

## **Análisis de los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la biología reproductiva en vegetales desde prácticas educativas basadas en evidencias**

### **Analysis of Epistemological Obstacles in Learning Vegetal Reproductive Biology from Evidence-Based Educational Practices**

*Diego Suárez Vespa<sup>1</sup>, Julieta Revetria<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Consejo de Formación en Educación, Departamento Académico Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto de Profesores Artigas, Profesorado Semipresencial.*

*<sup>1</sup>dsuarez@semipresencial.edu.uy; <sup>2</sup>jrevetria@semipresencial.edu.uy*

*Recibido 18/06/2022 – Aceptado 26/10/2022*

#### **Para citar este artículo:**

Suárez Vespa, D. y Revetria, J. (2023). Análisis de los obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de la biología reproductiva en vegetales desde prácticas educativas basadas en evidencias. *Revista de Educación en Biología*, 26 (1), 50-67.

## **Resumen**

El siguiente trabajo basa su análisis y descripción en las evidencias obtenidas de un estudio en el que se recogieron las concepciones relativas a los ciclos biológicos de los vegetales, de estudiantes que cursaban la carrera de profesorado en Ciencias Biológicas de Uruguay. Se diseñó y aplicó un instrumento para la colecta de datos a fin de analizar la incidencia de las preconcepciones en la comprensión de los ciclos reproductivos y reconocer aquellas correlaciones causales. A nivel exploratorio, encontramos un "analfabetismo botánico", cuya raíz epistémica identifica supuestos que provienen de la zoología o la biología humana, Estos constituyen un obstáculo para comprender la biología reproductiva desde una perspectiva compleja.

**Palabras clave:** Botánica; Enseñanza de las ciencias; Prácticas educativas; Evidencias; Ciclos reproductivos

## **Abstract**

The following work bases its analysis and description on the evidence obtained from a study, in which the conceptions related to the biological cycles of plants were collected from students of Biological Sciences in Uruguay. A data collection instrument was designed and applied to analyze the incidence of preconceptions in the understanding of reproductive cycles and to recognize causal correlations. At an exploratory level, "botanical illiteracy" was found, whose epistemic root identifies assumptions from zoology or human biology, which constitute an obstacle to understanding reproductive biology from a complex perspective.

**Keywords:** Botany; Science Teaching; Educational Practices; Evidence; Life Cycle

## Introducción

En el ámbito educativo, durante la formación del profesorado en ciencias biológicas, consideramos necesario el desarrollo de prácticas de enseñanza adaptadas al contexto. A partir de las que los y las estudiantes logren evidenciar las dificultades presentadas para la comprensión de los procesos biológicos.

La utilización de la evidencia en la actividad docente se vincula directamente con el concepto de Biesta (2010), observamos la importancia de basar nuestras prácticas dentro de este paradigma, como estrategia de mejora para la formación de las siguientes generaciones de profesores. Este autor presenta un análisis de las prácticas educativas desde tres dominios: epistemológico, ontológico y práctico. En el primero, las evidencias permiten reconocer los déficits de conocimiento; en el segundo, de efectividad de las prácticas de enseñanza y en el último, de su aplicación.

Asumimos, entonces, la necesidad de construir, con base en la experiencia profesional, un lugar de discusión de las dinámicas de trabajo. Con el objetivo de mejorar los aprendizajes, desde un enfoque de prácticas educativas basadas en evidencias (PBE) (Gairín et al., 2021). Estimula una docencia que sustente sus acciones en procesos de búsqueda continua, donde se integre la reflexión y el análisis de experiencias para generar conocimiento. Tal saber no es una representación de un mundo estático, porque nos involucramos en la producción de este.

## Marco teórico

Autores como Uno (2009) reconocen el: "analfabetismo botánico" presente en los estudiantes que llegan a carreras terciarias de ciencias biológicas. Ursi et al. (2018) plantean que los procesos de enseñanza y aprendizaje, referidos a la Botánica, en educación básica están lejos de ser significativos y transformadores. Por otra parte, los autores como Wandersee y Schussler (1998), en el área de la enseñanza de las ciencias, introducen el término: ceguera botánica para referirse a la falta de atención y presencia que las plantas tienen en los cursos de biología. Por esto, resaltamos algunas expresiones comunicadas por los y las estudiantes al momento de alcanzar su tercer año de la carrera, donde evidenciamos desinterés, baja motivación y prejuicios respecto a los aportes generados en los cursos de Botánica. Prefiere, el alumnado, mantenerse en su área de confort y tiende a estructurar su pensamiento desde una óptica zoológica.

