

# INNOVACIÓN DOCENTE EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE GENÉTICA: CLASE INVERTIDA Y PENSAMIENTO CRÍTICO

Maikel Castellano-Pozo

Universidad de Sevilla, España

Javier Iglesias Sigüenza

Universidad de Sevilla, España

Valentine Comaills

Universidad de Sevilla, España

Iván Valle Rosado

Universidad de Sevilla, España

## 1. INTRODUCCIÓN

La sociedad se encuentra en constante evolución, haciendo necesario adaptar y desarrollar enfoques y propuestas novedosas en las estrategias y metodologías utilizadas en el ámbito educativo (Unceta Satrústegui, 2008). Para preparar a los estudiantes para un mundo profesional cada vez más complejo e inestable, es crucial que las instituciones educativas desarrollen una conexión más fuerte con los requisitos que demandan la sociedad (Martín Gutiérrez, 2015). Sin embargo, actualmente existe una brecha significativa entre las habilidades y competencias que los estudiantes adquieren en las prácticas de laboratorio y las que se requieren para su incorporación y progreso en el mercado laboral (Weller, 2007). Por tanto, es esencial que las instituciones educativas reconozcan y aborden esta desconexión, intentando proporcionar a los estudiantes esas competencias y habilidades necesarias para tener éxito en el mundo laboral (Martín Gutiérrez, 2015). Entre las principales competencias que deben adquirir los estudiantes universitarios, tras la realización de prácticas de laboratorio, se encuentran: (a) la

capacidad de aplicar conceptos teóricos previos a la resolución de problemas prácticos; (b) la capacidad de llevar a cabo investigaciones científicas confiables, apoyándose en bases de datos; (c) la organización y análisis efectivo de la información; (d) la habilidad para discutir y debatir con los compañeros para desarrollar soluciones y llegar consensuadamente a conclusiones, y (d) la habilidad para presentar resultados, tanto de manera oral como escrita. El empleo de una metodología docente tradicional en las prácticas de laboratorio pone de manifiesto deficiencias en la adquisición de muchas de estas habilidades, tan necesarias para el éxito académico y profesional. Es por ello, que se considera crucial que los educadores aborden estas carencias, actúen en la metodología y se consiga aportar a los estudiantes las herramientas necesarias para una óptima inmersión laboral (Osorio & Gil, 2018). Tales habilidades incluyen la capacidad de realizar una búsqueda exhaustiva de literatura, analizar críticamente la información recopilada, así como organizar sus ideas de manera clara y concisa para resolver de manera efectiva problemas prácticos y reales en un laboratorio de investigación. Por otra parte, para abordar los contenidos teóricos, es esencial que los docentes adapten sus técnicas didácticas a los nuevos tiempos, con el fin de estimular el aprendizaje, puesto que las tradicionales clases magistrales teóricas están ya siendo ya insuficientes. Resulta crucial revisar y renovar las estrategias y metodologías de enseñanza, a buscando fomentar un aprendizaje significativo y contextual, a través de la aplicación de técnicas de aprendizaje activas y basadas en experiencias. Al adoptar este enfoque, los estudiantes podrán desarrollar sus competencias y alcanzar su máximo potencial personal y profesional, logrando así satisfacer sus necesidades (Martín & Migueláñez, 2011). En un esfuerzo por implementar esta perspectiva, se ha desarrollado, de acuerdo con la propuesta de Adams-Angulo (Angulo, 2012), una nueva metodología de aprendizaje activo en la asignatura de Genética Humana del Grado en Biología.

## 2. METODOLOGÍA APLICADA

Porlán (Porlán, 2018) y Rodríguez, Gil y García (Rodríguez et al., 1996) establecen que la observación en el aula permite obtener información sobre un acontecimiento, tal y como éste se produce. Tras la impartición de prácticas de laboratorio se han observado deficiencias en la adquisición de competencias específicas como la capacidad para analizar la información, la capacidad para interpretar los conocimientos o la resolución de problemas, así como de competencias relativas a ciertas habilidades y destrezas. Con objeto de mejorar estas carencias se ha optado por el aula invertida como alternativa metodológica a la tradicional. Se trata de una metodología en la que se cambia totalmente el enfoque docente, ya el profesor deja de ser el protagonista, pasando este rol a los alumnos, quienes aprenderán desde un punto de vista mucho más práctico (Bilello, 2019; Knežević et al., 2019; Samuel, 2021). Los estudiantes participan en clase de una manera más activa: buscando temas, seleccionando y sintetizando

