

Modernización de las Prácticas de Laboratorio de Genética mediante fotografía digital: modelización de la mitosis

Modernization of Genetic Laboratory Practices
through digital photography: modeling of mitosis

Evelyn Tineo González
evelyntineo@gmail.com

Lahirize Mavares Armas
lahirizedelvalle@yahoo.com

José Lubo
hillman_arrow@hotmail.com

**Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
Instituto Pedagógico de Caracas. Venezuela**

Artículo recibido en noviembre 2016 y publicado en septiembre 2017

RESUMEN

El propósito fue proponer una estrategia de modernización para las Prácticas en Laboratorio de Genética basada en la modelización y la fotografía digital como recurso tecnológico. Es de tipo proyectiva, responde a un proyecto factible con diseño de campo, apoyada en la investigación documental. Se fundamentó en aspectos curriculares como pertinencia, innovación, calidad y relevancia, considerando tres momentos pedagógicos. Resultados preliminares de la evaluación indicaron valoración de 72% de aceptación para incorporar aspectos teóricos-conceptuales, 53,8% de acuerdo con contenidos actitudinales y 83,3 % de aceptación para contenido procedimental. La opinión valorativa indicó que es innovadora e incorpora tecnología accesible. El éxito de la propuesta dependerá de la ejecución consensuada de las actividades de cada momento pedagógico, conservando el equilibrio entre ellos. La aplicación de la fotografía digital mediante celulares mostró potencialidad para ser incorporada en otras prácticas de Biología mediante la adaptación creativa de los docentes.

Palabras clave: Modelización; laboratorio de Genética; fotografía digital

ABSTRACT

The purpose of the research was to propose a modernization strategy for Genetic Laboratory Practices based on modeling and digital photography as a technological resource. It is of the projective type, responds to a feasible project with field design, supported by documentary research. It was based on curricular aspects such as relevance, innovation, quality and relevance, considering three pedagogical moments. Preliminary results of the evaluation indicated a 72% acceptance to incorporate theoretical-conceptual aspects, 53.8% according to attitudinal contents and 83.3% acceptance for procedural content. Valuable opinion indicated that it is innovative and incorporates accessible technology. The success of the proposal will depend on the consensual implementation of the activities of each pedagogical moment, maintaining the balance between them. The application of digital photography through cell phones showed the potential to be incorporated in other biology practices through the creative adaptation of teachers.

Key words: Modeling; Genetics laboratory; Digital photography

INTRODUCCIÓN

La Genética es una disciplina fundamental en la alfabetización científica pues permite la comprensión del origen de las características biológicas de los individuos, poblaciones, comunidades e incluso de ecosistemas, por lo que el estudio de su enseñanza es de gran relevancia pedagógica.

En la actualidad, el campo de la Genética ha tenido importantes avances experimentales y teóricos útiles en diferentes áreas como medicina, biotecnología, agricultura, ganadería y conservación de la biodiversidad. Esta información debe ser manejada por la sociedad actual para comprender y estar al día con los adelantos científicos contemporáneos.

En este contexto, la enseñanza de la genética cobra relevancia y desde la década de los noventa se ha reseñado la importancia de esta área por sus significativas implicaciones económicas, éticas y sociales en general (Bugallo, 1995).

La genética es una de las partes de la biología que presenta más dificultad al profesorado a la hora de ser enseñada y también de ser asimilada por el alumnado, tanto por la complejidad de sus contenidos como por las dificultades que caracterizan sus estrategias de enseñanza. De manera particular, la enseñanza de la Genética muestra una dificultad conceptual en el alumnado asociada a la comprensión de contenidos como mitosis y meiosis, genética mendeliana y teoría cromosómica (Bugallo, 1995; Smith, 1998; Iñiguez, 2005).

En concordancia con lo expuesto Barreros (2011), arguye que en lo que respecta a la genética se evidencian conflictos a nivel general, puesto que es difícil para los estudiantes apropiarse y comprender determinados conceptos y procesos biológicos; indicando que la metodología tradicional aplicada con frecuencia no considera los saberes previos de los estudiantes y no acude al uso de herramientas didácticas novedosas que vinculen los contenidos a su realidad, por lo que urge el empleo de actividades pedagógicas que propicien aprendizajes verdaderos.

Para afrontar estos obstáculos generados por la abstracción de los contenidos Izquierdo, Sanmartí y Espinet, (1999), proponen aplicar estrategias de aprendizaje entre ellas las prácticas de laboratorio; sin que éstas sean concebidas como recetas mágicas para obtener un resultado previsto.

Lo expresado anteriormente no es ajeno a los autores de esta investigación, pues en su experiencia docente han evidenciado cómo los estudiantes fallan en la comprensión de contenidos abstractos. Particularmente en el caso de las prácticas de mitosis ejecutada en Genética general (especialidad de Biología del Instituto Pedagógico de Caracas) se ha apreciado un aprovechamiento limitado de esta estrategia con una alta inversión del tiempo sólo en el montaje citogenético y la realización de dibujos (para lo cual muchas veces los estudiantes muestran escasas competencias), desperdiciándose el potencial didáctico de la práctica para discutir aspectos genéticos teóricos y sin incorporar otros aspectos de la enseñanza como son los contenidos actitudinales.

