

UNIDAD EDUCACIONAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA CON LABORATORIOS REMOTOS Y VIRTUALES: UNA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA MOLECULAR

Unidade Educacional Potencialmente Significativa com Laboratórios Remotos e Virtuais: uma Estratégia de Ensino de Biologia Molecular

Y. Sánchez García [ysg.unet@gmail.com, ysanchezg@unet.edu.ve]

Laboratorio de Investigaciones Genéticas, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela (UNET).

E. Galembeck [eg@unicamp.br]

Dep. de Bioquímica e Biologia Tecidual. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil, UNICAMP.

I.E. Camejo [ivanae@unicamp.br]

Dep. De Biologia Estrutural e Funcional. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil, UNICAMP.

Recebido em: 23/05/2024

Aceito em: 04/12/2024

Resumen

Se reanalizó una intervención translacional didáctica fundamentada en la Teoría del Aprendizaje Significativo, a partir de la cual fue construida una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa con apoyo en la experimentación virtual y remota sobre las principales técnicas de Biología Molecular, aplicada al Mejoramiento Genético Vegetal. El contexto de desarrollo de la investigación didáctica estuvo referido a la formación de ingenieros, específicamente, estudiantes del 9° semestre de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Venezuela. Los criterios de construcción y evaluación de la unidad responden a los sugeridos por Moreira (2011). El punto de partida de la unidad estuvo determinado por los conocimientos previos sobre Biología Molecular que poseían los sujetos participantes, identificados y sistematizados a través de la construcción de mapas conceptuales, analizados con el método de puntuación unitario. La implementación de los Laboratorios Remotos y Virtuales en esta unidad educacional fue posible gracias al trabajo colaborativo entre instituciones públicas. Esta propuesta de secuencia educacional lejos de proponer una única forma de enseñanza de la Biología Molecular, representa una propuesta contextualizada con el intuito de sumar esfuerzos en la formación de ciudadanos con competencias científicas, necesarias en el contexto social actual.

Palabras-clave: Biología molecular; Laboratorios virtuales; Laboratorios remotos; Aprendizaje significativo

Resumo

Intervenção didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa, a partir da qual foi construída uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com apoio na experimentação virtual e remota das principais técnicas da Biologia Molecular aplicadas ao melhoramento genético de plantas. O contexto de desenvolvimento da pesquisa didática refere-se à formação de engenheiros, especificamente, alunos do 9° semestre da Universidade Nacional Experimental de Táchira, Venezuela. Os critérios de construção e avaliação da unidade respondem aos sugeridos por Moreira (2011). O ponto de partida da unidade foi determinado pelos conhecimentos prévios sobre Biologia Molecular que os sujeitos participantes possuíam, identificados e sistematizados através da construção de mapas conceituais, analisados com o método de pontuação unitária. A implantação dos

Laboratórios Remoto e Virtual nesta unidade educacional foi possível graças à colaboração do Laboratório de Tecnologia Educacional IB da Unicamp, bem como do UTAH em conjunto com o Cybertery da Universidade de Alcalá, respectivamente. Esta proposta de sequência educativa, longe de propor uma forma única de ensino de Biologia Molecular, representa uma proposta contextualizada com o objetivo de unir esforços na formação de cidadãos com competências científicas, necessárias no contexto social atual.

Palavras-chave: Biologia molecular; Laboratórios virtuais; Laboratórios remotos; Aprendizagem significativa

1. INTRODUCCIÓN

Investigadores en Didáctica de las Ciencias (Toma *et al.*, 2017; Moreira, 2011; Lopez, 1999) sugieren que sea revisada la forma como es enseñada en la educación formal, con el intuito de contribuir con el proceso de formación de ciudadanos alfabetizados científicamente, a través de la implementación de abordajes de enseñanza de las ciencias que faciliten una alfabetización científica, para estimular y consolidar en los jóvenes la vocación por su estudio y el de las tecnologías, así como el desarrollo del pensamiento crítico y de la metacognición; sobre los avances, aplicaciones e implicaciones de las ciencias y de las tecnologías en la sociedad y en el ambiente, consolidando de este modo un pensamiento democrático y crítico.

Concomitantemente, la producción del conocimiento científico en la Biología Molecular ha dado lugar a nuevas técnicas de mayor sensibilidad y especificidad, junto al desarrollo de nuevas tecnologías en el área tanto prácticas como *In Silico*. Estos cambios vertiginosos conllevan a la búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza, que faciliten la actualización de los programas en paralelo a la producción del conocimiento nuevo en el área de Biología Molecular, aplicada a los diversos campos de las ciencias de la vida (Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, 2020; Maturana, 2022; Verdezoto *et al.*, 2023).

El contexto de excepcionalidad determinado por la pandemia del nuevo SARS-COV-2, popularizó algunas técnicas moleculares de la experimentación en Biología Molecular, pasando a formar parte del cotidiano de las personas en el mundo por su relevancia en la detección del agente viral (Pinilla *et al.*, 2020). En este sentido, las técnicas más conocidas son la extracción de ácidos nucleicos y la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR). Esta coyuntura contribuyó en que se activaran algunos laboratorios privados y de universidades que contaban con ciertos equipos especializados. También repercutió en que los profesionales de la salud y de las ciencias de la vida se interesaran por retomar, aprender y profundizar en esos conocimientos en Biología Molecular que tenían de sus pregrados, a través de cursos de profesionalización en las universidades (Inca *et al.*, 2022).

En este contexto, la naturaleza del conocimiento disciplinar de la Biología Molecular eleva el desafío del profesor de Biología en cuanto al fortalecimiento de una formación continuada consistente con los apresurados cambios de esta disciplina científica, de manera que el profesor pueda ofrecer una educación científica de calidad, procurando en sus estudiantes el abordaje de estas técnicas moleculares mediante el desarrollo de contenidos teóricos y prácticos, pues son fundamentales en la salud, en el diagnóstico de patógenos y de enfermedades hereditarias; en el mejoramiento genético, en el avance y selección de organismos promisorios para la producción; en el área ambiental, para el diagnóstico de patógenos y parásitos humanos en agua, suelo, alimentos, en propuestas de mejora ambiental y de conservación, entre otros.

Además de tener amplias competencias en este nivel microscópico y simbólico del dominio

sustantivo del conocimiento de la Biología Molecular, el profesor de Biología debe construir una transposición didáctica que ofrezca una metodología de enseñanza de la Biología Molecular consistente con las tendencias constructivistas, relativistas con perspectiva investigativa. Aspectos fundamentales según Doménech-Casal (2017, citado por Rosa *et al.*, 2023), en el proceso de formación de ciudadanos con competencias científicas para desenvolverse en el contexto social actual, donde el conocimiento científico se ha convertido en un elemento esencial para el funcionamiento de una sociedad dinámica y en constante transformación.