información relevante (en este caso con el objetivo de resolver un problema en el laboratorio), tomando notas personales de fuentes de calidad...(Angulo, 2012; Martín & Migueláñez, 2011; Vázquez-Miraz et al., 2020). Una vez se ha iniciado el estudio, se desafía a los estudiantes a conectar y contrastar conceptos e ideas entre ellos, fomentando una comprensión más profunda de los contenidos. Así, además de comprender y resolver problemas, y adquirir habilidades de trabajo en equipo, se promueve el pensamiento crítico, ya que tendrán que evaluar alternativas y tomar decisiones, afrontándose así lo que se ha convertido en uno de los grandes problemas de la comunidad educativa (Chikeleze et al., 2018). La última fase, implicaría un proceso de autoevaluación y reflexión antes de alcanzar las conclusiones (Samuel, 2021). Se ponen por tanto de manifiesto las numerosas competencias y destrezas que se podrían conseguir con el desarrollo de esta metodología. Son ya varios los estudios que han explorado los beneficios de implementar esta metodología u otras como el aprendizaje basado en proyectos (Aránguiz et al., 2020; Cortázar et al., 2021; Dumitru et al., 2018), simulaciones y experiencia práctica en escenarios del mundo real (Kaddoura, 2010; Zarifsanaiey et al., 2016), aprendizaje de servicio basado en problemas auténticos (Araya et al., 2012; Kuntjara, 2019), aprendizaje basado en investigación (Cangalaya Sevillano, 2020), aprendizaje basado en problemas (Escobedo & Silva, 2008; Núñez-López et al., 2017; Olivares Olivares & Heredia Escorza, 2012; Orique & McCarthy, 2015), aprendizaje cooperativo (Dumitru et al., 2018; Lin et al., 2016) y estudios o escenarios de casos (McDade, 1995; Popil, 2011).

### 2.1. Objetivos didácticos de este ciclo de mejora:

- Promover la relación de la teoría con la práctica, puesto que es habitual ver que los alumnos no son capaces de aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas, en las prácticas.

- Provocar una actitud activa del alumno en las prácticas. Tradicionalmente, el desarrollo de las prácticas comienza con una introducción teórica seguida del desarrollo de un protocolo ya establecido. En este ciclo de mejora (CIMA) se intenta abolir esa actitud pasiva de los alumnos, para implicarlos en la toma de decisiones.

- Impulsar una actitud crítica de los alumnos a través de debates grupales, donde se discutan las diferentes hipótesis propuestas por ellos para resolver el problema práctico planteado.

- Detectar las dificultades de los alumnos en la adquisición de los conocimientos.

- Avanzar en el desarrollo del conocimiento práctico mediante el planteamiento de actividades de contraste grupales, asentando con solidez la adquisición de los mismos.

- Evaluación de los contenidos mediante ejercicios prácticos con objeto de incrementar la destreza del alumno en la resolución de problemas.
- Determinar el grado de conocimiento alcanzado por los alumnos al implantar este CIMA.

## 2.2. Muestra, instrumentos y técnica:

La actividad se ha llevado a cabo en las prácticas de la asignatura “Genética Humana”, asignatura optativa del cuarto curso del Grado en Biología de la Universidad de Sevilla. Cada grupo de prácticas se desarrolla en un total de 2 sesiones de 4 horas cada una. Cada grupo consta de 12 alumnos que asisten de manera presencial. La metodología seguida hasta el momento consistía en una introducción teórica, donde se presenta la práctica y la teoría asociada. A continuación, se realizaba la parte práctica, siguiendo un protocolo ya establecido, y se terminaba con la discusión de los resultados. Al implementar este CIMA, se ha modificado la dinámica normal de la actividad con la finalidad de introducir un modelo metodológico más centrado en el alumno (Postareff & Lindblom-Ylänne, 2008), donde ellos han de reflexionar sobre el qué, el cómo y el porqué del procedimiento a seguir en cada una de los bloques prácticos.

## 3. MAPA DE CONTENIDOS Y PREGUNTAS CLAVE:

El CIMA se ha implementado en una práctica centrada en el análisis del genoma, concretamente en el análisis de la presencia de secuencias de ADN repetitivas Alu en determinados loci, que representan el 10% del genoma humano (Batzer & Deininger, 2002). Estas secuencias tienen grandes implicaciones en el genoma y su presencia se analiza en diferentes disciplinas como estudios de parentesco, forenses, antropogenéticos o de biomedicina, ya que su inserción o delección dan lugar a reorganizaciones del ADN asociadas a familias, a la evolución o a enfermedades somáticas o hereditarias.