A modo de ejemplo: observamos que los modelos empleados para la enseñanza de las ciencias naturales y teorías que se imparten tienen como referentes a los animales. En el libro: *El origen de las especies de Charles Darwin* (1885), el autor nombra, un sinnúmero de veces, a las plantas; sin embargo, no es común verlas reflejadas en las prácticas de enseñanza. Por ejemplo, al preguntar a estudiantes sobre la teoría darwiniana encontramos que la relacionan con vocablos como: "pinzón, tortuga", "jirafa", incluso "mono; no así con: "orquídea, trigo o durazno". Así, como referimos a la teoría darwiniana, existen distintas situaciones en las que las plantas prácticamente no tienen lugar en el salón de clases. A entender de Hershey (1996), los motivos por los que el estudiantado, prácticamente,

no tiene curiosidad por el mundo vegetal. Aquellos refieren al poco interés de las y los docentes que imparten los cursos de Biología por la Botánica.

Coincidimos con Hershey (1996) en que la relación entre cursos con pocas actividades prácticas y la falta de entusiasmo para comunicar los fascinantes procesos que ocurren en los vegetales, generan poco impacto en los aprendizajes de los y las estudiantes. También autores como Souza et al. (2017) destacan que la dificultad en la asimilación de contenidos sobre temas botánicos radica en la falta de clases prácticas y selección de materiales adecuados. Uno (2009) vincula las experiencias con vegetales en el transcurso de la educación secundaria como un factor clave en los procesos de aprendizaje. Hofstein y Lunetta (2004) reafirman que las actividades prácticas de laboratorio mejoran las actitudes del estudiantado y el interés por la ciencia. Si tomamos los preceptos de la psicología cognitiva y específicamente la pedagogía imaginativa de Egan y Judson (2018) sabemos que el impacto en los aprendizajes va de la mano y trasciende cuando la motivación intrínseca por aprender se da desde contextos donde los contenidos se muestran desde su valor "heroico". Inferimos que la falta de modificación en las prácticas de enseñanza acentúa el desinterés por la biología vegetal y consolida la ceguera botánica y el analfabetismo botánico, anteriormente mencionados.

Cuando hablamos de las prácticas educativas basadas en evidencias (PBE) (Gairín et al., 2021) es importante establecer cuáles son las relaciones con la reproducción de modelos de enseñanza y los obstáculos presentes para construir conocimientos que generan procesos de cambio.

Retornamos sobre los obstáculos, uno de los frecuentes refiere al uso de un lenguaje demasiado técnico por parte de los y las docentes que imparten los cursos (Rickinson, 2003). Otro de estos es la falta de formación específica del profesorado que instruye a formadores, lo que incide en poder interpretar y adaptar el conocimiento científico en la práctica (Gairín et al., 2021).

Perkins (2010) es un referente de la enseñanza para la comprensión y propone un modelo de aprendizaje basado en la psicología cognitiva, establece principios que considera debe poner en práctica el docente de aula para lograr en sus estudiantes experiencias significativas y lo denomina: *aprendizaje pleno*. En dicho proceso se asimila la información y se va construyendo nuevas representaciones mentales que pueden aplicarse en diversos contextos. Esto implica que estos conocimientos son producto del razonamiento y de la experimentación del estudiantado, facilitado por la motivación y la interacción entre el docente y el alumnado (Revetria et al., 2022). Para lograrlo es necesario analizar el aprendizaje desde propuestas de trabajo que fortalezcan *un juego completo*", lo relevante, no solo se deduce desde el análisis de su lenguaje metafórico sino en reconocer, de acuerdo a Perkins (2010), la importancia de trabajar desde un paradigma de la complejidad, donde las concepciones de reproducción en los seres vivos se incluyan desde todas las disciplinas que favorecen su comprensión.

En este sentido, no nos sorprende que cuando los y las estudiantes de profesorado se enfrentan a una asignatura como Botánica, intentan usar esquemas mentales cercanos,

construidos en torno a los animales para explicar lo que pasa con los vegetales, lo que posibilita la aparición de conflictos cognitivos. Desde esta perspectiva, es importante detectar cuándo ocurren estos procesos para poder diseñar intervenciones didácticas que sean superadoras del conflicto y ayudan a una estructuración satisfactoria de los conceptos para conducir y lograr significatividad. La enseñanza de la botánica permite ampliar y reorganizar la visión que tienen las y los estudiantes de ciencias biológicas sobre la vida.

