se ha descrito en este trabajo, eso último rara vez sucede. El profesor Perkins, del grupo Zero de la Universidad de Harvard sostiene (en Perkins, 2010) que este enfoque basado en aprender acerca de algo y aprender los elementos de una asignatura no brinda a las y los estudiantes la posibilidad de llegar a entender el panorama completo de lo que se les intenta enseñar. Perkins propone una forma diferente de conceptualizar el modo de abordar la complejidad de un saber. El sostiene que un aprendizaje pleno brinda a los y las estudiantes una visión global que les permite dar un mayor significado a los desafíos que se les presentan. Esta visión de la educación esta en línea con el plan de innovación propuesto en este trabajo final. Que las y los estudiantes puedan desarrollar conocimiento y habilidades, en gran parte implícitos en la actividades de resolución de problemas en grupos, es aprender en forma plena, o como menciona el autor, “*tener el sentido del juego*” (Perkins, 2010, p. 28). Para alcanzar este propósito de un aprendizaje pleno el autor ensaya 7 principios a seguir, los cuales acuerdan con los métodos didácticos inductivos de enseñanza, en particular con el aprendizaje basado en problemas.

Sabemos que para iniciar con éxito las carreras en investigación una vez egresados y egresadas, los y las estudiantes necesitarán conocimiento científico, formación y práctica en el diseño experimental, resolución de problemas y pensamiento crítico. En este trabajo se consiguió, mediante el análisis del contenido curricular, priorizar las temáticas en relación a la carrera y proponer la incorporación del ABP como metodología de aprendizaje donde los procesos mencionados son fundamentales. Resulta evidente que incorporando el aprendizaje basado en problemas desde la física se aportaría a desarrollar competencias valiosas para la formación de científicos en el área de Biología Molecular. Con esta propuesta se cumple con los objetos planteados sugiriendo cambiar la mirada pedagógica y didáctica para la enseñanza de Física en la carrera de Licenciatura en Biología Molecular sobre la base priorizar contenidos y una metodología de enseñanza centrada en las y los estudiantes con un objetivo final de aportar a su formación como científicos desde los primeros años de la carrera. Si bien este trabajo final se centra en buscar una mejor alternativa para la educación en el área física, es esperable que se desarrollen prácticas pedagógicas más centradas en el y la estudiante en el resto de los campos de saber de la carrera de Biología Molecular.

Nuevas e innovadoras formas de resolver problemas se consiguen con un enfoque interdisciplinario, el cual se alcanza, en parte, mediante estrategias didácticas que permitan a las y los estudiantes pensar los problemas y buscar su resolución sin un camino predeterminado utilizando todas las herramientas que tengan a su alcance, independientemente del área de la

asignatura que proponga la actividad. Por ejemplo, es probable que los proyectos independientes o grupales (tanto de búsqueda bibliográfica en la biblioteca como experimentación en el laboratorio) ayuden a fomentar un sentido de pertenencia por parte de los estudiantes, lo que a su vez puede alentarlos a tomar la iniciativa para investigar un tema en profundidad, logrando el tan deseado aprender a aprender, que llevará a una formación permanente, fundamental en la formación científica. Presentar ejemplos de investigaciones actuales para mostrar que la ciencia consiste en preguntas sin respuesta también intrigará e inspirará a más estudiantes a investigar los problemas en detalle. Es importante que estos esfuerzos comiencen desde el principio de la formación de los y las estudiantes que eligieron una carrera diseñada para seguir una profesión de investigador científico, como es Biología Molecular. Es probable que aplicar un método didáctico de investigación en todas las asignaturas, pero principalmente en las de los primeros años de su carrera, incentive y motive a los y las estudiantes a continuar con sus estudios a pesar de las dificultades que pudieran sufrir. Si esto sucediera, redundaría en un incremento en el número de egresados y egresadas lo que puede aumentar la calidad y cantidad de los futuros desarrollos científicos en biología y biomedicina.

5.2. Bibliografía

Referencias

- Anijovich, R. & Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós Buenos Aires.
- Araujo, S. (2016). Tradiciones de enseñanza, enfoques de aprendizaje y evaluación: dos puntos de vista, dos modos de actuación. *Trayectorias Universitarias*, 2(2).
- Cebrián de la Serna, M. C. & Vain, P. D. (2008). Una mirada acerca del rol docente universitario, desde las prácticas de la enseñanza en entornos no presenciales [Publisher: Universidad de Sevilla]. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (32), 117-129.
- Celman, S. (1994). La tensión teórica-práctica en la educación superior [Publisher: Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación].
- Center for Teaching and Learning. (2001). Problem-Based Learning. *Speaking of teaching. Stanford University Newsletter on Teaching*, 11.
- Coles, C. R. (1985). Differences between conventional and problem-based curricula in their students' approaches to studying. *Medical education*, 19(4), 308-309.
- Collegial Centre for Educational Materials Development. (s.f.). PBL: Problem-Based Learning. Consultado el 15 de julio de 2021, desde <http://pbl.ccdmd.qc.ca>
- Cordero, S., Colinvaux, D. & Dumrauf, A. G. (2002). ¿Y si trabajan en grupo...? Interacciones entre alumnos, procesos sociales y cognitivos en clases universitarias de Física. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 427-442.
- Coscarelli, M. R. (2020). Clase 4: Fundamentos, Componentes y procesos constitutivos de los proyectos curriculares. [material del aula].
- Davini, M. C. (2008). Métodos de enseñanza. *Didáctica general para maestros y profesores. Buenos Aires: Santillana*.