#### 4. PROCEDIMIENTO

El modelo metodológico planteado para la aplicación de este ciclo de mejora (Figura 2) se fundamenta en dos ideas principales: el planteamiento de un problema cuya respuesta verse sobre los temas a tratar en la práctica; y promover una actitud activa de los alumnos, fomentando habilidades como la reflexión o la relación de las ideas y los conceptos tratados con anterioridad (Bain, 2005; Porlán, 2018). El modelo metodológico se desarrollará en dos sesiones, teniendo lugar varias actividades de contraste en cada una de ellas (Figura 2; Tabla 1). Para comenzar, los alumnos han de responder a la cuestión inicial planteada en el apartado anterior. Para ello, se organizarán en grupos, compartiendo sus conocimientos previos y/o buscando información. Durante la actividad se van planteando cuestiones (detalladas en el mapa de contenidos, Figura 1) que permiten el guiado de los alumnos en el proceso de aprendizaje y el incidir en los conceptos específicos. Una vez elaborada la respuesta a dicha pregunta, los grupos exponen sus protocolos de extracción del ADN, los cuales son debatidos con el objeto de llegar a un consenso final. Tras la actividad, el profesor realiza una pequeña síntesis, donde se hace énfasis en los puntos más importantes, así como en las cuestiones más débilmente desarrolladas por los alumnos (Finkel, 2008; Vygotsky & Cole, 1978). Posteriormente, tiene lugar la introducción teórica al tema, con el fin de ahondar en los aspectos más técnicos. Finalmente, los alumnos han de preparar el laboratorio para poder desarrollar la práctica, preparando los reactivos y material necesarios, y encendiendo y configurando todo el aparataje requerido. A lo largo de cada sesión se sigue una metodología similar, introduciendo los conceptos de forma paulatina y madurada, permitiendo una asimilación más efectiva y duradera de los conceptos (Larkin, 2012). Además, a lo largo del proceso se van realizando diferentes actividades de contraste que permitan abordar, asentar y reforzar los nuevos conocimientos por el alumnado. No obstante, este modelo metodológico puede estar sujeto a modificaciones dependiendo del conocimiento previo de los alumnos, de la evolución en el desarrollo del proceso o de la experiencia del propio docente (Porlán, 2018).

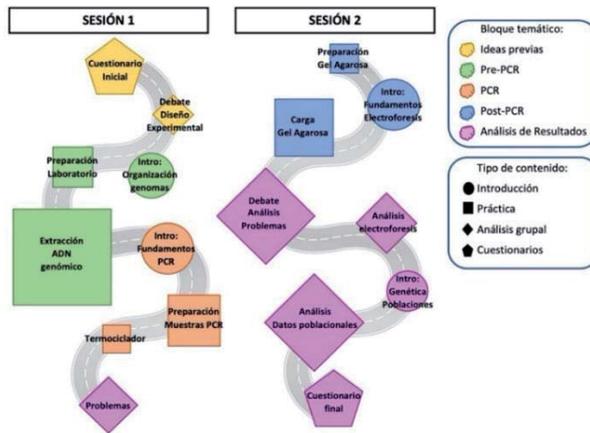


Figura 2. Modelo metodológico propuesto para este ciclo de mejora. Cada figura geométrica indica una actividad de contraste, donde su tamaño refleja el tiempo dedicado a su desarrollo.

#### 4.1. Secuencia de actividades

Para el desarrollo de este ciclo de mejora se han elaborado una serie de actividades de contraste basadas en algunas de las premisas que se tratan en el libro “Lo que hacen los mejores profesores universitarios” (Bain, 2005), con el finde intentar lograr una enseñanza sólida y de calidad:

- Comenzar tratando las ideas iniciales de los estudiantes sobre el tema y posteriormente profundizar en ellas, situando la temática desde su propia perspectiva.
- Fomentar un entorno crítico y un razonamiento disciplinar en los estudiantes, fomentando destrezas, aptitudes y costumbres.
- Captar la atención de los estudiantes, usando ejemplos y temáticas actuales.
- Crear experiencias de aprendizaje diversas, reforzando el nivel de aprendizaje.

Las actividades de contraste están orientadas a sacar el máximo partido del estudiante, realizándose bajo un clima relajado y de cercanía con el profesor, para fomentar la participación y la discusión durante su desarrollo. Entre ellas, destacar los cuestionarios inicial y final, ya que permiten evaluar los conocimientos iniciales de los alumnos y adaptar el resto de actividades a su nivel, así como evaluar el nivel de aprendizaje del alumnado y el éxito de la implementación de este ciclo de mejora. En la Tabla 1 se detalla, en orden cronológico, la secuencia de actividades programadas en este ciclo de mejora.