En este orden de ideas, fue construida una Unidad Educativa Potencialmente Significativa (UEPS) de acuerdo con las recomendaciones metodológicas de Moreira (2011), con la finalidad didáctica de facilitar el aprendizaje significativo crítico de contenidos de Biología Molecular en estudiantes del 9° semestre en Agronomía. Esta secuencia didáctica, consistente con la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (1963, 2000) y con la Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2005); pretende subsidiar las debilidades asociadas a la experimentación didáctica educativa, además de apoyarse en las potencialidades de los laboratorios virtuales y los de experimentación remota, para enseñar los niveles simbólicos de representación del conocimientos científico de la Biología Molecular.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 El contexto de la Enseñanza de la Biología Molecular

El conocimiento de los ácidos nucleicos ha revolucionado la producción del conocimiento científico, desde la elucidación de su estructura por Watson y Crick en 1936, hasta el aporte más actual de Crispr Cas. Actualmente y desde hace algunas décadas, su estudio ha permitido realizar grandes contribuciones en las ciencias básicas y aplicadas. En ciencias básicas el realizar propuestas sobre la evolución y la filogenia de los seres vivos; en agropecuaria con mejora genética de los organismos vivos; en la industria médica con la producción masiva de proteínas de interés, de vacunas recombinantes, incluso con las vacunas de ARN para el SARS-CoV-2, en el diagnóstico de enfermedades infecciosas; entre otras muchas de las áreas relacionadas con las ciencias de la vida (Diz, 2020). El conocimiento en la Biología Molecular, ha llevado a la gran revolución del siglo XXI con la metagenómica, la nutrigenómica, la terapia genética y otros avances que han generado nuevas técnicas de estudio y de aplicación de esta área.

En consecuencia, desde hace varias décadas las técnicas de estudios moleculares forman parte de los programas de pregrado. Sin embargo, dependiendo de la carrera, de la formación de los profesores y de la dotación de los laboratorios, el abordaje de los contenidos referidos a la Biología Molecular, puede ser desde muy variado a escaso. Por ejemplo, en Venezuela se estudia, en su mayoría, como una unidad dentro de algunas asignaturas como Genética, Bioquímica, Biología Celular, Mejoramiento Genético, entre otras (Universidad Central de Venezuela, 2006; Universidad Nacional Experimental del Táchira, 2009). Adicionalmente, son pocas las universidades que cuentan con postgrados en el área (Universidad Central de Venezuela, Universidad de Los Andes, Universidad Simón Bolívar).

En este mismo orden de ideas, los enfoques alternativos en la enseñanza de las ciencias pueden aportar una estructura de mayor nivel, entre estos está el enfoque por investigación también llamado por algunos autores como resolución de problemas, siendo muy útil su aplicación desde el Aprendizaje Significativo (AS). Asimismo, entre los enfoques alternativos para aplicar específicamente en los laboratorios didácticos (LD) y que dialoguen con la teoría del Aprendizaje Significativo (TAS), se pueden mencionar el Epistemológico, que parte de una situación científica o socio-científica y su resolución o abordaje depende de la actividad experimental propiamente dicha. De esta manera, los LD podrían contar con un componente que facilite el aprendizaje significativo en

los estudiantes, a través del abordaje de un enfoque constructivista donde el educando cuente con material orientador potencialmente significativo (Camejo y Galembeck, 2017, 2017; Flores *et al.*, 2013; Moreira, 2013).

Pese a que muchas instituciones no cuentan con los recursos e instrumental para realizar las prácticas de laboratorio *in situ*, actualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ofrecen espacios y herramientas útiles para apoyar los procesos de enseñanza y de aprendizaje (PEA), a través, por ejemplo, del uso de los laboratorios virtuales y remotos. Como lo mencionan Ordoñez y Cajigal (2020), los laboratorios virtuales se han expandido debido al acceso a las redes y la disponibilidad de dispositivos electrónicos, desde lo cual ofrece amplias alternativas mediadas por las TIC y el intercambio de información que caracteriza el contexto actual.

Debido a la incorporación de los laboratorios virtuales como estrategias de enseñanza, es posible facilitar el proceso de aprendizaje de contenidos teóricos y procedimentales de los niveles simbólicos de este conocimiento científico, importantes en la Biología Molecular, sin el uso de reactivos ni aparatos costosos. Asimismo, con el uso de laboratorios remotos se accede a los laboratorios en tiempo real para realizar experimentos mediante el empleo de computadores y robots al otro lado de la pantalla (Camejo y Galembeck, 2017).

2.2 Las UEPS y el Aprendizaje Significativo

La teoría del aprendizaje significativo (TAS) se refiere a la incorporación sustantiva, consciente y no arbitraria de la nueva información con la estructura cognitiva del individuo que aprende, a través de la conexión con subsumidores o ideas de ancla (como los denominó Ausubel, 1918-2008), los cuales corresponden a conceptos, proposiciones o ideas que pueden funcionar como anclas (Moreira, 2013; Flores *et al.*, 2013).

Moreira (2013), señala que para que el aprendizaje pueda ser significativo se debe cumplir con dos condiciones fundamentales: a) el material de aprendizaje debe ser potencialmente significativo, tener un significado lógico, es decir, no arbitrario ni literal, b) el estudiante debe tener predisposición para aprender. Debido a que los materiales de aprendizaje deben tener un significado potencial y lógico, de modo que pueda suceder el aprendizaje significativo, es responsabilidad del docente la construcción y selección de materiales que satisfagan esta significatividad lógica (Flores *et al.*, 2013). Así, Moreira (2011), asumiendo que no hay enseñanza sin aprendizaje, que la enseñanza es un medio y el aprendizaje el fin, propone la construcción de secuencias de enseñanza a partir de las teorías del aprendizaje significativo.

Estas estructuras didácticas las nombró Unidades Educativas Potencialmente Significativas (UEPS en adelante), para las cuales sugiere una serie de pasos secuenciales con diversidad de actividades y estrategias para su construcción, aplicación y evaluación. El propósito de esta investigación consiste en proponer una UEPS, que será aplicada a posterioridad con la finalidad de facilitar el aprendizaje significativo de las principales técnicas de la Biología Molecular (extracción de los ácidos nucleicos, PCR y electroforesis en gel de agarosa), en los estudiantes del 9no semestre de Agronomía, mediante el desarrollo de laboratorios didácticos virtuales y remotos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Proceso de construcción da UEPS

Esta pesquisa de mediación e intervenção didática, adotou uma perspectiva descritiva interpretativa com foco em los significados atribuídos por los sujetos a sus acciones en la realidad construída socialmente, a través de observación participativa docente (Moreira y Rosa, 2016). El

contexto estuvo referido a la formación de estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Esta disciplina es cursada en el 9no semestre de la carrera de Agronomía y en ella se hace un breve acercamiento a algunas de las técnicas de la Biología Molecular. Sin embargo, debido a la complejidad del laboratorio y al alto costo para la adquisición de los insumos, se observa la falta de actividades prácticas.