En la actualidad, con los avances tecnológicos la fotografía digital se ha masificado y las cámaras digitales con distintas resoluciones y alcances son aparatos de uso común; adicionalmente éstas han sido incorporadas a los teléfonos celulares, por lo que la captura de imágenes se ha convertido en una acción cotidiana, este hecho plantea un contexto ideal para el aprovechamiento de esta tecnología en el laboratorio convencional de la enseñanza de la Biología y especialmente en el laboratorio de enseñanza de la Genética.

En función de este contexto, la investigación tiene como objetivo proponer una estrategia de modernización para las prácticas en laboratorio de Genética general basada en la modelización y la fotografía como recurso tecnológico.

Modelos y modelización

Como en otras ciencias, en Biología se ha utilizado el proceso de modelización para explicar estructuras, mecanismos, procesos, etc., por lo tanto en la enseñanza de ésta disciplina abunda el empleo de modelos. Por esta razón el aprendizaje de estos procesos está mediado por modelos aceptados en el mundo científico y muchas veces adaptados de manera didáctica.

De acuerdo con Adúriz e Izquierdo (2009) en ciencia los modelos constituyen una herramienta valiosa para tratar de exponer o evidenciar la naturaleza de un objeto, proceso o estructura que dada su complejidad dificulta su comprensión, desde esta perspectiva los modelos son una representación (reemplazos en ausencia) del sistema que sólo retienen algunos elementos esenciales de interés.

La modelización es sistemáticamente usada en las ciencias y se debe tener en cuenta que no existe el modelo del sistema real, sino una multiplicidad de modelos según los factores considerados relevantes, la eventual postulación de entidades ideales, y de estructuras. Cada modelo permite que algunos de sus aspectos estén en una escala diferente de la

que son normalmente percibidos, o bien que entidades abstractas puedan hacerse visibles (Lombardi, 1998; Felipe, Gallatera y Merino, 2005).

Chamizo (2009) indica que los modelos son representaciones basadas en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo, con un objetivo específico. Ingham y Gilbert (1991) sostienen que un modelo es una representación simplificada de un sistema que concentra la atención en un aspecto específico. De acuerdo con el re citado autor los modelos científicos se refieren a las construcciones hechas para explicar una determinada porción del mundo, mientras que los modelos didácticos conciernen a los conocimientos construidos y elaborados en el entorno escolar. Se fundamenta en la transposición didáctica que indica cómo el conocimiento científico es transformado para ser entendido por el estudiante.

Dibujo, fotografía y enseñanza de las ciencias

La ciencia y su enseñanza han utilizado tradicionalmente las representaciones gráficas para diversos propósitos y con diferente grado de intensidad (Perales, 2006). La representación gráfica ha sido fundamental en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Desde la Didáctica de las Ciencias se ha abordado el tema de la ilustración científica poniendo en consideración la relación entre dibujar – observar, dibujar – recordar, dibujar – comunicar y dibujar – modelizar (Márquez, 2002. Citado por Grilli, Lexague, Barboza, 2015)

Las representaciones gráficas han estado presente a lo largo de la historia, hay registros de pinturas rupestres del Paleolítico y Neolítico donde los humanos ancestrales representaron animales. Las imágenes del antiguo Egipto que muestran ceremonias de la vida diaria, los dibujos de anatomía humana realizados por Leonardo da Vinci, los aportes de Robert Hoke aplicados a la biología y la obra de Henry Gray en su libro *Anatomía de Gray* (ob. cit) evidencian la relevancia de las ilustraciones para la comprensión de las ciencias.

El dibujo en ciencias debe reflejar fielmente la realidad. Perales indica que una imagen supone (a) una representación de la estructura, (b) un modelo mental, (c) una representación proposicional, (d) un nivel comunicativo, (e) una representación general.

Lo expuesto podría resultar limitante debido a que la elaboración de un dibujo con alta iconicidad requiere de destrezas que no necesariamente están desarrolladas en todos los sujetos. A ello Grilli y colaboradores (2015) argumentan que merece atención la dificultad de las actividades teórico prácticas de observación en el laboratorio, pues los estudiantes no dibujan lo que ven sino probablemente lo que recuerdan. Por lo que se sugiere el empleo de otras técnicas disponibles, como es la fotografía.

Con el auge de los teléfonos celulares inteligentes (*Smartphone*), el fácil acceso que se tiene a ellos, y la posibilidad de sus aplicaciones, como es la fotografía, la incorporación de las TIC'S al trabajo de aula es casi una obligación (Grilli y col., 2015).

Vale destacar que la descripción de muchos procesos biológicos se ha realizado a través de micrografías tomadas con sofisticados microscopios electrónicos ya que revelan detalles estructurales íntimos que posibilitan la comprensión del funcionamiento de órganos, tejidos, células e incluso del material genético, por lo cual se ha constituido en una herramienta fundamental en laboratorios de investigación especializados; adicionalmente, el avance hacia la digitalización de imágenes microscópicas es evidente con el desarrollo de microscopios que disponen de cámaras digitales.