| Sesión 1   |               |                                    |        |
|--|---------------|------------------------------------|--------|
| Actividad  | Bloque        | Nombre de la actividad             | Tiempo |
| 1  | Ideas Previas | Cuestionario inicial               | 30 min |
| <p>Desarrollo de la actividad: Se informa a los alumnos sobre la temática de la práctica: análisis de genomas. Se les facilitó el cuestionario I, que tras su recogida, se facilitó el cuestionario II con 3 preguntas clave de los temas a tratar en la práctica (Anexo 1). Se les informa que no es un examen y que será anónimo. Han de usar un pseudónimo y mantenerlo a lo largo de toda la práctica. El cuestionario I tiene la finalidad de entrenar el alumnado sobre el desarrollo de un análisis experimental ante un problema dado. El cuestionario II tiene la finalidad de medir el nivel previo de cada alumno en la materia y los conocimientos adquiridos tras el desarrollo de la práctica.</p> |               |                                    |        |
| 2  | Ideas Previas | Debate diseño experimental         | 20 min |
| <p>Desarrollo de la actividad: Debate grupal sobre las diferentes hipótesis para responder a la pregunta del cuestionario 1. Los alumnos van comentando las ideas para analizar determinados loci en el genoma y el resto de alumnos rebaten o se van sumando a las hipótesis lanzadas. El profesor guiará a los alumnos para llegar a la respuesta más lógica y que se llevará a la práctica.</p>   |               |                                    |        |
| 3  | Pre-PCR       | Introducción: organización de los  | 25 min |
| <p>Desarrollo de la actividad: Con ayuda de un PowerPoint se profundizaron en los conceptos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización de los genomas a nivel estructural.</li> <li>- Secuencias repetitivas dispersas Alu y su amplificación en los genomas.</li> <li>- Evolución en las poblaciones. Polimorfismos.</li> <li>- Repercusión de la inserción de elementos Alu en los genomas. Enfermedades asociadas.</li> </ul>   |               |                                    |        |
| 4  | Pre-PCR       | Preparación del laboratorio        | 20 min |
| <p>Desarrollo de la actividad: Actividad de contraste basada en el aprendizaje para el desarrollo de un protocolo de experimentación en un laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A los alumnos se les facilita los protocolos de las prácticas a seguir en las dos sesiones.</li> <li>- Los alumnos han de leer el protocolo, preparar y adecuar el laboratorio de manera previa a la experimentación. Este proceso estará controlado por el profesor.</li> </ul>  |               |                                    |        |
| 5  | Pre-PCR       | Práctica: Extracción ADN genómico  | 50 min |
| <p>Desarrollo de la actividad: Desarrollo de la práctica de extracción de ADN genómico de una muestra celular de la cavidad bucal de cada alumno. En los tiempos de incubación de las muestras se realizan preguntas al alumnado de forma grupal como actividad de contraste. El objetivo es entender cada paso del protocolo: ¿Cuál es la función del tratamiento con ProteinasaK? ¿Qué elementos celulares se encuentran tras cada centrifugación (pellet y sobrenadante)?</p>   |               |                                    |        |
| 6  | PCR           | Introducción fundamentos de la PCR | 25 min |

Innovación docente en las prácticas de laboratorio de genética:  
clase invertida y pensamiento crítico

|  |  |  |                  |
|--|--|--|------------------|
| Desarrollo de la actividad: Con ayuda de un PowerPoint se profundizaron en los conceptos: fundamentos generales de la técnica de PCR, reactivos empleados y descripción de cada una de las fases. Se realizan preguntas grupales para rescatar ideas previas del alumnado, fomentando la interacción. El profesor escala en el conocimiento partiendo de la base de los estudiantes. |  |  |                  |
| Actividad<br>7   | Bloque<br>PCR                                | Nombre de la actividad<br>Práctica: preparación de muestras de PCR | Tiempo<br>25 min |
| Desarrollo de la actividad: Los alumnos desarrollan el protocolo de PCR, preparando las muestras. En paralelo, desarrollan el concepto de elaboración del mix de PCR.  |  |  |                  |
| Actividad<br>8   | Bloque<br>PCR                                | Nombre de la actividad<br>Práctica: uso del termociclador          | Tiempo<br>15 min |
| Desarrollo de la actividad: Actividad con la finalidad de fijación del concepto de ciclos seriados de temperaturas que fundamenta la técnica de PCR, al diseñar la plantilla en el Termociclador.  |  |  |                  |
| Actividad<br>9   | Bloque<br>Análisis Resultados (Introducción) | Nombre de la actividad<br>Problemas                                | Tiempo<br>30 min |
| Desarrollo de la actividad: Actividad de contraste preparatoria para el análisis de resultados de electroforesis de la siguiente sesión. Se entregan diferentes ejercicios que han de pensar de forma individual y luego en forma de pequeños grupos. Se lo pueden llevar a casa y comentar entre ellos.   |  |  |                  |