## **Metodología**

Elaboramos una propuesta de trabajo para llevar a cabo en el profesorado de Ciencias Biológicas de Uruguay de carácter terciario no universitario, de la modalidad presencial y semipresencial que abarca los siguientes momentos:

a) Diseño de un instrumento para la recolección de datos sobre preconcepciones de biología reproductiva, aplicado de forma aleatoria a estudiantes de primero y segundo año del profesorado que no habían cursado botánica.

b) Aplicación de actividades basadas en resolución de problemas a estudiantes que cursaban la asignatura Botánica del tercer año del profesorado, en dos instancias.

c) Procesamiento y análisis de datos.

## **Instrumento de relevamiento de preconcepciones sobre biología reproductiva en seres vivos**

Para esta fase utilizamos la herramienta de Google Forms® y confeccionamos un cuestionario que fue aplicado a estudiantes del primer y segundo año de la carrera de profesorado en Ciencias Biológicas de Uruguay del Instituto de Profesores Artigas (presencial) y además en aquellos de la modalidad del profesorado Semipresencial, quienes no habían cursado aún asignaturas de la Sección formativa en Biodiversidad (Biología Evolutiva, Botánica, Ecología, Microbiología y Zoología). El cuestionario consistía en ocho enunciados cerrados y uno abierto de respuesta corta, se aplicó en agosto de 2021 y lo respondieron 40 estudiantes de un total de 150.

La estructura y el tipo de cuestiones abordadas para el relevamiento de las concepciones pueden consultarse en la tabla 1 en Anexo.

## **Aplicación de actividades basadas en resolución de problemas a estudiantes**

En esta etapa trabajamos con dos grupos de tercer año, con un total de 30 estudiantes. Uno de los grupos correspondiente al Instituto de Profesores Artigas y otro de la modalidad del profesorado Semipresencial (de alcance nacional, mediante plataforma virtual y con anclaje en diversos institutos de formación docente del país)

**a. Primera instancia**

La población de estudiantes involucrada transitó por las mismas sesiones teóricas sobre los ciclos biológicos de los vegetales a partir de la obra de Cocucci & Hunziker (1994). Se aplicó una primera evaluación individual, mediante un ejercicio con dos partes a resolver A y B, cuyo énfasis estuvo en evidenciar la interpretación de conceptos clave del tema trabajado en clase. El tipo de evaluación de la primera instancia se presenta en la tabla 2.

**b. Segunda instancia**

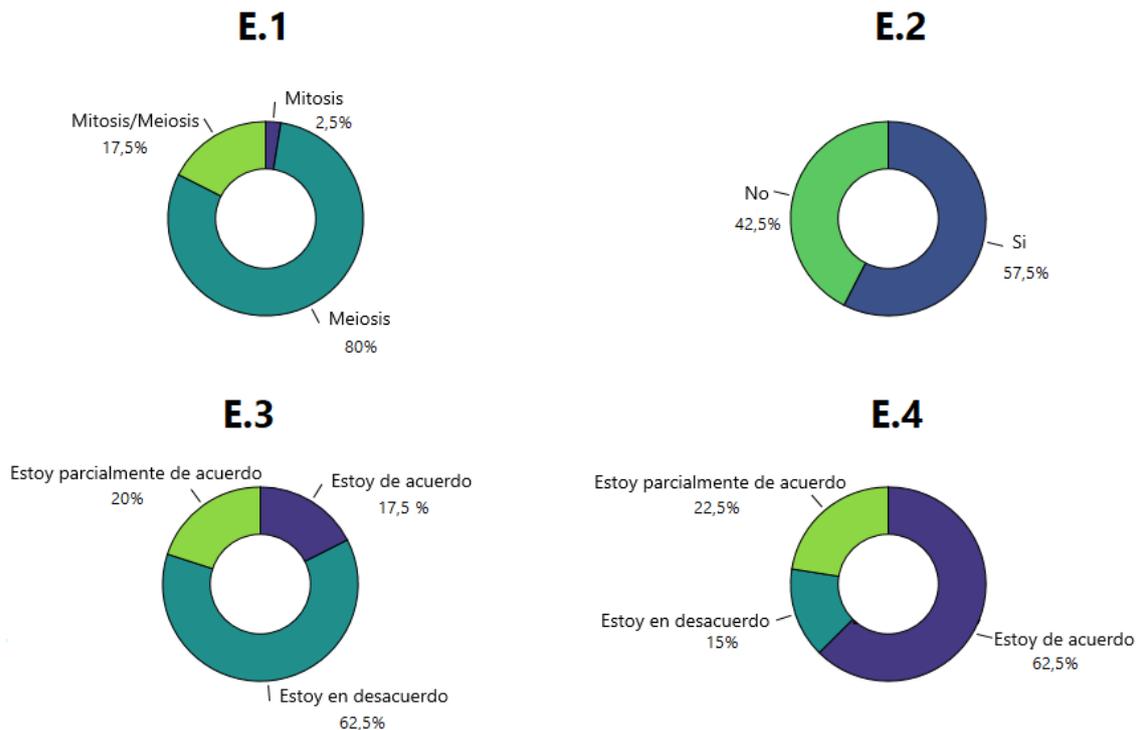
Se propuso un ejercicio dentro del marco de una prueba parcial del primer semestre. El ejercicio consistió en la presentación a los y las estudiantes de un ciclo modificado (tabla 3) del alga del género *Ectocarpus* de Wilson et al. (2009).