La interpretación de micrografías ha generado múltiples modelos didácticos (representaciones pictóricas y esquemas) que se utilizan en los libros de texto de enseñanza de la disciplina, por lo cual el "modelo" ha cumplido la función de "reemplazar" al objeto real, lo que podría en muchos casos llevar a confusiones en el estudiantado y que es una situación a la que los docentes deben estar atentos.

La justificación de esta investigación radica tanto en la búsqueda de estrategias óptimas en la didáctica de la Genética como en la necesidad de una revisión curricular permanente tal como lo establecen los principios del currículo trazados en el Documento Base del Currículo de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2011) en el que se plantea la *innovación* “entendida como la posibilidad de generar cambios durante los procesos de diseño, planificación, desarrollo, administración y evaluación curricular, basados en la investigación, para mantener el currículo actualizado de acuerdo con las necesidades de los empleadores y las comunidades”.

Mitosis: un ejemplo de proceso genético

La mitosis es un proceso importante para la comprensión de los procesos celulares inherentes a la genética de los organismos eucariotas. El ciclo celular (CC) es el conjunto de eventos que van desde el nacimiento, crecimiento y división de una célula; es decir, la proliferación celular propiamente dicha. La importancia de este proceso radica en la regeneración constante de células para mantener las funciones biológicas adecuadas del organismo frente a las condiciones que le impone el ambiente. La mitosis asegura la formación de las células somáticas en los organismos necesaria para el mantenimiento de tejidos y reposición de células muertas (Quezada, 2007).

El ciclo celular mitótico puede dividirse en cuatro fases: G1, S, G2 y M. La fase G1 es un período de intensa actividad bioquímica donde la célula incrementa el material enzimático, sus organelos se replican; en consecuencia, la célula aumenta en tamaño. Las células en G1 pueden detener su progresión en el ciclo y entrar en un estado de reposo, llamado Go (G cero), donde permanece antes de volver a proliferar y en ocasiones nunca más dividirse (Lomanto, Ortiz, Bretón, Gómez, Mesa, 2003).

La síntesis de ADN ocurre en la fase S y su consecuencia es la formación de la cromátida hermana, ambas cromátidas se mantienen unidas por acción de las moléculas de cohesina (Watson, Baker, Bell, Grann y Losick, 2006).

Durante la fase G2 ocurre la preparación de la célula para la mitosis; se chequea a través de puntos de control que exista la maquinaria para la división de la célula progenitora en dos células hijas idénticas en contenido, aunque de menor tamaño. Detalles de la mitosis varían de unos organismos a otros; sin embargo está dividida convencionalmente en cuatro etapas: profase, metafase, anafase, telofase, las cuales son movimientos consecutivos que logran repartir equitativamente el material genético.

En la profase se inicia la condensación del ADN, gracias a la actuación de las proteínas histónicas, se fragmenta la membrana nuclear por efecto de la fosforilación, se ensamblan los microtúbulos que darán origen posteriormente al huso mitótico. Al hacer observaciones citogenéticas de una célula en profase se puede evidenciar la organización del material genético desde la fase temprana a la tardía.

En la metafase el cinetocoro de cada cromosoma se adhiere al huso mitótico al cual se le va añadiendo tubulina permitiendo el desplazamiento de los cromosomas al plano ecuatorial. Las observaciones citogenéticas de una célula en esta fase permiten apreciar cromosomas con formas que pueden ser típicas en cada especie (por ejemplo, metacéntrico, submetacéntrico, telocéntrico y acrocéntrico).

En la anafase ocurre la separación de los cromosomas de su cromátida hermana, debido a la destrucción proteolítica de las moléculas de cohesina que habían mantenido unidas a las cromátidas hermanas; los husos mitóticos pierden unidades de tubulina por lo que se acortan y ejercen tracción sobre los cromosomas desplazándolos hasta los polos de la célula y el material genético comienza a descompactarse.

Posteriormente se da la telofase, aquí los cromosomas se descompactan y migran hacia los polos de la célula y alrededor de ellos se reconstruye la membrana nuclear. Justo en el lugar donde se formó el plano ecuatorial la célula va a dividirse, en células vegetales el aparato de Golgi promueve la formación de vesículas, estructurando el tabique que separará las

dos células; en células animales la actina y la miosina por su actividad contráctil permiten la repartición del citoplasma y la separación de las dos células. A este último paso se le denomina citoquinesis. Las fases de la mitosis pueden apreciarse fácilmente en preparaciones citogenéticas en células de determinados organismos.

MÉTODO

Investigación proyectiva, cuyo objetivo fue diseñar o crear propuestas dirigidas a resolver determinadas situaciones a través de un proceso de indagación (Hurtado, 2012). Está enmarcada en un proyecto factible y comprendió las etapas de diagnóstico, fundamentación teórica de la propuesta, procedimiento metodológico, recursos, análisis y conclusiones (Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales, 2006).