| Sesión 2   |                               |  |                  |
|--|-------------------------------|--|------------------|
| Actividad<br>10  | Bloque<br>Post-PCR            | Nombre de la actividad<br>Práctica: preparación geles de agarosa | Tiempo<br>15 min |
| Desarrollo de la actividad: Preparación de los geles de agarosa. Importancia a la seguridad en el laboratorio y del uso adecuado de batas y guantes.   |                               |  |                  |
| Actividad<br>11  | Bloque<br>Post-PCR            | Nombre de la actividad<br>Introducción fundamentos de la         | Tiempo<br>25 min |
| Desarrollo de la actividad: se profundiza en los conceptos de electroforesis y puntos clave como concentración de agarosa, separación de bandas según su tamaño molecular, uso de intercalante del ADN (BrEt),... Esta actividad se desarrolló siguiendo la metodología de la actividad 6. |                               |  |                  |
| Actividad<br>12  | Bloque<br>Post-PCR            | Nombre de la actividad<br>Práctica: carga del gel de agarosa     | Tiempo<br>30 min |
| Desarrollo de la actividad: Carga de las muestras de PCR en el gel de electroforesis por los alumnos. Se somete a un voltaje de 100V durante 45 minutos, donde se desarrolla la actividad 13.  |                               |  |                  |
| Actividad<br>13  | Bloque<br>Análisis Resultados | Nombre de la actividad<br>Debate análisis de problemas           | Tiempo<br>45 min |

|   |                               |   |                  |
|---|-------------------------------|---|------------------|
| Desarrollo de la actividad: Discusión grupal de la actividad 9. Los alumnos mostraron sus hipótesis y se comentan esos resultados. Se ahonda en los conocimientos de diseño de PCR para el análisis de secuencias en el genoma, lectura de bandeados en geles de electroforesis y discusión de los mecanismos moleculares que han podido subyacer para la obtención del bandeadado. |                               |   |                  |
| Actividad<br>14   | Bloque<br>Análisis Resultados | Nombre de la actividad<br>Análisis de la electroforesis                 | Tiempo<br>30 min |
| Desarrollo de la actividad: Tras la toma de la fotografía del gel de electroforesis en el Transiluminador, los alumnos analizan los resultados de su genotipo cada uno para cada cada locus analizado. Análisis grupal de los amplicones resultantes de amplificación para cada locus. Recogida de datos. Conclusiones.   |                               |   |                  |
| Actividad<br>15   | Bloque<br>Análisis Resultados | Nombre de la actividad<br>Introducción análisis de genética poblaciones | Tiempo<br>20 min |
| Desarrollo de la actividad: Repaso de los fundamentos de la genética de poblaciones. Frecuencia genotípica y alélica. Ejemplo de análisis de frecuencia genotípica y alelica en una población. Cálculos derivados para analizar si la población se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg. Aplicación de un análisis estadístico chi-cuadrado.                                      |                               |   |                  |
| Actividad<br>16   | Bloque<br>Análisis Resultados | Nombre de la actividad<br>Análisis de datos poblacionales               | Tiempo<br>45 min |
| Desarrollo de la actividad: Se simulará que los alumnos en prácticas son una población. En base a los loci analizados por PCR, calcular las frecuencias genotípicas y alélicas. Analizar si la población se encuentra en equilibrio. Este ejercicio han de entregarlo al finalizar la práctica. Conclusiones.   |                               |   |                  |
| Actividad<br>17   | Bloque<br>Análisis Resultados | Nombre de la actividad<br>Cuestionario final                            | Tiempo<br>30 min |
| Desarrollo de la actividad: Pase del cuestionario inicial (Anexo 2) a los alumnos, usando el mismo pseudónimo. Ello permitirá ver el progreso del aprendizaje de cada alumno y poder categorizarlo.   |                               |   |                  |

**Tabla 1.** Secuencia de actividades de contraste desarrolladas durante esta práctica.

## 5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

El análisis de las respuestas de los cuestionarios inicial y final son una herramienta muy útil para evaluar el ciclo de mejora, ya que permite analizar la evolución del aprendizaje de los estudiantes y nos permite a su vez identificar los posibles obstáculos en el mismo (Porlán, 2018). Este análisis se ha realizado a través de escaleras de aprendizaje para cada una de las preguntas realizadas, estableciéndose distintos peldaños o niveles de progresión (desde sus ideas previas hasta las respuestas dadas en el test final), que van desde el D (escaso o nulo conocimiento/aprendizaje) hasta el A (alto conocimiento/aprendizaje). En ellas, además, se muestra el porcentaje de estudiantes que se sitúan en cada nivel de aprendizaje, recuadrando en color verde claro los resultados correspondientes