La secuencia didáctica fue construida para estudiantes del curso Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de la carrera Ingeniería Agronómica. Esta asignatura la cursan los estudiantes con edades comprendidas entre los 20 y 30 años, quienes tienen conocimientos previos en Botánica, Genética y Bioquímica. El desarrollo de los contenidos se apoyará en las TIC y en herramientas interactivas. La UEPS se desarrollará en un lapso de cinco (5) semanas, correspondiente a un total de 15 horas de clases.

Previo al proceso de construcción de la UEPS, fue aplicado un taller introductorio sobre mapas conceptuales –MC- y el diagrama V de Gowin. En cuanto a los MC, se socializaron los acuerdos y las bases en el proceso de su construcción, así como el uso de los MC como estrategias de aproximación y levantamiento de ideas previas de los estudiantes sobre las principales técnicas de la Biología Molecular, así como en la construcción de la V de Gowin. Con la construcción de este MC inicial se pudieron conocer las ideas previas de los estudiantes de ingeniería. La información recabada en esta fase fue de vital importancia, ya que representó el punto de partida en el proceso de construcción de esta secuencia didáctica (Sánchez y Camejo, 2024).

Como propuesta para facilitar el Aprendizaje significativo, Moreira (2011) sugiere una serie de pasos para la construcción de las UEPS. Resumidos aquí en ocho pasos: 1) la delimitación declarativa y procedimental, en contexto, del tema que se enseña; 2) la propuesta de actividades detonantes, que llevan al estudiante a exteriorizar sus conocimientos previos; 3) con base en los conocimientos previos, plantear situaciones problematizantes iniciales que le confieran sentido a los nuevos conocimientos de forma accesible, sin profundizar en los contenidos; 4) *A posteriori*, presentar los conocimientos a enseñar/aprender, con sentido progresivo, partiendo de aspectos generales, de lo más importante en la unidad de enseñanza, para luego 5) retomar lo más general y estructurante (lo que realmente se pretende enseñar), del contenido de la unidad didáctica, de manera novedosa y colaborativa, pero con un mayor nivel de complejidad en comparación con la primera presentación. 6) Para finalizar la unidad, se debe continuar el proceso de diferenciación progresiva, retomando las características más relevantes del contenido, pero desde una perspectiva integradora, es decir, buscando la reconciliación integradora.

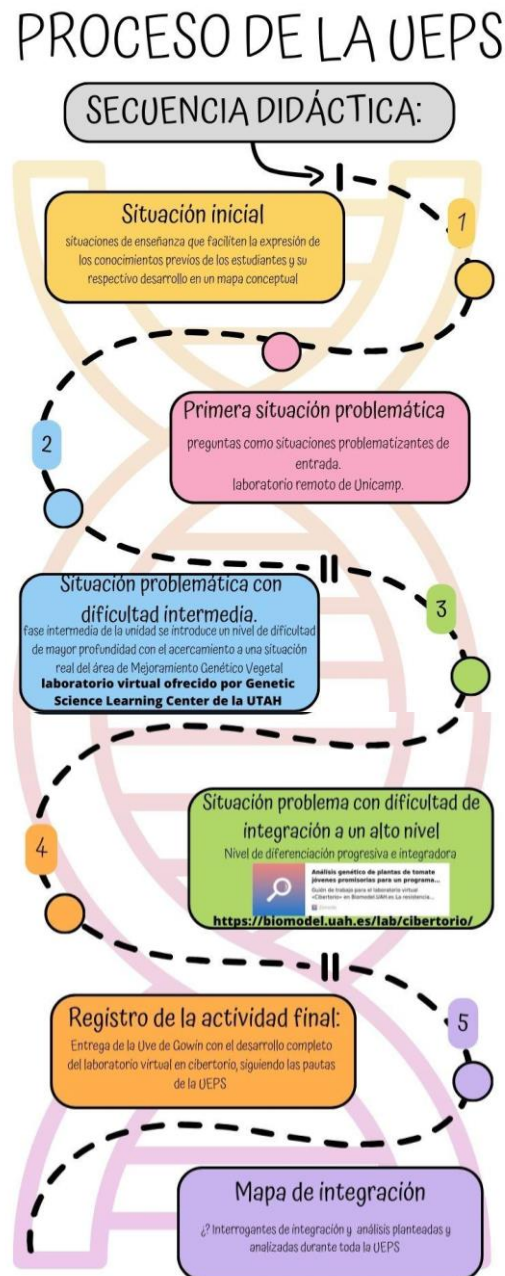
Moreira (2011) refuerza que lo importante no es la estrategia en sí, sino la forma de trabajar el contenido de la unidad, su complejidad progresiva y la inclusión de actividades colaborativas. La evaluación de los aprendizajes a través de la UEPS debe realizarse a lo largo de su ejecución, registrando todo lo que pueda considerarse evidencia de un aprendizaje significativo de los contenidos trabajados. Además, debe haber una evaluación sumativa individual después del sexto paso, en el que se deben plantear preguntas/situaciones que impliquen comprensión, evidencien captación de significados e, idealmente, alguna capacidad de transferencia. Asimismo, la evaluación del desempeño de los estudiantes en la UEPS debe basarse, en igualdad de condiciones, tanto en la evaluación formativa (situaciones, tareas resueltas en colaboración, expedientes docentes) como en la evaluación sumativa.

Para cerrar, la UEPS se considerará exitosa si la evaluación del desempeño de los estudiantes proporciona evidencia de un aprendizaje significativo (captura de significados, comprensión, habilidad para explicar, aplicar conocimientos para resolver situaciones-problema). Debido a que el aprendizaje significativo es progresivo, el dominio de un campo conceptual también es progresivo, por lo tanto Moreira (2011) propone hacer énfasis en la evidencia y no en los

comportamientos finales.

La siguiente infografía representa una síntesis de los elementos teóricos metodológicos que fueron tomados en cuenta durante el proceso de construcción de la UEPS, partiendo de las proposiciones de Moreira (2011, 2013), así como sus diversos niveles de diferenciación y reconciliación pretendidos para facilitar el aprendizaje significativo crítico de la Biología Molecular.