Procedimiento

- Diagnóstico: (a) Revisión del contenido programático de la asignatura en estudio para conocer el alcance o profundidad del tópico división celular: mitosis así como las debilidades y fortalezas en los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, (b) Registro de dificultades conceptuales, procedimentales y actitudinales encontradas en las producciones de los estudiantes, (c) revisión de producciones escritas (pruebas y hojas de observaciones de laboratorio) de períodos académicos de 2012-I al 2015-II archivados en la Cátedra de Genética y Evolución.
- Revisión documental en cinco grandes aspectos: deficiencias en la enseñanza de genética, didáctica de enseñanza de las ciencias, modelos y modelización, dibujo y fotografía en ciencias y mitosis.
- Formulación de la propuesta didáctica modernizada
- Evaluación de la propuesta.

RESULTADOS

Revisión del Programa Didáctico de la asignatura

La revisión del Programa Didáctico de la asignatura Genética General indicó que este curso, de naturaleza teórico-práctico, consta de tres tipos de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales). La sección práctica correspondiente a mitosis mostró desequilibrios en estos tipos de contenidos, mostrando énfasis en el montaje citogenético con algunos aspectos sobre en la valoración del proceso mitótico; no evidenciando aspectos sobre el aprendizaje grupal y colaborativo.

Aunque el objetivo programático establecía que se debe: “Analizar la mitosis y la meiosis como procesos de división que sufren las células eucariotas y establecer su importancia en la reproducción” los contenidos sobre el hecho reproductivo aluden sólo a la meiosis como proceso formador de gametos y no a la mitosis como proceso de reproducción de células somáticas durante el desarrollo embrionario y al crecimiento o la regeneración de tejidos en los organismos eucariotas. También, se evidenció que no están incluidos aspectos fundamentales de la genética contemporánea en cuanto a mitosis como: cáncer y la tecnología aplicada en el desarrollo de técnicas como la clonación, células madre y cultivo de tejidos.

Registro de dificultades conceptuales, procedimentales y actitudinales encontradas en las producciones a partir de la práctica de laboratorio

Se realizó una revisión exhaustiva de instrumentos de evaluación y se elaboró un registro de las expresiones que implican las dificultades conceptuales, procedimentales y actitudinales más frecuentes relacionadas con la práctica de mitosis (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de dificultades en los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en las prácticas de mitosis.

CONTENIDOS	DIFICULTADES
Conceptuales	(a) "las células para sintetizar proteínas duplican el material genético", (b) "en la mitosis se duplica el material genético de la célula", (c) "en la metafase los cromosomas están en el centro de la célula", (d) "en la anafase los cromosomas parecen una v", (e) "en la telofase observamos la desaparición del huso acromático", (f) "cada fase termina y comienza otra", (g) "en cualquier célula se pueden ver sus cromosomas", (h) "la membrana celular desaparece y aparece".
Procedimentales	(a) En las representaciones pictóricas sólo identifican cromosomas metacéntricos, (b) "el acetocarmín tiñe la mitosis", (c) "se usan raíces de cebolla porque son blandas", (d) las ilustraciones responden a los modelos presentados en la literatura y no a lo observado en las preparaciones citogenéticas, se ilustran estructuras que permiten el proceso más no son apreciables en el montaje tales como: huso acromático, centriolos, membrana nuclear, centrómero, (e) fallas en la selección de campos microscópicos. Dibujos poco representativos.
Actitudinales	(a) No se reconoce la importancia de la mitosis para comprender el desarrollo del cáncer, (b) escasa valoración al resultado de la práctica de laboratorio, desechando el material posterior a su ejecución.

Revisión de producciones escritas

Adicionalmente, en la revisión de las pruebas escritas de los estudiantes se observó que al plantear una célula con carga diploide con diversos tipos de cromosomas para desarrollar el proceso de la mitosis ilustrándolo y explicándolo, se apreció dificultad para asociar lo planteado con las fases G1, S y G2 que implican la preparación de la célula para la mitosis. Con relación a las explicaciones se apreció que existía poca relación entre lo ilustrado y lo explicado, lo que denota debilidades en la comprensión del proceso. Esto concuerda con lo expuesto por Barreros, (2011) quien indicó en la enseñanza de la genética se evidencian conflictos a nivel

general, puesto que es difícil para los estudiantes apropiarse y comprender determinados conceptos y procesos biológicos.

El registro de dificultades permitió reflexionar sobre las deficiencias en los conocimientos previos de los estudiantes en aspectos relacionados con el ciclo celular, los procesos de síntesis protéica y duplicación del material genético. La mitosis no es concebida por los estudiantes como un proceso continuo sino como fases separadas y finalmente, parece no estar clara la razón por la cual se utilizan tejidos en crecimiento, (es decir, aquellos donde están ocurriendo procesos mitóticos en un gran número de células), como modelo para evidenciar el proceso.

En lo que respecta a los modelos, los estudiantes de Genética General están familiarizados con el término en el campo de las ciencias, coincidiendo en sus opiniones con lo propuesto por Ingham y Gilbert (1991), quienes sostienen que un modelo es una representación simplificada de un sistema que concentra la atención en un aspecto específico, sin embargo no asocian sus producciones en la práctica de mitosis con el proceso de modelización, por lo que es necesario dedicar un espacio para discutir la importancia de los modelos y la modelización en las ciencias.