- de Alba, A. (1998). Curriculum: crisis, mito, y perspectivas. *Argentina, Miño y Dávila Editores srl, págs, 59, 60.*
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis [Publisher: Elsevier]. *Learning and instruction, 13*(5), 533-568.
- Dumrauf, A. G. & Cordero, S. (2004). ¿ Qué cosa es el calor? Interacciones discursivas en una clase de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 3*(2), 123-147.
- Edelstein, G. (2020a). Clase 1. Presentación teórico-metodológica de la propuesta.
- Edelstein, G. (2020b). Clase 3. Perspectivas sobre la Enseñanza como práctica socio-histórica compleja.
- Edelstein, G. (2020c). Clase 6. La dimensión metodológica en la enseñanza.
- Edelstein, G. (2020d). Clase 7. Un profesorado orientado a la indagación.
- Escudero, J. M. & González, M. T. (1987). Innovación educativa: teorías y procesos de desarrollo. *Humanitas, Barcelona.*
- Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, UNSL. (2020). Programa de FÍSICA para LIC. EN BIOLOGÍA MOLECULAR [Departamento: Física Área: Area Unica - Física]. http://cargaprogramas.unsl.edu.ar/public_view.php?p=34633
- Facultad de Química Bioquímica y Farmacia - UNSL. (2014). Plan de estudio. Licenciatura en Biología Molecular. Ordenanza 015-14 CD. Consultado el 18 de marzo de 2021, desde http://digesto.unsl.edu.ar/docs/201411/20141110131058_23895.pdf
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics [Publisher: National Acad Sciences]. *Proceedings of the national academy of sciences, 111*(23), 8410-8415.
- Freire, P. (1997). *Pedagogía de la autonomía: saberes necesarios para la práctica educativa.* siglo XXI.
- García, C. M. (1996). *Innovación educativa, asesoramiento y desarrollo profesional* (Vol. 124). Ministerio de Educación.
- Heller, P. & Heller, K. (2001). *Cooperative group problem solving in physics.* Brooks/Cole Publishing Company New York.
- House, E. R. (1979). Technology versus craft: A ten year perspective on innovation [Publisher: Taylor & Francis]. *Journal of curriculum Studies, 11*(1), 1-15.
- Illinois Mathematics and Science Academy. (2008). Problem-Based Learning Matters [Teacher Resources. 1]. https://digitalcommons.imsa.edu/pfs_tr/1
- Lucarelli, E. (2004). Las innovaciones en la enseñanza, ¿camino posibles hacia la transformación de la enseñanza en la Universidad? *Trabajo presentado en las Terceras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria,* 508.
- National Research Council. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition.* National Academies Press.
- National Research Council (US) Committee on Undergraduate Biology Education to Prepare Research Scientists for the 21st Century. (2003). *Bio2010: Transforming Undergraduate Education for Future Research Biologists.* National Academies Press (US). Consultado el 29 de junio de 2021, desde <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK43511/>

- Neville, A. J. (1999). The problem-based learning tutor: Teacher? Facilitator? Evaluator? [Publisher: Taylor & Francis]. *Medical teacher*, 21(4), 393-401.
- Nilson, L. B. (2016). *Teaching at its best: A research-based resource for college instructors*. John Wiley & Sons.
- Pedranzani, B. E. (2010). La Universidad Nacional de San Luis. En contexto, su historia y su presente. *Nueva Editorial Universitaria. UNSL, San Luis*.
- Perkins, D. (2010). *El aprendizaje pleno: Principios de la enseñanza para transformar la educación*. Paidós.
- Perrenoud, P. (2007). De la práctica reflexiva al trabajo sobre el habitus. *Perrenoud, P. Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*, 137-155.
- Pope, M. & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science [Publisher: Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company New York]. *Science education*, 67(2), 193-204.
- Prince, M. & Felder, R. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of college science teaching*, 36(5), 14.
- Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases [Publisher: Wiley Online Library]. *Journal of engineering education*, 95(2), 123-138.
- Redish, E. F. & Hammer, D. (2009). Reinventing college physics for biologists: Explicating an epistemological curriculum [Publisher: American Association of Physics Teachers]. *American Journal of Physics*, 77(7), 629-642.
- Selya, R. (2005). Designs for Life: Molecular Biology after World War II (review) [Publisher: The MIT Press]. *Journal of Interdisciplinary History*, 35(4), 646-647. Consultado el 22 de julio de 2021, desde <https://muse.jhu.edu/article/180227>
- Shonhuth, M. & Kievelitz, U. (1994). Diagnóstico rural rápido. Diagnóstico rural participativo. Métodos participativos de diagnóstico y planificación en la cooperación al desarrollo.
- UNESCO. (2021). Enfoque por competencias. Consultado el 6 de mayo de 2021, desde <http://www.ibe.unesco.org/es/temas/enfoque-por-competencias>
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS. (2018). ESTATUTO UNIVERSITARIO. <http://ftu.unsl.edu.ar/pags/Normativa/Reglamentos/Estatuto-UNSL-2018.pdf>
- Vain, P. D. (2021). Texto del Bloque I.
- Villegas, M. & Benegas, J. (2020). Aprendizaje conceptual en un curso de física general basado en estrategias de aprendizaje activo [Publisher: Asociación de Profesores de Física de La Argentina (APFA)]. *Revista de enseñanza de la física*, 32(1), 345-354.
- Zabalza Beraza, M. & Zabalza Cerdeiriña, M. (2012). Innovación y cambio en las instituciones educativas. *Rosario: Homo Sapiens Ediciones*.