Los datos se procesaron utilizando el paquete de software estadístico *Past* (*Paleontological Statistics*) para sistema operativo *Windows* (Hammer et al., 2001). Con el mismo software se graficaron los resultados obtenidos.

**Resultados**

**1 Preconcepciones de biología reproductiva**

Los porcentajes correspondientes a las respuestas siguen el orden estricto de la encuesta y se presentan en la siguiente figura (Figura 1).



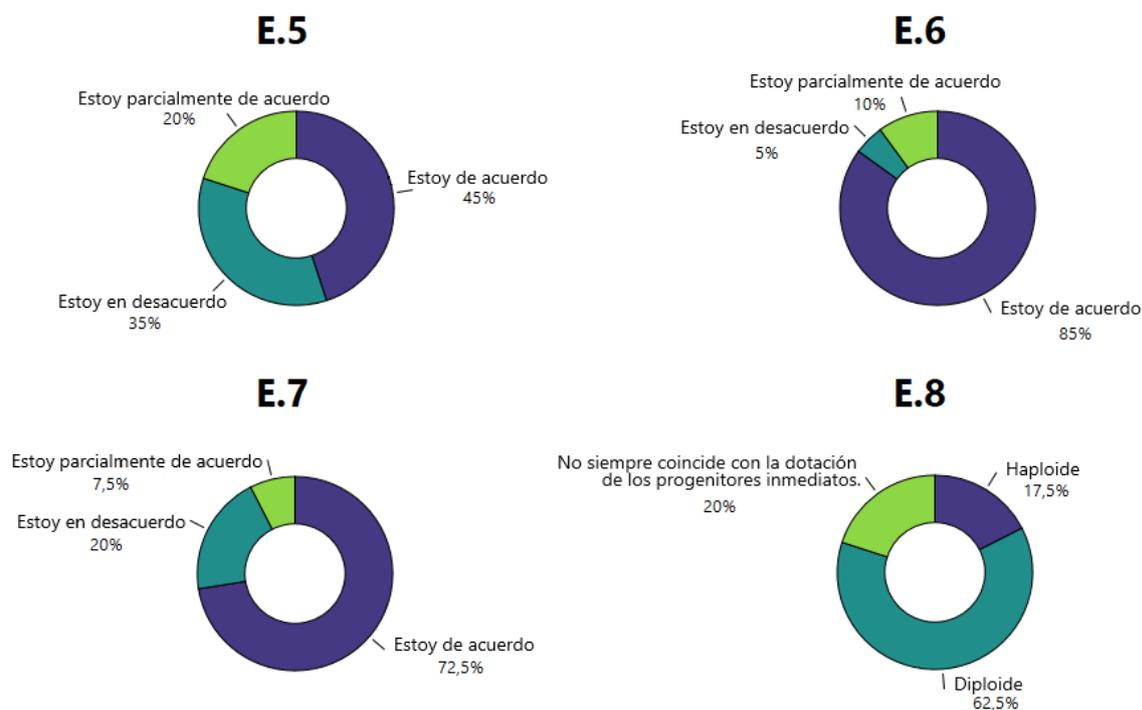


Figura 1: Respuestas de relevamiento de conceptos de biología reproductiva. La letra E representa los enunciados del cuestionario aplicado. N=40 estudiantes. Fuente: elaboración propia (2022)

## 2 Aplicación de actividades basadas en resolución de problemas a estudiantes

### 2 a. Primera instancia de evaluación

Para la parte A del ejercicio 1 elaboramos las siguientes categorías de evaluación: resuelve correctamente (implica responder todas las preguntas sin errores), resuelve con errores (responde entre dos y cuatro preguntas pero con algunos errores) y no logra resolver (responde solo una pregunta con o sin errores o no responde ninguna).