El análisis de la indagación diagnóstica evidenció que la ejecución de la práctica de laboratorio de mitosis tradicional desaprovechaba la potencialidad de las observaciones citogenéticas. Desde una perspectiva crítica se consideró que el obstáculo pedagógico no está en la aplicación del procedimiento técnico seguido en la práctica para el montaje citogenético (método estandarizado) sino en la concepción didáctica de la práctica de laboratorio. Esta idea permitió reflexionar en que las prácticas en los laboratorios de enseñanza no pueden ser una mera repetición de procedimientos habitualmente realizados en laboratorios de investigación ya que no tienen la misma finalidad; con la primera se busca facilitar la comprensión de conceptos de una determinada ciencia, mientras que la segunda plantea explorar o indagar algún aspecto desconocido por la ciencia, estos son dos escenarios cognitivos distintos.

Propuesta: de la fotografía digital a un modelo de mitosis

La propuesta generada se fundamentó los siguientes principios curriculares:

- La *pertinencia*, apoyada en la necesidad de optimizar el hecho pedagógico. Históricamente los resultados de la interpretación y la representación gráfica de las observaciones microscópicas de las fases mitóticas en las prácticas de Genética han representado una dificultad en los participantes de los cursos.
- La *innovación*, es el aspecto curricular que motorizó esta investigación y de mayor peso en la propuesta, puesto que en ella se incorporó un recurso tecnológico que en la sociedad actual es de uso cotidiano como es el teléfono celular, el cual mostró múltiples ventajas y aplicaciones en asociación con el software apropiado.
- La *calidad*, entendida como una meta de la labor docente que permanentemente debe propugnar por una adaptación del currículo con la finalidad de que los estudiantes aprendan a aprender y de esta manera desarrollen competencias cognitivas, actitudes personales y valores sociales que generen un compromiso con la formación continua.
- La *relevancia*, que pone de manifiesto la acción pedagógica como una práctica de la excelencia centrada en la formación de la persona para dar respuesta a necesidades educativas y a la investigación como acción humanizadora. En este sentido, la propuesta se enmarcó en la búsqueda de alternativas didácticas que coadyuven a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Genética, tomando el aula como generadora de nuevas ideas.

Consideraciones para la planificación de la práctica

La propuesta se diseñó considerando los aspectos seleccionados por Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) para la planificación de una práctica de laboratorio y otros propuestos por los investigadores; estos autores concibieron las prácticas como generadoras de los modelos teóricos que vertebran la ciencia escolar, por ello valoraron que deben ser planificadas con mucha atención y de manera estratégica. A continuación se detallan dichas consideraciones pedagógicas:

- La *actividad cognitiva* que se desea desarrollar corresponde a la aplicación de conceptos a una nueva experiencia en el laboratorio.

Aplicación de contenidos sobre modelos a la práctica de mitosis.

- La *actividad lingüística* vinculada con la actividad cognitiva, es decir, el tema del que hablarán y se comunicarán los estudiantes; en este caso el proceso de modelización, qué son modelos, mitosis como proceso de reproducción celular y todos los conceptos, características, avances tecnológicos relacionados.
- Las *actitudes y valores* promocionados con la práctica tienen que ver con apertura hacia la innovación en la praxis docente con la incorporación constante de los avances tecnológicos, la calidad como norte en el aprendizaje y en el ejercicio de la profesión.
- Las *competencias científicas* que guían la práctica son un conjunto de habilidades cognitivas, sociales y afectivas que permitan un desempeño adecuado de las actividades y que puedan ser trasladadas a su vida diaria. Entre las competencias más importantes destacan la observación, el registro, análisis de datos, la sistematización de información y métodos, la disciplina.
- Los *instrumentos de regulación y autoevaluación* de los aprendizajes que se introduzcan o utilicen durante el desarrollo de la práctica.

PRÁCTICA: DE LA FOTOGRAFÍA DIGITAL A UN MODELO DE MITOSIS

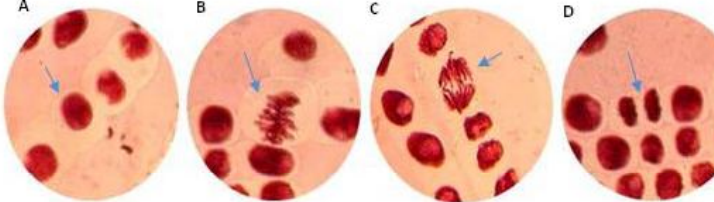
COMPETENCIAS DE LA ESTRATEGIA	Facilitar la comprensión del proceso mitótico mediante un modelo de mitosis diseñado a partir de fotografías digitales tomadas de montajes citogenéticos de células de <i>Allium cepa</i> en mitosis. Construir un banco de imágenes propio que permita al futuro docente disponer de recursos didácticos.
MOMENTOS PEDAGÓGICOS	Descripción
Conceptual	Actividad cognitiva y competencias científicas: Lectura y discusión dirigida sobre el proceso de modelización en ciencias, tipos de modelo e importancia en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Lectura y discusión dirigida sobre mitosis, crecimiento y reparación de tejidos, cáncer y tecnologías referentes a clonación, células madre y cultivo de tejidos.
Procedimental	Competencias científicas: Realizar montaje citogenético de células de cebolla (<i>Allium cepa</i>) siguiendo el método descrito por Carrera y Guilarte, 1995. Identificar los mejores campos microscópicos y registrar en una tabla de datos las coordenadas en las que se encuentra las fases seleccionadas. Fotografiar los mejores campos microscópicos (cámara digital).
	