al test inicial y en verde oscuro los del test final (Figura 3). La comparativa de los porcentajes iniciales y finales para cada una de las preguntas muestran una clara adquisición de los conocimientos a nivel grupal. Hay que destacar los resultados obtenidos en la pregunta 2, los cuales muestran una evolución muy favorable y significativa en la asimilación de los contenidos relacionados con dicha pregunta: más del 50 % de los alumnos dio una respuesta detallada y precisa, y los restantes mostraron unos conocimientos bastante altos en comparación al punto de partida (Figura 3). Otro punto a resaltar es la evolución cualitativa de las respuestas, observándose una mejora en el uso del lenguaje técnico y en la claridad de la redacción de sus respuestas. Para el resto de las preguntas se obtuvieron resultados próximos a la pregunta 2, donde la mayoría de los alumnos alcanzaron niveles B o A tras la aplicación del ciclo de mejora (Figura 3).

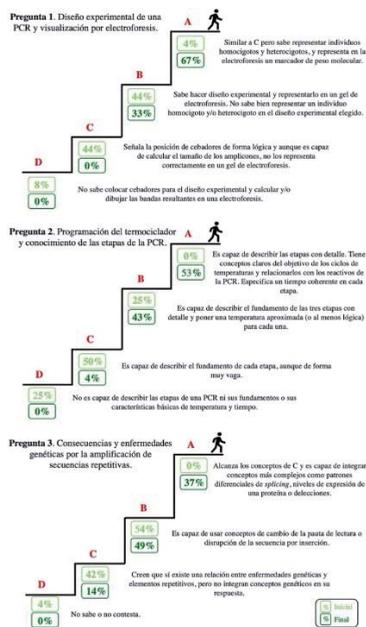


Figura 3. Escaleras de aprendizaje y evolución a las preguntas formuladas en los cuestionarios inicial y final. Las respuestas de los alumnos se han categorizado (A-D) en base a su complejidad. En verde claro y oscuro se muestran el porcentaje de alumnos en cada escalón al inicio y final de la aplicación del CIMA, respectivamente.

Si se hace un análisis de los datos desglosado por alumno, se observan preguntas donde todos los alumnos han aumentado sus conocimientos, como es la pregunta 2, donde algunos alumnos suben al menos un escalón (50 %) o incluso superando dos niveles de aprendizaje (50 %) (datos no representados). La primera pregunta muestra un perfil bastante similar, donde casi la totalidad de los alumnos (96 %) mostraron un avance en el diseño previo de una PCR y en el cálculo y representación de los amplicones teóricos resultantes en un gel de

electroforesis. El 66 % de los alumnos avanzó un escalón mientras que un 30 % avanzaron dos peldaños. Independientemente del análisis cuantitativo del avance, el 67 % de los alumnos logró implementar los conocimientos de diseño de una PCR y su lectura por electroforesis al genotipar individuos homocigotos y heterocigotos (Figura 3). Resultados más livianos se obtuvieron en la pregunta 3, donde el 75 % aumentó levemente sus niveles de conocimiento, mientras que el 25 % restante no mostró evolución alguna (Figura 3). Esto puede ser debido a que los conocimientos necesarios para llegar a escalones avanzados requieren de conceptos de biología molecular que son de mayor dificultad, demandando un incremento en el número de actividades de contraste, a incorporar en un próximo ciclo de mejora. En general, estos resultados indican que los alumnos han evolucionado notablemente, aumentado y asimilando los conocimientos, tras la ejecución de esta metodología.

## 6. CONCLUSIÓN

Tras la aplicación de este ciclo de mejora y evaluar los resultados, se pone de manifiesto el éxito de la implantación de esta metodología inversa donde el alumno es el protagonista. El alumno ha de tener la iniciativa y resolver el problema planteado durante la práctica con la guía del profesor. Con ello, los alumnos han entrenado competencias clave como aplicación de conceptosteóricos, búsqueda de información en base de datos, y organización y puesta en común de la información, habilidades necesarias para sus futuros profesionales.

Destacar la evaluación tanto del aprendizaje de los alumnos como de la metodología docente con cuestionarios iniciales y finales, ya que permite la identificación de lagunas conceptuales de los alumnos. Además, el uso de cuestionarios se manifiesta como una herramienta necesaria que identificará las debilidades y fortalezas de la metodología docente, que permitirá adaptarla para conseguir un mayor progreso en cursos venideros. El nivel de aprendizaje alcanzado por parte del alumnado obtenido tras el análisis por escaleras de aprendizaje, su actitud durante el transcurso de sesiones más dinámicas y amenas, y sus comentarios finales tras su aplicación, muestran un acierto en la metodología docente aplicada.