5.3. Anexo 1: Programas de los cursos y materias analizadas



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Física
Area: Area Unica - Física

(Programa del año 2020)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 22/09/2020 18:30:41)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
FISICA	LIC. EN BIOLOGÍA MOLECULAR	15/14 -CD	2020	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
VELASCO, RICARDO HUGO	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
TORRES ASTORGA, ROMINA VANESA	Auxiliar de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
2 Hs	2 Hs	4 Hs	1 Hs	9 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
22/09/2020	18/12/2020	13	117

IV - Fundamentación

La física constituye una de las herramientas esenciales para el conocimiento de los fenómenos biológicos. Desde tiempos remotos ha existido una permanente interacción entre la física y la biología, pero es a partir de los últimos años que la Biofísica ha tomado un impulso definitivo evidenciando ser uno de los ámbitos de búsqueda de conocimiento que mayores desafíos propone a la comunidad científica.

Esta asignatura pretende, tal como está pautado en los respectivos planes de estudio, incorporar en la formación de los alumnos los conceptos básicos de Mecánica, Mecánica de Fluidos, Electricidad, Magnetismo y Óptica. Los mismos constituyen la base de los conceptos que los alumnos necesitarán para el aprendizaje de temas que han de incorporar en etapas futuras de su formación.

V - Objetivos

- Proporcionar a los estudiantes de Biología y Biología Molecular los conocimientos de física que necesitan para su trabajo profesional, principalmente dirigidos al fortalecimiento del perfil científico que poseen la carrera hacia la cuál la asignatura va dirigida.
- Aplicar las teorías físicas a problemas biológicos, tendiendo a incrementar el interés por parte de los alumnos hacia el campo interdisciplinario que constituyen la física y la biología.
- Acrecentar el entrenamiento de los alumnos en la aplicación de herramientas de la matemática y de la física para la resolución de problemas físico y biológicos.
- Apoyar los conocimientos teóricos propuestos en el programa con adecuadas experiencias de laboratorio, que acentúen el

VI - Contenidos

Parte 1: Mecánica

Bolilla 1: Medidas. Vectores

- 1.1 Medidas. Patrones. Sistemas de unidades.
 - 1.2 Errores: sistemáticos y casuales. Precisión.
 - 1.3 Escala. Leyes de escala.
 - 1.4 Magnitudes escalares y vectoriales.
 - 1.5 Vectores. Operaciones.
- Seminario 1: “Las leyes de escala y su aplicación en biología”.

Bolilla 2: Movimiento en una y en dos dimensiones

- 2.1 Movimiento rectilíneo.
 - 2.1.1 Velocidad media. Velocidad instantánea.
 - 2.1.2 Movimiento rectilíneo uniforme.
 - 2.1.3 Movimiento rectilíneo uniformemente variado.
 - 2.1.4 La aceleración de la gravedad.
 - 2.2 Movimiento en dos dimensiones.
 - 2.2.1 Movimiento de los proyectiles.
- Seminario 2: “Salto de los animales”
“Proyectiles en biomecánica”.

Bolilla 3: Leyes de Newton del Movimiento

- 3.1 Fuerzas: propiedades.
 - 3.2 Primera Ley de Newton. (Principio de Inercia).
 - 3.3 Tercera Ley de Newton (Principio de Acción y reacción).
 - 3.4 Segunda Ley de Newton.
 - 3.5 Fuerzas gravitatorias.
 - 3.6 Fuerzas de rozamiento.
- Seminario 3: “Fuerzas musculares”.
“Fuerzas de natación de un pez”.

“Fuerzas de rozamiento y el movimiento de los animales”.

Bolilla 4: Rotación de los cuerpos rígidos. Movimiento circular

- 4.1 Variables angulares.
 - 4.2 Movimiento circular uniforme. Movimiento circular uniformemente variado.
 - 4.3 Momentos.
 - 4.4 Leyes de Newton del movimiento de rotación.
 - 4.5 Equilibrio de los cuerpos rígidos.
 - 4.6 Centro de gravedad.
- Seminario 4: “La centrífuga y el fraccionamiento de la célula”.

“Ejemplos biológicos en los que intervienen momentos”.

Bolilla 5: Trabajo. Energía. Potencia

- 5.1 Trabajo.
- 5.2 Energía cinética.
- 5.3 Energía potencial y fuerzas conservativas.
- 5.4 Fuerzas disipativas.
- 5.5 Potencia.