	Montajes citogenéticos que muestran fases de la mitosis: (A) Profase, (B) Metafase, (C) Anafase, (D) Telofase
	<i>Actividad cognitiva, lingüística, competencias científicas</i> Elaborar un modelo del proceso de mitosis. Podrá realizarse en PowerPoint o Movie Maker o cualquier otro programa de edición, con el fin de mostrar que el proceso es dinámico, éste debe considerar: secuencia fotográfica incluyendo todas las fases mitóticas con los momentos tempranos y tardíos para evidenciar la continuidad del proceso, descripción de las estructuras, cambios celulares ocurridos en el proceso y sustentar.
Actitudinal	Identificar y reservar las mejores láminas como respaldo para ser usada por cualquiera de los grupos de trabajo. Compartir las imágenes por cualquier medio tecnológico disponible entre los grupos de trabajo. <i>Instrumentos de regulación y autoevaluación</i> Discutir los modelos generados y plantear uno con el consenso del grupo.

Figura 1. Extracto de la práctica “De la fotografía digital a un modelo de mitosis”.

Análisis de la evaluación de la propuesta

La propuesta fue evaluada preliminarmente mediante la aplicación de un modelo de encuesta de Camero y Ochoa (2006). La encuesta estuvo constituida por planteamientos para los momentos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la práctica, presentando la escala: totalmente en desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, de acuerdo y totalmente de acuerdo.

En la evaluación participaron voluntariamente estudiantes de los semestres 2016-I y 2016-II de Genética General, de cuyas respuestas se estimaron los porcentajes de aprobación sobre la estructura de la práctica propuesta mostrados en el gráfico 1.

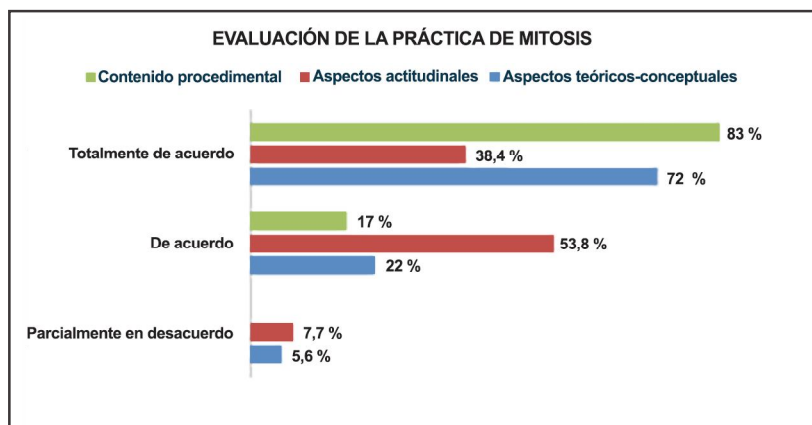


Gráfico 1. Porcentaje de respuestas valorativas en la evaluación de la propuesta de la Práctica: De la fotografía digital a un modelo de mitosis.

Los momentos pedagógicos relacionados con los contenidos conceptuales donde se planteó incorporar a la práctica (a) lectura y discusión dirigida acerca de los aspectos teóricos del proceso de modelización, conceptos, tipos e importancia en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, (b) desarrollo del contenido y competencias sobre el proceso de la mitosis, (c) discusión que permita comparar las descripciones teóricas con los montajes citogenéticos, reportó un 72% en totalmente de acuerdo

y 22% en el criterio de acuerdo, lo cual arrojó una valoración altamente positiva para la propuesta.

Para evaluar el contenido procedimental se consideraron dos planteamientos (a) montaje citogenético de células de cebolla *Allium cepa* siguiendo el método descrito en la Guía de Laboratorio de Genética General y (b) Elaborar un modelo del proceso de mitosis a partir de las fotografías tomadas y seleccionadas en la práctica, empleando un programa como *Power Point* o *Movie Maker* o cualquier otro programa de edición, con el fin de mostrar que el proceso es dinámico, reflejó un 83,33% en totalmente de acuerdo con este aspecto de la propuesta.

Con relación al momento actitudinal se consideraron dos planteamientos (a) identificar y reservar las mejores láminas como respaldo para ser usada por cualquiera de los grupos de trabajo y (b) compartir las imágenes por cualquier medio tecnológico disponible en el grupo, los cuales reflejaron un 53,8% el criterio de acuerdo, lo cual indicó que aproximadamente la mitad del grupo evaluador considera la inclusión los aspectos actitudinales en la propuesta.