Estos resultados nos conducen al razonamiento sobre la importancia de determinadas cuestiones que ponen de manifiesto una docencia de calidad. Es importante hacer una jerarquización del contenido, apartando todo aquel contenido secundario del verdaderamente esencial y vertebrador sobre el que enlazará otros bloques de contenido en el futuro. Para ello es importante conocer los modelos mentales que tienen nuestros alumnos, el punto de partida de sus conocimientos previos, así como presunciones erróneas como los obstáculos de aprendizaje. Ello nos permitirá adaptar el mapa de contenidos a un modelo metodológico basado en actividades de contraste amenas y actuales, que den

respuesta a bloques dentro del mapa y a su relación con el resto, dando lugar a un aprendizaje constructivo. Para un aprendizaje constructivo y duradero en el tiempo es esencial el uso de diferentes tipos de actividades de contraste y huir de la monotonía, siempre intentando el rol activo y participativo del estudiante. Este punto también es esencial para captar la atención de toda la heterogeneidad de alumnos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, J. A. A. (2012). Valoración de estudiantes universitarios sobre las didácticas significativas para su aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 5(2), 31-40.
- Aránguiz, P., Palau-Salvador, G., Belda, A., & Peris, J. (2020). Critical thinking using project-based learning: The case of the agroecological market at the "Universitat Politècnica de València". *Sustainability*, 12(9), 3553.
- Araya, S. B., Acuña, M. R., Núñez, M. G., & Vería, C. S. (2012). Aprendizaje-servicio como metodología para el desarrollo del pensamiento crítico en educación superior. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 26(4), 594-603.
- Bain, K. (2005). Lo que hacen los mejores profesores univ. Universitat de València.
- Batzer, M. A., & Deininger, P. L. (2002). Alu repeats and human genomic diversity. *Nature Reviews Genetics*, 3(5), 370-379.
- Bilello, L. A. (2019). Turning the tables on tradition: flipped high-fidelity simulation to potentiate learning. *Advances in Medical Education and Practice*, 959-961.
- Cangalaya Sevillano, L. M. (2020). Habilidades del pensamiento crítico en estudiantes universitarios a través de la investigación. *Desde el Sur*, 12(1), 141-153.
- Chikeleze, M., Johnson, I., & Gibson, T. (2018). Let's Argue: Using Debate to Teach Critical Thinking and Communication Skills to Future Leaders. *Journal of Leadership Education*, 17(2).
- Cortázar, C., Nussbaum, M., Harcha, J., Alvares, D., López, F., Goñi, J., & Cabezas, V. (2021). Promoting critical thinking in an online, project-based course. *Computers in Human Behavior*, 119, 106705.
- Dumitru, D., Bigu, D., Elen, J., Ahern, A., McNally, C., & O'Sullivan, J. (2018). A European review on critical thinking educational practices in higher education institutions.

- Escobedo, P. S., & Silva, S. G. (2008). Efectos del entrenamiento de profesores en el pensamiento crítico en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, 38(3-4), 189-199.
- Finkel, D. (2008). Dar clase con la boca cerrada. *Revista electrónica sobre la enseñanza de la Economía Pública* Págs, 49, 60.
- Kaddoura, M. A. (2010). New graduate nurses' perceptions of the effects of clinical simulation on their critical thinking, learning, and confidence. *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 41(11), 506-516.
- Knežević, D. B., Tadić, V., & Širanović, Ž. (2019). Flipped classroom model for advanced networking courses. 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)
- Kuntjara, E. H. (2019). Students' reflection on their service-learning experience as a way of fostering critical thinking and as a peace building initiative. *Citizenship Teaching & Learning*, 14(2), 225-237.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927-959.
- Lin, M., Preston, A., Kharrufa, A., & Kong, Z. (2016). Making L2 learners' reasoning skills visible: The potential of computer supported collaborative learning environments. *Thinking Skills and Creativity*, 22, 303-322.
- Martín, A. H., & Migueláñez, S. O. (2011). *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías (Vol. 178)*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Martín Gutiérrez, Á. (2015). Contextualización de los centros de formación profesional en su entorno: Retos y oportunidades en la sociedad del conocimiento.
- McDade, S. A. (1995). Case study pedagogy to advance critical thinking. *Teaching of psychology*, 22(1), 9-10.
- Núñez-López, S., Ávila-Palet, J.-E., & Olivares-Olivares, S.-L. (2017). The development of critical thinking abilities in university students by means of problem-based learning. *Revista iberoamericana de educación superior*, 8(23), 84-103.
- Olivares Olivares, S. L., & Heredia Escorza, Y. (2012). Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(54), 759-778.