Seminario 5: “Potencia y velocidad metabólica”.

Parte 2: Fluidos

Bolilla 6: Mecánica de fluidos

- 6.1 Densidad y presión.
- 6.2 Presión de fluidos en reposo.
- 6.3 Principio de Arquímedes.
- 6.4 La ecuación de continuidad. Líneas de corriente.
- 6.5 Ecuación de Bernoulli.
- 6.6 Viscosidad.
- 6.7 Flujo laminar y flujo turbulento.

Seminario 6: “Elementos del sistema circulatorio de los mamíferos”.

“El corazón como una bomba”.

Bolilla 7: Propiedades de los líquidos

- 7.1 Tensión superficial
- 7.2 Acción capilar.
- 7.3 Ósmosis.
- 7.4 Presión negativa.

Seminario 7: “Acción capilar y su importancia en biología”.

“El ascenso de la savia en los árboles”.

Parte 3: Electricidad y Magnetismo

Bolilla 8: Electrostática

- 8.1 Fuerzas eléctricas. Ley de Coulomb
- 8.2 El campo eléctrico.
- 8.3 Potencial eléctrico.
- 8.4 Dipolos eléctricos.
- 8.5 Capacidad. Dieléctricos.

Seminario 8: “Potenciales de membrana en los animales”.

“Sentido eléctrico de los peces”.

Bolilla 9: Corriente eléctrica

- 9.1 Corriente eléctrica.
- 9.2 Ley de Ohm. Resistencia eléctrica.
- 9.3 Fuente de energía en los circuitos.
- 9.4 Circuitos de corriente continua. Leyes de Kirchhoff.
- 9.5 Potencia en circuitos eléctricos.

Seminario 9: “Modelo eléctrico de una membrana nerviosa”.

“Conducción nerviosa”.

Bolilla 10: Magnetismo

- 10.1 Campos magnéticos.
- 10.2 Fuerza sobre una carga en movimiento.
- 10.3 Fuerza sobre una corriente eléctrica.
- 10.4 Campos magnéticos producidos por corrientes.
- 10.5 Fuerza entre conductores paralelos.

10.6 Inducción magnética. Ley de Faraday.
Seminario 10: “Espectrómetro de masas”.

“Ciclotrones”.

Parte 4: La luz

Bolilla 11: Óptica Física

11.1 Introducción al movimiento ondulatorio.

11.2 Naturaleza de la luz.

11.3 Principio de Huygens.

11.4 Interferencia.

11.5 Difracción.

11.6 Polarización.

Seminario 11: “Redes de difracción”.

“Difracción de rayos X y estructura de moléculas biológicas”.

Bolilla 12: Óptica geométrica

12.1 Reflexión y refracción.

12.2 Espejos.

12.3 Lentes.

12.4 Formación de imágenes.

12.5 La lupa y el microscopio.

Seminario 12: “El ojo humano”.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

El alumno deberá realizar los siguientes trabajos prácticos.

De aula:

Práctico N°1: Vectores, Medidas, Factor de Escala

Práctico N°2: Movimiento en Una y en Dos Dimensiones

Práctico N°3: Leyes de Newton del Movimiento

Práctico N°4: Movimiento Circular – Rotación de los Cuerpos Rígidos

Práctico N°5: Trabajo, Energía y Potencia

Práctico N°6: Mecánica de los Fluidos

Práctico N°7: Propiedades de los Líquidos

Práctico N°8: Electroestática

Práctico N°9: Corriente Eléctrica

Práctico N°10: Magnetismo

Práctico N°11: Óptica

VIII - Regimen de Aprobación

Alumnos Regulares: Realizar y aprobar el 100% de los trabajos prácticos de laboratorio. Aprobar 2 (dos) exámenes parciales prácticos previstos con el 70% de respuestas correctas.

La probación de la materia se efectúa mediante examen final oral o escrito.

Alumnos Promocionales: Cumplir las mismas condiciones del Alumno regular y además aprobar 2 (dos) Cuestionarios teóricos con el 70% de respuestas correctas. Participar en la realización de un seminario que consistirá en una monografía y su exposición oral, sobre un tema aplicado propuesto por la cátedra.

IX - Bibliografía Básica

- | |
|--|
| [1] 1. Kane y M. Sternheim: Física. Ed. Reverté. 1986.
[2] 2. Strother: Física aplicada a las ciencias de la salud. McGraw Hill. 1981
[3] 3. Cromer: Física para las ciencias de la vida. Ed. Reverté. 1984.
[4] 4. Jou, J. Llevot y C. Perez García: Física para las ciencias de la vida. Serie Schaum. McGraw Hill. 1986. |
|--|

X - Bibliografía Complementaria

- | |
|---|
| [1] 1. Fundamentos de Física. Sears. FW. IV Edición. 1979.
[2] [2] 2. Física. Vol. I y II. Halliday & Resnick. Editorial CECSA. 1985 |
|---|