Las opiniones valorativas refirieron argumentos como los siguientes: “que la práctica permite obtener registros permanentes sobre el proceso de división”, “vivenciar y observar cada una de las fases”, “desarrolla el contenido adaptándose a nuevas tecnologías”, “es diferente”, “es innovadora, dinámica y creativa”.

Innovación técnica y aplicación de la fotografía digital

Durante la ejecución de la práctica y su evaluación surgió una innovación técnica que resultó ser muy importante para la investigación y ajuste de la propuesta, por parte del estudiante de biología José Lubo, quién diseñó y tecnicó la base para ajustar los teléfonos celulares, elaborada mediante materiales reutilizados como forros y o tapas de celulares y un dispositivo de fijación (abrazadera graduable o tubo de goma). Este dispositivo permitió fotografiar a través de los oculares de las lupas y

los microscopios (ver figura 2), como si se tratara de lupa o microscopio digitales, consiguiendo una alta calidad en las fotografías.

Con este ajuste técnico los participantes obtuvieron mayor número de imágenes nítidas y de excelente resolución. De esta manera, no tienen que dibujar las fases mitóticas, sino que las identifican más fácilmente, ya que el dispositivo celular permite ampliar en pantalla cualquier fase o estructura de interés para describir mejor los detalles y tomar mejores fotografías. Éstas pueden ser ajustadas en cualquier programa de edición de imagen y ensamblar la secuencia que constituirá el modelo de mitosis.

La aplicación de la fotografía digital mediante celulares puede ser utilizada en otras prácticas de morfología externa e interna de diferentes organismos, observación y descripción de células, cromosomas y otras estructuras; además de otras aplicaciones adaptadas creativamente por docentes y estudiantes. Desde el punto de vista pedagógico también se incorporó el hecho de que la práctica no termina en el laboratorio sino que el estudiante puede proseguir el análisis de las fases mitóticas en otros momentos de estudio.

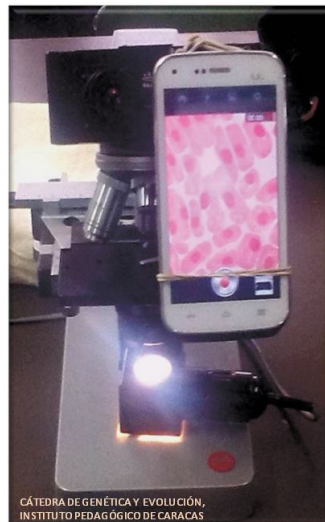


Figura 2. Base de ajuste para teléfonos celulares que permite acoplar la cámara digital a uno de los oculares de lupas estereoscópicas o microscopios ópticos.

CONCLUSIONES

La formulación de prácticas innovadoras en el laboratorio de genética tomando como prototipo la mitosis permitió desarrollar una estrategia pedagógica innovadora, que incorporó aspectos conceptuales referentes a modelización y recursos tecnológicos de uso cotidiano (teléfono celular), el cual mostró múltiples ventajas y aplicaciones en asociación con el *software* apropiado.

La realización de la investigación permitió una reflexión docente referente a que al trabajar con modelos como recursos didácticos, debería mediar una explicación previa sobre qué es un *modelo*, qué es el proceso de *modelización*, cómo se *generan* y *usan* los modelos en la investigación científica y finalmente, cómo *usamos* los modelos para aprender y para enseñar, por lo que los modelos ilustrados en los libros son tomados como el proceso real por los estudiantes. En la praxis docente podría no haber conciencia efectiva de que durante el proceso de enseñanza puede ocurrir una “sustitución” de un proceso real por un modelo.

El aprendizaje en esta propuesta involucra el desarrollo de diferentes competencias relacionadas con tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales que en su conjunto forman un cuerpo cohesionado de conocimientos y no deben enseñarse por separado.

En consideración con los resultados de la evaluación preliminar de la práctica propuesta se encontró que un alto porcentaje de los evaluadores indicaron estar de acuerdo con la inclusión de los contenidos conceptuales, específicamente de los aspectos teóricos de la modelización y su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el desarrollo de las competencias en el proceso mitótico y discusión de las descripciones hechas a partir del montaje citogenético, lo que refleja la relevancia y pertinencia del momento pedagógico propuesto.

La evaluación del momento procedimental reportó un porcentaje muy elevado para el criterio totalmente de acuerdo, lo que permite establecer

que el método descrito en la Guía de Laboratorio de Genética General y la elaboración del modelo a partir de las fotografías tomadas al montaje citogenético es aceptado, permitiendo la incorporación de nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias.

El momento actitudinal reportó un porcentaje bajo en la evaluación, ya que sólo la mitad de los evaluadores consideraron estar de acuerdo en preservar las láminas para que sean usadas por cualquier grupo de trabajo y compartir las imágenes lo que podría indicar una valoración menor a la esperada hacia aprendizaje colaborativo, cuestión que amerita una acción de guía docente constante. En cuanto a la opinión valorativa se encontró que la práctica es considerada como innovadora y que se adapta a nuevas tecnologías.