Figura 1- Infografía sobre los elementos orientadores del proceso de construcción de la UEPS sobre Biología Molecular



Fuente: elaborado por los autores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describe la UEPS sobre Técnicas de Biología Molecular en el Laboratorio Didáctico de Ciencias con Abordaje Virtual y Remoto, en estudiantes de Ingeniería Agronómica de la UNET.

4.1 Propósitos didácticos y curriculares de la UEPS

- Identificar los conocimientos previos de estudiantes de Agronomía sobre las principales técnicas de la Biología Molecular aplicadas al Mejoramiento Genético Vegetal.
- Implementar diversas estrategias de facilitación del AS, tales como actividades colaborativas, organizadores previos, mapas conceptuales, V de Gowin.
- Facilitar aprendizaje significativo crítico en estudiantes de Agronomía sobre las principales técnicas de Biología Molecular aplicadas para el Mejoramiento Genético Vegetal.
- Implementar un proceso de evaluación educacional con el intuito de identificar evidencias potenciales de Aprendizaje Significativo Crítico.

4.2 Conocimientos previos de los estudiantes: punto de partida

El proceso de aproximación y levantamiento de conocimientos previos de los futuros ingenieros agrónomos sobre las técnicas de biología molecular, fue realizado a partir de la aplicación de mapas conceptuales como estrategias de aproximación de ideas previas de los estudiantes, sistematizados según el Método de Puntuación Unitario propuesto por Flores *et al* (2013). Los resultados de esta fase permitieron mapear los conocimientos previos de los estudiantes, entre los cuales hubo una cantidad considerable de conceptos totales y relevantes para la temática, así como una moderada cantidad de conceptos metodológicos. Sin embargo, también se registró alta cantidad de conceptos de poca relevancia o función metodológica. Asimismo, el Índice general de construcción integrativa de significados, permitió la clasificación de los participantes sobre el nivel de construcción integrativa en alto, medio y bajo; según el método de sistematización y puntuación utilizados (Sánchez y Camejo, 2024). La identificación de los conocimientos previos suministró información valiosa para el proceso de construcción de UEPS sobre las principales técnicas de la Biología Molecular, con apoyo en laboratorios virtuales y remotos.

4.3 Fase de implementación de la UEPS

4.3.1 Aspectos secuenciales de la UEPS

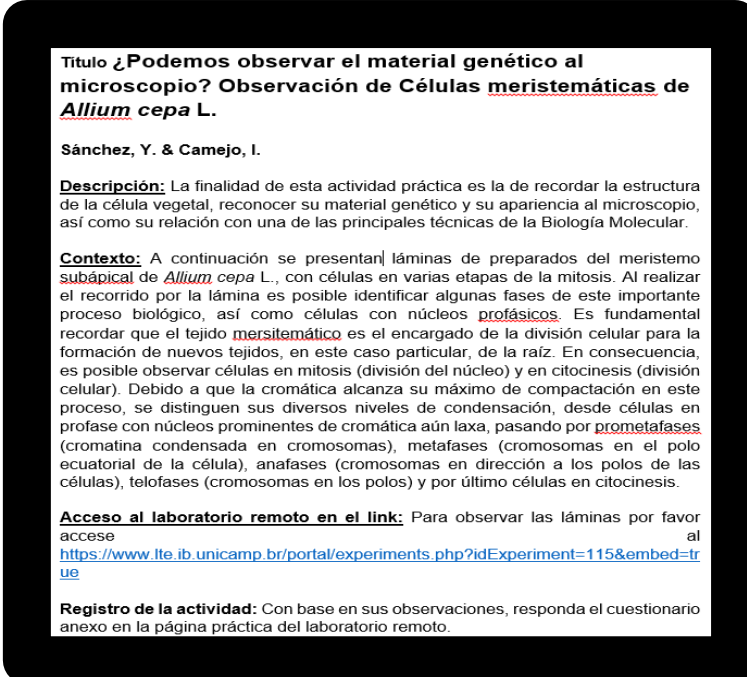
a) *Situación inicial*: se proponen situaciones de enseñanza que faciliten la expresión de los conocimientos previos de los estudiantes y su respectivo desarrollo en un mapa conceptual. Así, con la finalidad de fomentar la intervención de los estudiantes se propuso una discusión inicial en la que se indagó acerca de sus intereses, en qué desean profundizar referido a la Biología Molecular aplicada al mejoramiento genético en plantas. Así mismo, se exploraron algunas preguntas detonantes como: ¿Cuáles son las técnicas de la Biología Molecular más populares? ¿Cuáles técnicas de la Biología Molecular son aplicadas al Mejoramiento Genético en Plantas? ¿Qué es la extracción de los ácidos nucleicos? ¿Qué es la extracción de los ácidos PCR? ¿Qué es electroforesis en gel de agarosa? ¿Cuáles son los pasos para la extracción de los ácidos nucleicos? ¿Cuáles son los pasos para realizar una PCR? ¿Cuáles son los pasos para realizar una corrida electroforética?

Los registros de la actividad son realizados mediante la elaboración de un mapa conceptual sobre las preguntas previas, con énfasis en las principales técnicas de la Biología Molecular. El proceso de enseñanza en este punto se refiere a la presentación de los contenidos a enseñar, teniendo en cuenta la diferenciación progresiva, partiendo de aspectos más generales, integradores, como la

Biología Molecular y ejemplos de la aplicación de sus técnicas en el área de estudio; para luego abordar los aspectos específicos (técnicas como la extracción de los ácidos nucleicos, la PCR y la electroforesis en gel de agarosa), a través de vídeos y de discusiones en clases.

b) *Primera situación problemática*: Se plantean preguntas como situaciones problematizantes de entrada ¿Podemos observar el ADN al microscopio? ¿Cómo es su apariencia al microscopio? ¿Cómo puedo relacionar su estructura con su aislamiento o extracción? Esta fase se desarrolla a través de un laboratorio remoto ubicado en la Unicamp, en donde los estudiantes tiene la facilidad de acceder a un microscopio con láminas de meristemas radicales de cebolla (*Allium cepa* L.), para su observación, deslizamiento en campos y registro de sus comentarios en una formulario anexo en la página. En la figura 2 se muestra parte del guión correspondiente al laboratorio remoto y en la figura 3 la información disponible en el laboratorio remoto de Unicamp.

Figura 2- Guión de trabajo de la primera situación problema en el laboratorio Remoto de Unicamp.



Título ¿Podemos observar el material genético al microscopio? Observación de Células meristemáticas de *Allium cepa* L.