XI - Resumen de Objetivos

- | |
|--|
| 1. Proporcionar a los estudiantes conocimientos básicos de Física.
de Física tendientes a su formación básica y al fortalecimiento del perfil científico de la carrera.
2. Aplicar las teorías físicas a problemas biológicos, tendiendo a incrementar el interés por parte de los alumnos hacia el campo interdisciplinarios que constituyen la física y la biología. |
|--|

XII - Resumen del Programa

Parte 1: Mecánica Medidas. Vectores. Errores. Leyes de Escala - Movimiento en una y en dos dimensiones - Leyes de Newton del Movimiento - Rotación de los cuerpos rígidos. Movimiento circular - Trabajo. Energía. Potencia Parte 2: Fluidos Mecánica de fluidos: Densidad, Presión, Principio de Arquímedes, Ecuación de Bernoulli, Viscosidad - Propiedades de los líquidos: Tensión Superficial, Acción Capilar, Osmosis Parte 3: Electricidad y Magnetismo Electrostática: Ley de Coulomb - Corriente eléctrica: Ley de Ohm, Circuitos de corriente continua, Leyes de Kirchhoff - Magnetismo: Fuerzas sobre cargas en movimiento y corrientes, Ley de Faraday Parte 4: La luz Óptica Física: Movimiento ondulatorio, Naturaleza de la luz, Principio de Huygens, Interferencia, Difracción, Polarización- Óptica geométrica: Reflexión y Refracción, Espejos y Lentes, Lupa y Microscopio

XIII - Imprevistos

Esta previsto el dictado no presencial de teorías y prácticas de aula debido a la pandemia COVID. Se planificarán laboratorios basados en simulaciones y, de ser posible, se efectuarán prácticas de laboratorio presenciales. Los alumnos dispondrán de una plataforma Classroom para la materia y las teorías se darán utilizando Meet.

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA

	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	



FÍSICA I

OBJETIVOS GENERALES

Aplicar a las diferentes ramas de la química y a las ciencias biológicas los conceptos puros de la Mecánica a través de ejemplos, experimentos de demostración y ejercicios de aplicación.

CONTENIDOS MÍNIMOS

Metodología de Investigación, Sistemas de medición: magnitudes físicas. Unidades. Estática. Cinemática lineal. Cinemática en el plano. Dinámica de la partícula. Trabajo y energía. Mecánica de los fluidos. Sistemas de partículas. Oscilaciones. Dinámica del cuerpo rígido. Hidrostática. Hidrodinámica. Ondas mecánicas. Sonido.

PROGRAMA ANALÍTICO

Introducción General

Qué es la Física. Método de la Física. Dominios de la Física. Relación de la Física con otras ciencias. Mediciones y unidades. Magnitudes y unidades fundamentales y derivadas.

Introducción Matemática

Vectores. Magnitudes escalares y vectoriales. Módulo, dirección y sentido. Componentes. Cosenos directores. Suma y resta de vectores. Producto de un vector por un número real. Versores fundamentales. Producto escalar y producto vectorial.

• Mecánica

Cinemática: Introducción. Definición de partícula. Nociones de observador y sistema de referencia.

Cinemática lineal. Posición y desplazamiento. Derivada de una función. Velocidad media y velocidad instantánea. Aceleración. Algunos movimientos especiales: movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado. Movimiento vertical bajo la acción de la gravedad (caída libre y tiro vertical). Representación vectorial de posición y velocidad en el movimiento rectilíneo. Movimiento relativo de traslación. Transformaciones galileanas. Cinemática en el plano. Vector posición y vector desplazamiento. Vector velocidad y vector aceleración. Movimiento curvilíneo con aceleración constante. Tiro oblicuo. Movimiento circular. Vectores velocidad y velocidad angular. Componentes normal (centrípeta) y tangencial de la aceleración. Aceleración angular. Movimiento circular uniforme.

Definición de período y frecuencia. Movimiento circular uniformemente acelerado. Relaciones vectoriales en el movimiento circular. Componentes cartesianas de los vectores posición, velocidad y aceleración como funciones del tiempo en el movimiento circular uniforme.

Dinámica: Dinámica de una partícula. Leyes de Newton. Primera Ley (Ley de Inercia). Sistemas de referencia inerciales. Masa gravitatoria y masa inercial. Vector momentum o cantidad de movimiento lineal. Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Segunda Ley. Concepto de vector fuerza. Relación entre fuerza y aceleración. Unidades de fuerza. Resultante de fuerzas. Principio de relatividad de

Galileo. Tercera Ley de Newton (Acción y Reacción). Equilibrio de una partícula (Estática). Algunos ejemplos de fuerzas: fuerza de contacto y sus componentes: normal y de fricción o roce. Fuerza elástica. Dinámica del movimiento circular uniforme. Componente centrípeta. Impulso de una fuerza.

Trabajo y energía: Definiciones de trabajo y potencia. Unidades de trabajo y potencia. Energía cinética. Teorema trabajo-energía cinética. Unidades de energía. Trabajo de una fuerza constante. Fuerzas conservativas y energía potencial. Energía potencial elástica y gravitatoria. Energía mecánica. Conservación de la energía mecánica. Relación entre fuerza y energía potencial. Fuerzas no conservativas. Disipación de energía.