El éxito de la propuesta dependerá de la ejecución consensuada de las actividades de cada momento pedagógico, evitando desequilibrios entre los distintos momentos de la práctica. Realizando una orientación constante para que se logre la generación del modelo deseado y se discutan los resultados.

Recomendaciones

Incorporación de la propuesta al programa didáctico de Genética y Tópicos de Biotecnología en el nuevo diseño curricular de la UPEL.

Agradecimiento

A todos los estudiantes de Genética General que participaron voluntariamente en la evaluación de la propuesta.

REFERENCIAS

Adúriz-, A. y Izquierdo, M. (2009). *Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales*. Revista electrónica de investigación en educación en ciencias: [Revista en línea]. Disponible: <https://goo.gl/FLEMFv> [Consulta: 2016, Diciembre 12]

- Barreros, F. (2011). *Cruces genéticos Monohíbridos y Dihíbridos. Una herramienta para establecer ideas previas y propiciar aprendizajes significativos en los estudiantes de octavo grado de la institución educativa Santa Rosa de Lima del Municipio Suárez de Tolima.* [Versión completa en línea] Trabajo de maestría publicado Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: [www:// http.enseñanzadelagenética](http://www://http.enseñanzadelagenética) [Consulta: 2014, Enero 23]
- Bugallo, A. (1995). *La didáctica de la genética: revisión bibliográfica.* *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas.* [Revista en línea], 13(3). Disponible: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426> [Consulta: 2016, Enero 04]
- Camero, R. y Ochoa de Toledo, M. (2006). *Resultados preliminares de la aplicación simulación-juego (modificada): Sintetiza la proteína.* *Revista de Investigación* (59): 165-188
- Carrera, Z. y Guilarte, I. (1995) *Guía de Laboratorio de Genética General.* Trabajo no publicado. Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas
- Chamizo, J. (2009). *Una tipología de los modelos para la enseñanza de la ciencia.* *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de la Ciencia.* [Revista en línea], 7(1). Disponible: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92013011003.pdf> [Consulta: 2016, Marzo 04]
- Felipe, A., Gallatera, S. y Merino, G. (2005). *La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo.* *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* [Revista en línea], 4(3). Disponible: <https://www.academia.edu/15518455/> [Consulta: 2016, Mayo 13]
- Grilli, J., Lexague, M. y Barboza, L. (2015). *Dibujo, Fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen.* *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de la ciencia* [Revista en línea], 2015(12). Disponible: <http://www.redalyc.org/> [Consulta: 2016, Abril 12]
- Hurtado, J. (2012). *El Proyecto de Investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación* (7a. Ed.). Caracas: Ediciones Quirón.
- Ingham, A. y Gilbert, J. (1991). *The use of analogal models by students of chemistry at higher educations level.* *International Journal of Science Education.* [Revista en línea], 13(2). Disponible: <https://issuu.com/csiresearch/docs/journal> [consulta 2014, Mayo 13]

- Iñiguez, J. (2005). *La enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. [Versión completa en línea]. Tesis doctoral publicada Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31760/01.FJIP> [Consulta: 2016, Enero 23]
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). *Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales*. Departament de Didáctica de les Ciències i de les Matemàtiques. Universitat Autònoma de Barcelona. Enseñanza de las Ciencias [Revista en línea], 17(1). Disponible: <https://goo.gl/QSS9KU> [Consulta: 2016, Junio 19]
- Lomanto, L; Ortiz, O; Bretón C; Gómez, A. y Mesa, V. (2003). *El ciclo celular* [Revista en línea en línea], 6(16) Disponible: <http://revistas.unab.edu.co/> [Consulta 2016: Noviembre15]
- Lombardi, O. (1998). *La noción de modelo en ciencias. Educación en Ciencias*. [Revista en línea], 2(4). Disponible: <http://isfdmacia.zonalibre.org/> [Consulta: 2016, Agosto 5]
- Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctoral. (2006). (4a.ed). Caracas: FEDUPEL.
- Perales, J. (2006). *Uso y abuso de la imagen en la enseñanza de la ciencia. Departamento de Didáctica de las Ciencias*. [Documento en línea]. Disponible: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/18720/1/ImagenEC.pdf> [Consulta: 2016, Octubre 12]
- Quezada, R. (2007). *El ciclo celular, sus alteraciones en el cáncer y como es regulado en células troncales embrionarias*. [Documento en línea]. Disponible <http://documents.mx/documents/el-ciclo-celular-sus-alteraciones-en-elcancer.html> [Consulta 2016, Septiembre, 10]
- Smith, M. (1998). *Successful and unsuccessful problem solving in classical Genetic Pedigrees*. Journal of Research in Science Teaching. 25(6) [Documento en línea]. Disponible: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31760/01.FJIP_1de4.pdf?sequence=1 [Consulta 2016, Septiembre, 10]
- UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR. (2011). Documento Base del Currículo de la UPEL. Caracas: Autor
- Watson, J; Baker, T; Bell, S; Grann, A; Losick, R. (2006). *Biología Molecular del Gen*, (5a. ed.).Madrid, España. Editorial Médica Panamericana