Sánchez, Y. & Camejo, I.

Descripción: La finalidad de esta actividad práctica es la de recordar la estructura de la célula vegetal, reconocer su material genético y su apariencia al microscopio, así como su relación con una de las principales técnicas de la Biología Molecular.

Contexto: A continuación se presentan láminas de preparados del meristemo subápical de *Allium cepa* L., con células en varias etapas de la mitosis. Al realizar el recorrido por la lámina es posible identificar algunas fases de este importante proceso biológico, así como células con núcleos profásicos. Es fundamental recordar que el tejido meristemático es el encargado de la división celular para la formación de nuevos tejidos, en este caso particular, de la raíz. En consecuencia, es posible observar células en mitosis (división del núcleo) y en citocinesis (división celular). Debido a que la cromática alcanza su máximo de compactación en este proceso, se distinguen sus diversos niveles de condensación, desde células en profase con núcleos prominentes de cromática aún laxa, pasando por prometáfases (cromatina condensada en cromosomas), metafases (cromosomas en el polo ecuatorial de la célula), anafases (cromosomas en dirección a los polos de las células), telofases (cromosomas en los polos) y por último células en citocinesis.

Acceso al laboratorio remoto en el link: Para observar las láminas por favor accese al <https://www.ite.ib.unicamp.br/portal/experiments.php?idExperiment=115&embed=true>

Registro de la actividad: Con base en sus observaciones, responda el cuestionario anexo en la página práctica del laboratorio remoto.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3- Imagen de la página de Unicamp en donde se aloja el laboratorio remoto.

¿Podemos observar al microscopio el material genético? Observación de Células meristemáticas de Allí

by /Isabel at 10/02/2023, 13:44

A continuación son presentadas láminas de preparados del meristemo subápical de *Allium cepa* L., con células en varias etapas de la mitosis. Al realizar el recorrido por la lámina es posible identificar algunas fases de este importante proceso biológico, así como células con núcleos profásicos.

Es fundamental recordar que el tejido meristemático es el encargado de la división celular para la formación de nuevos tejidos, en este caso particular, de la raíz. En consecuencia, es posible observar células en mitosis (división del núcleo) y en citodinesis (división celular). Debido a que la cromatina alcanza su máximo de compactación en este proceso, se distinguen sus diversos niveles de condensación, desde células en profase con núcleos prominentes de cromatina aún laxa, pasando por prometafases (cromatina condensada en cromosomas), metafases (cromosomas en el polo ecuatorial de la célula), anafases (cromosomas en dirección a los polos de las células), telofases (cromosomas en los polos) y por último células en citodinesis.

La finalidad de esta actividad práctica es la de recordar la estructura de la célula vegetal, reconocer su material genético y su apariencia al microscopio, así como su relación con una de las principales técnicas de la Biología Molecular.

Con base en sus observaciones, responda el cuestionario que encontrará al final de esta página para que dejes tus comentarios sobre dicha actividad.



Células de *Allium cepa* durante el proceso mitótico. 40x.

Se muestra el último microscopio a mano derecha en donde se encuentra la lámina a observar.



Microscopio 1

Fuente: Elaboración propia.

c) *Situación problemática con dificultad intermedia.* En esta fase intermedia de la unidad se introduce un nivel de dificultad de mayor profundidad con el acercamiento a una situación real del área de Mejoramiento Genético Vegetal. Problema planteado: si se tiene el propósito de detectar y amplificar un gen de interés, como por ejemplo el tan conocido gen “Mi-1.2”, el cual codifica para una proteína de resistencia a nematodos, áfidos y moscas blancas en el tomate, ¿Cuáles técnicas de la Biología Molecular serían las más apropiadas a aplicar? Contexto: primera revisión de tres de las principales técnicas de la BM, a través del desarrollo de tres laboratorios virtuales, partiendo de preguntas problemas centrales.

Responder a las preguntas iniciales: ¿Cuáles son los pasos para la extracción de los ácidos nucleicos? ¿Cuáles son los pasos para realizar una PCR de punto final? ¿Cuáles son los pasos para realizar una corrida electroforética? Para dar respuesta, los estudiantes deberán desarrollar tres laboratorios virtuales sencillos, uno de cada técnica estudiada (extracción de ácidos nucleicos, reacción en cada de la polimerasa o PCR punto final y electroforesis en gel de agarosa).

En esta parte se propone trabajar con el laboratorio virtual ofrecido por *Genetic Science Learning Center* de la UTAH, en el espacio de laboratorios virtuales. El acceso se realizará a través del siguiente link: <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/>. En este link podrá encontrar varios laboratorios. Deberán seleccionar las siguientes actividades prácticas en el orden indicado: 1) *DNA Extraction* (extracción de ADN), 2) PCR (Reacción en cadena de la Polimerasa), 3) *Gel Electrophoresis* (Electroforesis en gel de agarosa).

Los registros de la actividad serán plasmados mediante la elaboración de un mapa conceptual acerca de las preguntas indicadas al inicio de esta situación problemática “3”. Considerar los conceptos previos, los nuevos conceptos generados y la conexión entre estos.