- Orique, S. B., & McCarthy, M. A. (2015). Critical thinking and the use of nontraditional instructional methodologies. *Journal of Nursing Education*, 54(8), 455-459.
- Osorio, L. S. R., & Gil, K. S. L. (2018). Orientar la escritura a través del currículo en la universidad. Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
- Parcerisa Aran, A., Alsina, P., Comalat, M., Félez Rodríguez Muñoz, B., Giné, N., Gros Salvat, B., Imbernón, F., & Lleixà Arribas, T. (2005). Materiales para la docencia universitaria: orientaciones para elaborarlas y mejorarlos.
- Pierce, B. A. (2009). *Genética: Un enfoque conceptual*. Ed. Médica Panamericana.
- Popil, I. (2011). Promotion of critical thinking by using case studies as teaching method. *Nurse education today*, 31(2), 204-207.
- Porlán, R. (2018). *Enseñanza universitaria: cómo mejorarla*. Ediciones Morata.
- Postareff, L., & Lindblom-Ylänne, S. (2008). Variation in teachers' descriptions of teaching: Broadening the understanding of teaching in higher education. *Learning and instruction*, 18(2), 109-120.
- Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). Tradición y enfoques en la investigación cualitativa. *Metodología de la investigación cualitativa*, 14.
- Samuel, M. L. (2021). Flipped pedagogy and student evaluations of teaching. *Active Learning in Higher Education*, 22(2), 159-168.
- Unceta Satrústegui, A. (2008). Cambios sociales y educación: notas para el debate. *Revista de Educación*.
- Vázquez-Miraz, P., Rentería, C., Martínez, M. J., & Zapata, K. (2020). Principales dificultades del alumnado universitario novel a la hora de elaborar un texto científico.
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Weller, J. (2007). La inserción laboral de los jóvenes: características, tensiones y desafíos. *Revista de la CEPAL*.
- Zarifsanaiey, N., Amini, M., & Saadat, F. (2016). A comparison of educational strategies for the acquisition of nursing student's performance and critical thinking: simulation-based training vs. integrated training (simulation and critical thinking strategies). *BMC medical education*, 16, 1-7.

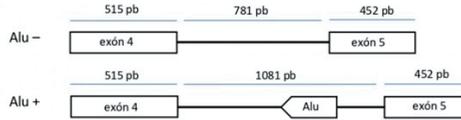
## ANEXO

### Cuestionario I:

Las secuencias Alu son un grupo de elementos repetitivos dispersos en el ADN de una longitud aproximada de X pb. A lo largo de la historia evolutiva, estos elementos se han ido amplificando en nuestro genoma y saltando a otras regiones. Si quiero analizar la presencia/ausencia de un elemento de ADN repetitivo Alu en una región concreta de mi genoma, ¿qué técnicas serías harías en un laboratorio de biología molecular (laboratorio de prácticas) para analizar su presencia? Si lo ves posible, diseña, enumera y describe el protocolo brevemente, señalando características y reactivos más importantes para tu propuesta experimental.

### Cuestionario II:

1. Se ha descrito un polimorfismo del gen ALDH1A1 basado en la presencia o ausencia de un elemento repetitivo Alu en la siguiente localización de este gen:



Para realizar una PCR y detectar este polimorfismo, ¿dónde diseñarías los cebadores para detectar la posible presencia de la secuencia Alu? Márcalos en el esquema anterior. En base a ello, ¿qué posibles bandas obtendrías al realizar una PCR con esos cebadores que has señalado? Dibújalos en el cuadro siguiente simulando un gel de electroforesis que has realizado en el laboratorio, justificando los tamaños de banda en pares de bases (pb). ¿Podría saber si un individuo es homocigoto o heterocigoto para la inserción de ese elemento Alu? Indícalo en el gel si así lo crees.

2. La técnica de PCR se basa en una serie de ciclos seriados de 3 etapas, ¿las recuerdas? Si has de programar un Termociclador para el desarrollo de una PCR, especifica en cada una de esas etapas: la temperatura y el tiempo, incluso si son fijos (es decir, en todas las PCRs son comunes) o son variables y dependen de algún factor (en cada PCR se han de modificar). Puedes usar los datos de la PCR de la pregunta anterior si así lo prefieres. Una vez que he programado las 3 etapas, ¿he de tener en cuenta algún otro factor? Justifica tu respuesta.

3. El salto e incremento del número de secuencias repetitivas de ADN en nuestro genoma por transposición y retrotransposición a lo largo de la evolución es un hecho. ¿Crees que este hecho puede tener alguna consecuencia y estar relacionado con alguna enfermedad humana de origen genético? Responde si, no, depende o no sé. Razona tu respuesta.