Movimiento oscilatorio: Introducción. Movimiento armónico simple. Amplitud y fase. Período, frecuencia y frecuencia angular. Fuerza y energía en el movimiento armónico simple. Ecuación diferencial del movimiento armónico simple. Péndulo simple. Superposición de movimientos armónicos simples.

Dinámica del cuerpo rígido: Momento angular de un cuerpo rígido. Momento de inercia. Distribución continua de masa. Ubicación del centro de masa y momento de inercia. Ecuación de movimiento para la rotación de un cuerpo rígido. Conservación del momento angular de un cuerpo. Equilibrio de un cuerpo rígido. Energía cinética de rotación de un cuerpo rígido. Rotación sin deslizamiento.

Dinámica de traslación de un sistema de partículas: Centro de masa. Cantidad de movimiento lineal y energía de un sistema de partículas. Movimiento del centro de masa de un sistema aislado. Movimiento del centro de masa en un sistema sujeto a fuerzas externas. Energía propia. Conservación de la energía propia de un sistema aislado. Energía total de un sistema sujeto a fuerzas externas. Sistema de centro de masa. Energía interna. Aplicación al estudio de colisiones o choques.

Dinámica rotacional de un sistema de partículas: Vectores torque de una fuerza y momento angular. Movimiento de una partícula bajo la acción de fuerzas centrales. Momento angular de un sistema de partículas: momento angular interno y momento angular del centro de masa.

- Mecánica de Fluidos

Introducción. Estados sólido, líquido y gaseoso. Presión.

Hidrostática: Teorema fundamental de la Hidrostática. Teorema de Pascal. Aplicaciones: prensa hidráulica, barómetro de mercurio, variación de la presión con la profundidad, manómetros. Movimientos originados por diferencia de presión: sifón. Empuje. Principio de Arquímedes. Densímetros. Empuje de la atmósfera. Superficie de líquidos: tensión superficial, capilaridad y presión osmótica.

Dinámica de fluidos: Movimiento de un fluido. Ecuación de Bernoulli. Aplicaciones del Teorema de Bernoulli: tubo de Venturi, fórmula de Torricelli, sustentación de un ala. Viscosidad. Coeficiente de viscosidad. Fórmula de Poiseuille.

- Ondas y Acústica

Propagación de ondas en medios continuos. Velocidad de propagación. Ondas transversales y longitudinales. Descripción general del movimiento ondulatorio. Ondas viajeras y ecuación de onda. Ondas armónicas. Longitud de onda. Número de onda. Frecuencia y frecuencia angular. Período. Ondas transversales en una cuerda vibrante. ¿Qué se propaga en una onda? Definición de intensidad. Interferencia de ondas y principio de superposición. Cuerda finita. Ondas estacionarias. Frecuencia fundamental y frecuencias armónicas. Acústica. Generalidades. Deducción de la ecuación para ondas longitudinales en fluidos. Ondas de deformación y de presión. Efecto Doppler. Características del sonido: volumen (intensidad) y tono o altura

(frecuencia). Escalas musicales. Ondas estacionarias en tubos. Tubos abiertos, semiabiertos y cerrados.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Las clases teóricas no tienen un horario fijo (se dictan 3 horas semanales), sino que se intercalan en el horario del teórico-práctico de acuerdo al transcurso del tema; las mismas se desarrollan de manera interactiva, de modo tal que los estudiantes tengan participación real, ya sea a través de interrogantes planteados por el profesor como a través de la preparación y exposición de clases por parte de los alumnos.

Una vez finalizada la exposición se desarrollan problemas del tema abordado: en estas clases de seminario los alumnos cuentan con material bibliográfico suministrado por la cátedra y se entablan discusiones grupales entre ellos, con un docente que actúa como coordinador.

Por otro lado, de cada eje central se lleva a cabo un trabajo práctico que, dado el elevado número de alumnos, se realiza en forma grupal.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

La asignatura es obligatoria perteneciente al Ciclo Básico de Exactas (CIBEX), de carácter semestral y con una carga horaria semanal de 8 horas; 128 horas en total. 3 horas semanales (48 horas totales) son dedicadas a clases teóricas, 2 horas semanales (32 horas totales) a trabajos experimentales y 3 horas semanales (48 horas totales) a la resolución de problemas.

Para las clases de resolución de problemas se intercalan clases abiertas y talleres.

Se realizan los siguientes Trabajos Prácticos Experimentales:

- Mediciones directas e indirectas.
 - a) Determinar la superficie de un banco.
 - b) Determinar el volumen de un cuerpo cilíndrico.
- Determinación del coeficiente de roce estático.
- Determinación de la constante del resorte.

Se espera que al finalizar el curso, a través de estas prácticas de Laboratorio, el alumno sepa:

- qué implica medir.
- que el resultado de la medición arrojará un intervalo de incerteza y no un único valor.
- que ese intervalo está dado por un valor más probable y una incertidumbre.
- las fuentes de incertidumbre más comunes.
- la diferencia entre el modelo y lo que se mide en la realidad.