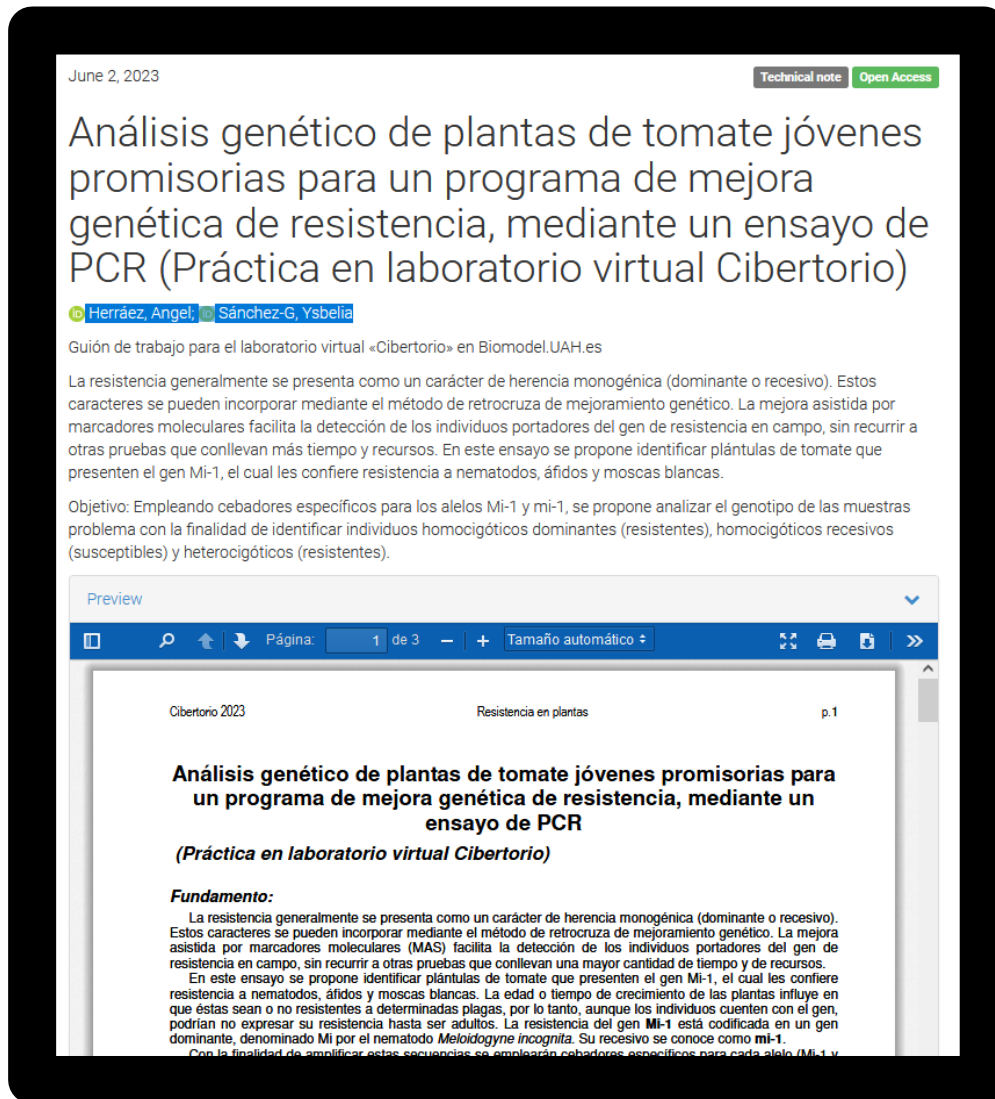
d) *Situación problema con dificultad de integración a un alto nivel.* En esta fase se continua con el

problema planteado previamente, pero a un nivel de diferenciación progresiva e integradora. Con miras a la reconciliación integradora, se retoman las características de mayor relevancia de la temática. Para esto, los estudiantes deben plantear una problemática central, haciendo uso de los conocimientos previos y de los recién anclados. La problemática se esboza como sigue: Si deseo detectar y amplificar el gen de interés Mi-1.2 que codifica para una proteína de resistencia a nematodos, áfidos y moscas blancas en el tomate, para posteriormente ser introducido (por cruces tradicionales) en una variedad de tomate susceptible ¿Cuáles técnicas de la Biología Molecular serían las más apropiadas? Elabore una Uve de Gowin considerando este planteamiento y justifique los dominios teórico-metodológico empleando información de los laboratorios virtuales realizados previamente. En la figura 4, se presenta el guión del estudio detallado a desarrollar en el laboratorio virtual de «Cibertorio» en Biomodel.UAH.es. El link del guión de trabajo es: <https://zenodo.org/record/7997277>. En la figura 5, se muestra la página de cibertorio en donde se encuentra alojada la práctica del laboratorio virtual de resistencia en plantas. El link de acceso al laboratorio es: <https://biomodel.uah.es/lab/cibertorio/>.

Para esta parte de la unidad se construyó el guión de trabajo titulado “Análisis genético de plantas de tomate jóvenes promisorias para un programa de mejora genética de resistencia, mediante un ensayo de PCR” (Herráez y Sánchez, 2023), en donde se aborda el fundamento de la prueba, las referencias, objetivos, materiales, protocolos y preguntas de cierre, las cuales a su vez fungen como orientadoras del desarrollo de la Uve de Gowin: ¿Cuál es el genotipo de cada muestra? ¿Qué individuos seleccionarías como padres donadores en un plan de mejora genética? ¿Cuáles se esperaría que segreguen en una próxima generación? Esta actividad colaborativa será discutida en clases durante dos sesiones seguidas, en busca de significados integradores con la mediación del docente.

En este orden de ideas, en la página de «Cibertorio» se encuentra alojada la práctica a desarrollar, con una secuencia amigable realizada por Herráez (1998-actual): página de inicio / continuar / catálogo en línea / realizar pedido / muestras y cebadores para el análisis de resistencia en plantas / nombres y contraseñas / enviar pedido / actividad práctica de PCR / actividad práctica de electroforesis. Imágenes en la Figura 5. Este portal facilita el aprendizaje de forma amena, además permite la incorporación de actividades de resolución de problemas para aprender y reforzar contenidos acerca de la Biología Molecular y de Bioquímica.

Figura 4-Guión del estudio detallado a realizar en el laboratorio virtual de «Cibertorio» en Biomodel.UAH.es.



Fuente: Herráez y Sánchez, (2023).

Figura 5. Imágenes del laboratorio virtual en Cibertorio.



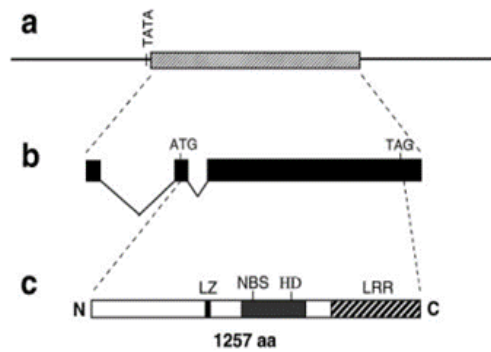
Fuente:Herráez, 1998

4.4 Fundamentación Teórica de la temática.

La resistencia generalmente se presenta como un carácter de herencia monogénica (dominante o recesiva). Estos caracteres se pueden incorporar mediante métodos de mejoramiento genético. La mejora asistida por marcadores moleculares (MAS) facilita la detección de los individuos portadores del gen de resistencia en campo, sin recurrir a otras pruebas que llevan más tiempo.

En este ejercicio se propone identificar plántulas de tomate que presenten el gen “Mi-1” el cual les confiere resistencia a nematodos, áfidos y moscas blancas. La edad o tiempo de crecimiento de las plantas puede influir en que estas sean o no resistentes a determinadas plagas, por lo tanto, aunque los individuos cuenten con el gen, podrían no expresar su resistencia hasta ser adultos. La resistencia del gen “Mi-1” es codificada por un gen dominante, denominado “Mi” por el nematodo *Meloidogyne incognita*. Se empleará el tomate (*Lycopersicon esculentum* P.Mill sinónimo de *Solanum lycopersicum* L.) como especie modelo debido a exhibe varias ventajas para la selección: es una especie diploide ($2n=24$), presenta un ciclo de vida corto, relativamente fácil control de la polinización y de la hibridación, presenta alta fertilidad, facilidades de propagación asexual por esquejes, posibilidades de regeneración y de transformación por *Agrobacterium tumefaciens* (Rodríguez, 2013).

En 1998, Miligan *et al.*, aislaron la región del genoma que contenía “Mi” y lograron determinar su secuencia de DNA. Su estructura se explica en la figura 6. Con el conocimiento de la secuencia ya es posible detectar su presencia o ausencia en plantas jóvenes de tomate (Nombela *et al.*, 2003; Seah *et al.*, 2004).

Figura 6- Estructura del gen Mi-1.2.

(a) Fragmento de 14,7kb que contiene el transcrito primario de Mi-1.2 (barra gris) y las secuencias flanqueadoras (líneas finas). (b) Transcrito de Mi-1.2 con exones (barras negras horizontales gruesas) e intrones (líneas anguladas). Se indican los codones de inicio (ATG) y parada (TAG). (c) Estructura de la proteína MI. LZ posición de la "cremallera de leucina"; NBS, sitio de unión a nucleótidos; HD, dominio hidrofóbico; y LRR, región de repeticiones ricas en leucina. Las secuencias de DNA y de la proteína que se muestran en la figura están disponibles en el GenBank como AF039682 y U81378. Fuente: Rodríguez, (2013).

Se propone un análisis genómico de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* = *Solanum lycopersicum*) para determinar la presencia/ausencia del gen Mi-1. Para el protocolo de extracción, se sigue el general empleado en plantas descrito por Rodríguez (2013). En cuanto a la amplificación, se sugiere la siguiente *master mix*: MgCl₂ 25mM, dNTPs 10mM, Tampón de PCR 10x, 0,5 µl Taq polimerasa, 10µM de cada cebador y 50-100 ng de DNA en un volumen final de 25-30 µl. Programa de amplificación: ciclo de desnaturalización a 94°C durante 3 minutos, seguido de 30 ciclos de tres pasos cada uno: desnaturalización (94°C, 30 segundos), unión al cebador (64°C, 30 segundos) y extensión (72°C, 30 segundos). Finalmente, un último ciclo de extensión a 72°C durante 5 minutos. La amplificación de Mi-1 a partir de DNA se realizará utilizando los cebadores PMiF3 y PMiR3, diseñados por El Mehrach *et al.*, (2005, citado por Rodríguez, 2013). En las tablas 1 y 2 se muestra la secuencia de los cebadores para la amplificación de los genes Mi-1 y mi-1, respectivamente.

Tabla 1 - Cebadores para amplificar Mi-1 plantas resistentes

Gen	Nombre del cebador	Secuencia
Mi-1	PMiF3	5'-GGTATGAGCATGCTTAATCAGAGCTCTC-3'
	PMiR3	3'-CATTACACAGCACAAATAATTTCTTGTAGG-5'

Fuente: Herráez y Sánchez, (2023).

Tabla 2 - Cebadores para amplificar mi-1 plantas susceptibles

Gen	Nombre del cebador	Secuencia
mi-1	PMiF3	5'-GGTATGAGCATGCTTAATCAGAGCTCTC-3'
	PmiR3	3'-GCACAATAATTTCTTGTAGGCTCCTTA-5'

Fuente: Herráez y Sánchez, (2023).

Electroforesis: Se sirven las muestras y el marcador de peso molecular (100pb) con el tampón de carga y seguimiento, llamado azul cargador [azul de bromofenol 0,25% (p/v), xilano cianol FF 0,25% (p/v) y sacarosa en H₂O dd 40% (p/v)]. Los amplificados de ADN se separarán en un gel de agarosa 2%. Sumergir en Tampón de electroforesis TAE 1X (Tris básico, Ácido acético glacial y 0,5

M EDTA pH 8). Se sugiere un voltaje de 60 V.

Revelado de bandas: Se sumergen los geles en H₂O con gotas de Bromuro de Etidio (1 mg/ml) por 15 min y se observan en un transiluminador. Allí se toman las fotografías para la observación y procesamiento de láminas.

En plantas susceptibles, con el gen *mi-1* (recesivo), se espera observar una banda de aproximadamente 350 pb, mientras que, en plantas resistentes, que contienen el gen “*Mi-1*” (alelo dominante), se espera observar una banda de alrededor de 550 pb. En plantas heterocigóticas para este gen (*Mi-1/mi-1*), se espera observar ambas bandas.

A continuación se muestran los resultados de la búsquedas de las secuencias en el *GenBank*: *Lycopersicon esculentum* cultivar Anahu root-knot nematode resistance (*Mi-1.2*) gene, promoter region.

GenBank:>AY731506.1 *Lycopersicon esculentum* cultivar Anahu root-knot nematode resistance (*Mi-1.2*) gene, promoter region

```
GGTATGAGCATGCTTAATCAGAGCTCTCTATTGATTCTACTTCAGCTACTCTCAAAAAA
AATCTTACTATTATTTTTATCAAAATAAAAGAGTAATCTTTTTTCATTAGTCCAAGTCGA
GATAGGAGAAAAATATTATTAGAGAGATTATTAATTTAATGACATTTTACTTAGATTTT
TTTATCAAAATAAGGGAATAATATCCCGTTATTTAACTAGCTTTTAAGCATTATGGGTG
GAAAGTAGAAAGAAGAAACATAGTAGAATAGACAGTAAGTTATGCTTTAATGAGTAG
ATTTGTATATGATTACATATTTTGTGGACTTTTCGGTGTTCGATTAGAAAACCTTACAA
GTTCTTAATACATGTATCATTGTGTTGATTTGTCCGTTTGGCACGTCATTTGTGGTTACAA
GTCACATATGAAGTATGTCCACGAACACACCGATGTCAAGTATAGATTTCTACTTGATA
CATTGATGTTGTTTTCCATTCTCATTCTCTTTATTTTTTTTTCTTTACATTCACACGC
ACAATAATTTCTTGTAGG
```

552 pb.