EVALUACIÓN

La evaluación es escrita sobre desarrollos teórico-prácticos que integran las distintas temáticas (exámenes parciales), ya que dado el número de alumnos no es posible realizar una evaluación constante a lo largo del curso. Consta de dos parciales, cada uno de ellos con su recuperatorio, y un flotante.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA



- Alonso, M. y Finn, E. (1970) Física: Mecánica, vol. 1. Fondo Educativo Interamericano.
- Bollini, C.G. y Giambiagi, J.J. (1975) Mecánica, ondas, acústica, termodinámica. Colección Universitaria Edicient.
- Ingar, U. y Kraushaar, W.L. (1972) Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas. Reverté.

FÍSICA II

OBJETIVOS GENERALES

- Adquirir conocimientos de electricidad, magnetismo y óptica a partir de la observación y descripción de los fenómenos.
- Construir teorías abstractas y abarcativas a partir de la formulación matemática para la resolución de problemáticas.
- Adquirir habilidades experimentales en la construcción de circuitos eléctricos sencillos y en la medida de la magnitud de sus elementos.
- Adquirir habilidades experimentales en la formación de imágenes luminosas y uso de instrumentos ópticos sencillos.

CONTENIDOS MÍNIMOS

Electricidad y magnetismo. Cargas eléctricas. Campo eléctrico. Potencial eléctrico. Capacitancia. Dieléctricos. Corriente eléctrica. Campo magnético. Fuerza electromotriz inducida. Medios magnéticos. Corriente alternada. Ecuaciones de Maxwell. Óptica. Óptica geométrica. Espejos esféricos. Lentes. Instrumentos ópticos. Teoría ondulatoria. Difracción. Polarización.

PROGRAMA ANALÍTICO

PRIMERA PARTE: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Electrostática. Fuerzas entre cargas puntuales en reposo. Ley de Coulomb. Principio de superposición. Campo eléctrico. Distribuciones de carga: discretas y continuas. Líneas de campo. Trabajo realizado por la fuerza electrostática. Energía potencial electrostática. Potencial electrostático. Superficies equipotenciales.

Flujo de campo eléctrico. Ley de Gauss. Aplicaciones de la Ley de Gauss. Conductores y Aisladores. Campo eléctrico en la superficie de un conductor. Capacidad: definición y cálculo en sistemas sencillos. Energía almacenada en un capacitor. Materiales dieléctricos. Polarización y constante dieléctrica. Capacitores en serie y en paralelo.

Magnetostática. Campo magnético. Ley de Biot-Savart. Ley de Ampere. Solenoide. Partículas cargadas en presencia de campos magnéticos, fuerza de Lorentz.

Aplicaciones: selector de velocidades y espectrómetro de masa. Fuerza magnética sobre conductores. Torque sobre espiras. Fuerza entre conductores. Flujo magnético. Ley de

Faraday y Ley de Lenz. Generador de AC. Autoinductancia. Energía almacenada en una bobina. Inductancia mutua.

Definición de corriente eléctrica. Densidad de corriente. Ley de Ohm. Disipación de potencia en una resistencia. Resistencias equivalentes. Circuitos de corriente continua. Leyes de Kirchoff. Transitorios en circuitos: circuitos RC, RL (carga y descarga de capacitores y bobinas). Corriente Alterna: Conexión de R, L y C a fuentes AC. Análisis del desfase entre tensión y corriente. Circuito RLC serie.

SEGUNDA PARTE: ÓPTICA

Ondas electromagnéticas: Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de ondas, velocidad de la luz. Espectro electromagnético. Ondas viajeras, transporte de energía.

Ondas planas. Polarización lineal. Vector de Poynting. Intensidad de una onda.
Interfases entre medios. Leyes de Snell. Reflexión total interna. Angulo de Brewster.
Polarización por reflexión. Polarizadores, ley de Malus.
Óptica geométrica: Rayos y frentes de onda. Imágenes reales y virtuales.
Imágenes por reflexión: espejos planos y esféricos, foco. Ecuaciones que determinan la posición de la imagen. Aumento. Imágenes por refracción. Ecuaciones para determinar la imagen y aumentos.
Lentes delgadas, ecuación del constructor de lentes. Foco objeto y foco imagen. Reglas para la construcción de imágenes de una lente, marcha de rayos.
Aumento de una lente. Combinación de sistemas ópticos. Ojo, Lupa, Microscopio, Telescopio.
Óptica física: superposición de ondas constructiva y destructiva. Principio de Huygens. Interferencia de ondas en láminas delgadas, diferencia de camino óptico y desfases. Interferencia de dos rendijas y patrón de intensidad. Difracción de Fraunhofer por una rendija rectangular, patrón de intensidad. Difracción e interferencia en una experiencia de Young. Interferencia de un sistema de N rendijas, patrón de intensidad. Red de difracción, poder resolvente de una red.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Las clases teóricas no tienen un horario fijo (se dictan 3 horas semanales), sino que se intercalan en el horario del teórico-práctico de acuerdo al transcurso del tema; las mismas se desarrollan de manera interactiva, de modo tal que los estudiantes tengan participación real, ya sea a través de interrogantes planteados por el profesor como a través de la preparación y exposición de clases por parte de los alumnos.

Una vez finalizada la exposición se desarrollan problemas del tema abordado: en estas clases de seminario los alumnos cuentan con material bibliográfico suministrado por la cátedra y se entablan discusiones grupales entre ellos, con un docente que actúa como coordinador.