GenBank:>AY729669.1 *Lycopersicon esculentum* cultivar Moneymaker *Mi-1* locus cluster 1e region sequence

```
CTAGCTATTTGTTGTTCTCCTTTTCGACCAAACACTACTTCTTCAATCTCTTACTTCAACCTG
TCTAGCAAAAATATGTCAAAAAGGTATGAGCATGCTTAATCAGAGCTCTCTATTGATTC
TACTTCACCTACTCTTAAAAAAAATTTACTATTATTTTTATCAAAATAAAAGAGTAAT
CTTTTTCCATTAGCCCAAGTCGAGATAGGAGAAAAATATTATTAGAGAGATTATTAATT
TAATGACATTTTACTACCTAAAGTTGATATTTTAAACATTAATCTTGTACTCCAAAACA
CTATTTCTATCACTGTTTTCTTTACTTTTACTTTATAGACTTTTTTTGTCAGAAAAAAGTTA
GACGGATACATTTGATGTTGTTTTCCATTCTCATTCTCTTTTATTCTTTTTTTCTTTACAT
TCACACGCACAATAATTTTCTTGTAGGCTCCTTATAAGCCATATGCACATAGACGAATC
TAGGATCTGATGTTTACAAGTTTCTATGTCGACGTCATATTAATATCGATAATAATTAG
ATTGACAATCACATATTTATAATTATTAAGTCGATAACGTTCTTCTTTGTATAGGTTGG
AAAAGTAATGGTA
```

370 pb

5) *Registro de la actividad final*: Esta fase de cierre contempla las actividades evaluativas individuales (mapas) y grupales (V de Gowin) integradoras empleadas para el registro de evidencia de aprendizaje significativo. 1) Entrega de la Uve de Gowin con el desarrollo completo del laboratorio virtual en cibertorio, siguiendo las pautas de la UEPS y el guión de la figura 4, considerando las preguntas que se encuentran al final de este guión. 2) Mapa de integración en donde se deben retomar las preguntas iniciales discutidas a lo largo de las actividades: ¿Cuáles son las técnicas de la Biología Molecular más populares? ¿Cuáles técnicas de la Biología Molecular son aplicadas al Mejoramiento Genético en Plantas? ¿Qué es la extracción de los ácidos nucleicos? ¿Qué es la PCR? ¿Qué es electroforesis en gel de agarosa? ¿Cuáles son los pasos para la extracción de los ácidos nucleicos? ¿Cuáles son los pasos para realizar una PCR? ¿Cuáles son los pasos para realizar una corrida

electroforética? Es importante incorporar ejemplos y conexiones cruzadas en el mapa conceptual de integración.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La construcción de una didáctica potencialmente significativa requiere un nuevo abordaje constructivista epistemológico, que permita vislumbrar los diferentes niveles de representación del conocimiento científico y sus potencialidades como instrumento de visualización y representación del mundo biológico que percibimos.

Esta UEPS reúne las características para presentar y exteriorizar el carácter explícito de la ciencias, así como el potencial para detectar evidencias de aprendizaje significativo acerca de las principales técnicas de la Biología Molecular, aplicadas al mejoramiento genético en los estudiantes del curso Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de la carrera Ingeniería Agronómica en la Universidad Nacional Experimental del Táchira, a través de la aplicación de las estrategias evaluativas mapas conceptuales y Uve de Gowin, con evaluación continua, progresiva, formativa y sumativa y con dominios constructivos jerárquicos individuales y grupales.

Se espera que las interrogantes y situaciones planteadas impliquen comprensión de los contenidos, evidencian captación de significados y capacidad de transferencia. Con la aplicación de esta unidad se espera que los estudiantes demuestren progresividad en el aprendizaje, con el anclaje de nuevos conceptos y la aplicación de estos conocimientos para resolver situaciones-problema con diversos niveles de complejidad.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ángel Herráez de la Universidad de Alcalá, España, por el apoyo en el diseño de la práctica virtual de Resistencia y por su incorporación en Cibertorio, así como el acceso a los estudiantes. Del mismo modo, al Laboratorio de Experimentación Remota del Laboratorio de Tecnología Educativa, IB, Unicamp. En conjunto, colaboraron para el desarrollo de esta investigación de intervención didáctica que forma parte de la tesis “UEPS sobre Técnicas de Biología Molecular en el Laboratorio Didáctico de Ciencias con Abordaje Virtual y Remoto, en Estudiantes de Ingeniería Agronómica de la UNET” de la Maestría en Docencia Virtual de la UNET. Cuenta con la aprobación del Proyecto en el Decanato de investigación de la UNET con el N° 02-003-2023.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton, 1963. 685p.

AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212p.

BORGES, T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

Camejo, I. y Galembeck, E. (2017). E. Laboratorio Constructivista y Remoto: Secuencia Didáctica Potencialmente Significativa para la Formación Continuada del Profesor de Ciencias en Latinoamérica. Enseñanza de las Ciencias: Revistas de investigación y experiencias didácticas, N° Extraordinario, p. 2485-2490, 2017. Disponible en: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/336873/507313>>. Acceso en: 21 mayo 2024.

DIZ, O. Técnicas de biología molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. NPunto, v. 3, n. 30, p. 88-111, 2020. Disponible en: <<https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/5f69a919884e7Art5.pdf>>. Acceso en: 21 mayo 2024.

DOMÈNECH-CASAL, J. Aprendizaje Basado en Proyectos y Competencia Científica. Experiencias y propuestas para el método de Estudios de Caso. Enseñanza de las Ciencias, (Extra), p. 5177-5183, 2017. Disponible en: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/>>. Acceso en: 21 mayo 2024.

FLORES, J. et al. Los Mapas Conceptuales como Instrumentos Evaluativos del Nivel de Construcción Integrativa de Significados en el Laboratorio de Bioquímica bajo un Enfoque Constructivista. Investigações em Ensino de Ciências, v. 19, n. 3, p. 611-624, 2013.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 2, p. 10, 2003. Disponible en: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_n2_a1.html>. Acceso en: 21 mayo 2024.

HERRÁEZ, A. Aula virtual de CIBERTORIO. 1998-actual. Disponible en: <<https://biomodel.uah.es/inicio.htm>>. Acceso en: 21 mayo 2024.

HERRÁEZ, A.; SÁNCHEZ-G, Y. Análisis genético de plantas de tomate jóvenes promisorias para un programa de mejora genética de resistencia, mediante un ensayo de PCR (Práctica en laboratorio virtual Cibertorio). Guión de trabajo para el laboratorio virtual «Cibertorio» en Biomodel.UAH.es. 2023. Disponible en: <<https://zenodo.org/record/7997277>>. Acceso en: 21 mayo 2024.

SÁNCHEZ, Y e CAMEJO, I. Concepciones previas de estudiantes de ingeniería agronómica sobre técnicas de biología molecular: una investigación didáctica aplicada basada en mapas conceptuales. **Ciências E Educação Bauru**. Aceito para publicação em 2024. No prelo.