Por otro lado, de cada eje central se lleva a cabo un trabajo práctico que, dado el elevado número de alumnos, se realiza en forma grupal.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

La asignatura es obligatoria, perteneciente al Ciclo Básico de Exactas (CIBEX), de carácter semestral y con una carga horaria semanal de 8 horas; 128 horas en total. 3 horas semanales (48 horas totales) son dedicadas a clases teóricas, 2 horas semanales (32 horas totales) a trabajos experimentales y 3 horas semanales (48 horas totales) a la resolución de problemas.

Para las clases de resolución de problemas se intercalan clases abiertas y talleres.

Se realizan los siguientes Trabajos Prácticos Experimentales:

1- Electrostática en el plano:

Medir el potencial eléctrico en el plano, alrededor de conductores metálicos descargados y cargados.

Determinar las variaciones del potencial en función de la distancia al (los) conductores. Obtener las líneas equipotenciales y las líneas de campo para una dada configuración geométrica de cargas.

2- Corrientes, resistencias, potenciales y ley de Ohm:

Comprender cómo una diferencia de potencial causa el flujo de cargas eléctricas (corriente eléctrica) en un conductor e interpretar circuitos simples.

Aprender a dibujar diagramas de circuitos usando símbolos.

Verificación de la ley de Ohm.

Comprobación de las leyes de Kirchhoff.

3- Interacciones Magnéticas:

En este trabajo exploraremos la naturaleza de la interacción magnética, para lo cual analizaremos las fuentes de campo magnético y la fuerza que siente un conductor por el que circula una corriente cuando está colocado en una región donde existe un campo magnético externo.

4- Lentes. Formación de imágenes. Distancias focales:

El propósito de esta práctica es aprender a producir y visualizar imágenes de pequeños objetos luminosos o iluminados utilizando lentes convergentes, divergentes y pantallas, introduciendo la importancia de alinear y enfocar instrumentos ópticos.

5- Instrumentos ópticos:

Estudiar las características de algunos instrumentos ópticos y las propiedades de las imágenes que forman.

En particular, construir un microscopio (parte A) y un modelo del ojo y sus defectos (parte B)

Parte A. Construir un microscopio compuesto sencillo y se determinar su aumento.

Parte B. Estudiar un modelo sencillo del ojo humano y conocer sus defectos visuales.

6- Difracción e Interferencia:

Estudio de los fenómenos de difracción e interferencia.

EVALUACIÓN

La evaluación es escrita y sobre desarrollos teórico-prácticos que integran las distintas temáticas (exámenes parciales). Consta de dos parciales, cada uno de ellos con un recuperatorio y una fecha adicional para recuperar sólo uno de los parciales.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- Resnick, R., Hallyday, D. y Krane, K. (2004). Física vol 2. CECSA, México.
- Tipler, P. y Mosca, G. (2005) Física vol 2, 5ª edición. Reverté.
- Blatt, F. J. (1991) Fundamentos de Física vol 2. Prentice-Hall Hispanoamericana.



Ministerio de Cultura y Educación
 Universidad Nacional de San Luis
 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
 Departamento: Física
 Area: Area Unica - Física

(Programa del año 2020)
 (Programa en trámite de aprobación)
 (Presentado el 22/09/2020 18:30:41)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
FISICA	LIC. EN BIOLOGÍA MOLECULAR	15/14 -CD	2020	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
VELASCO, RICARDO HUGO	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
TORRES ASTORGA, ROMINA VANESA	Auxiliar de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
2 Hs	2 Hs	4 Hs	1 Hs	9 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
22/09/2020	18/12/2020	13	117

IV - Fundamentación

La física constituye una de las herramientas esenciales para el conocimiento de los fenómenos biológicos. Desde tiempos remotos ha existido una permanente interacción entre la física y la biología, pero es a partir de los últimos años que la Biofísica ha tomado un impulso definitivo evidenciando ser uno de los ámbitos de búsqueda de conocimiento que mayores desafíos propone a la comunidad científica.

Esta asignatura pretende, tal como está pautado en los respectivos planes de estudio, incorporar en la formación de los alumnos los conceptos básicos de Mecánica, Mecánica de Fluidos, Electricidad, Magnetismo y Óptica. Los mismos constituyen la base de los conceptos que los alumnos necesitarán para el aprendizaje de temas que han de incorporar en etapas futuras de su formación.

V - Objetivos

- Proporcionar a los estudiantes de Biología y Biología Molecular los conocimientos de física que necesitan para su trabajo profesional, principalmente dirigidos al fortalecimiento del perfil científico que poseen la carrera hacia la cual la asignatura va dirigida.
- Aplicar las teorías físicas a problemas biológicos, tendiendo a incrementar el interés por parte de los alumnos hacia el campo interdisciplinario que constituyen la física y la biología.
- Acrecentar el entrenamiento de los alumnos en la aplicación de herramientas de la matemática y de la física para la resolución de problemas físico y biológicos.
- Apoyar los conocimientos teóricos propuestos en el programa con adecuadas experiencias de laboratorio, que acentúen el