Se presentan resultados de las tres categorías, según el grado de resolución, para un N=30 (Figura 2). El 63% de los encuestados logra resolver con algún error el ejercicio propuesto, el 34% de los estudiantes logra una resolución correcta y sin errores, mientras que el 3% no logra realizar lo solicitado.

Para la parte B del ejercicio 1 consideramos las siguientes categorías: resuelve correctamente (implica la caracterización correcta del ciclo), resuelve con errores (realiza la caracterización parcial) y no logra resolver (no caracteriza el ciclo ya sea por no responder o por errores de interpretación que conducen a respuestas incorrectas).

Se presentan resultados en tres categorías, según el grado de resolución, para un N=30 (Figura 2). El 77% de los estudiantes logra una resolución correcta y sin errores, el 20% de los participantes logra resolver con algún error el ejercicio propuesto, mientras que el 3% no logra realizar lo solicitado.

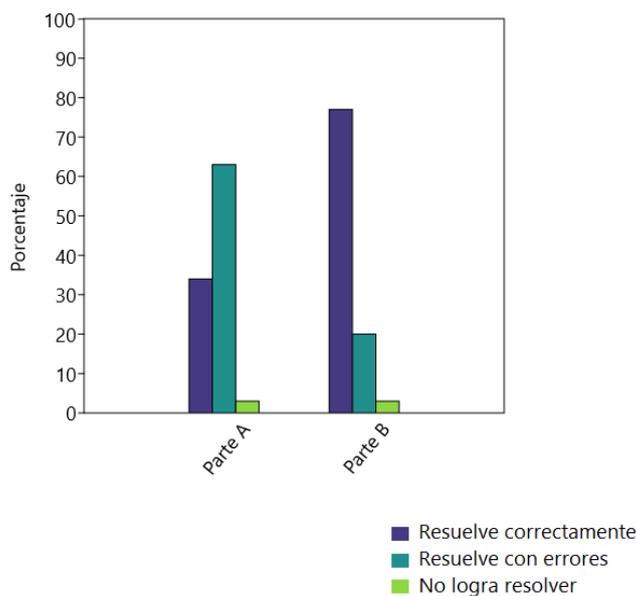


Figura 2: Respuestas de la primera actividad teórica individual. *N=30 estudiantes. Fuente: elaboración propia (2022)*

Para los estudiantes que resolvieron parcialmente la parte A del ejercicio se presentan los errores expresados en frecuencia relativa según las siguientes categorías (Figura 3):

- a- Confunde tipo de organismo según sus fases nucleares con dotación genética; b- Confunde células y estructuras reproductivas; c- Confunde niveles de organización; d- Fija dotación genética a una generación; e- Fija proceso de formación a la célula reproductiva; f- Confunde conceptos por asociación gramatical y g- Confunde fases nucleares con generaciones.

Las categorías más frecuentes en el conjunto de errores son la A, C y D

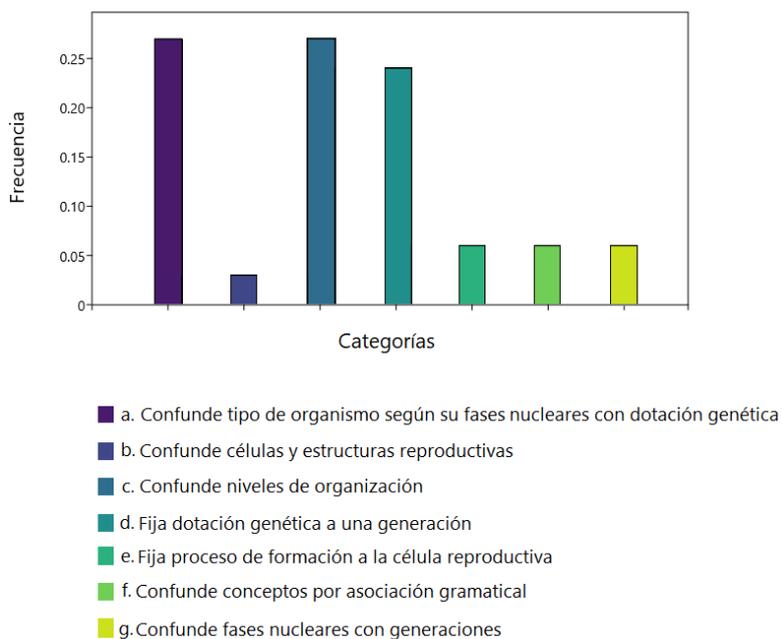


Figura 3: Frecuencia relativa de errores encontrados en Parte A. Fuente: elaboración propia (2022)

### 4.3. Segunda instancia de evaluación

Se presentan resultados en tres categorías, según el grado de resolución, para un N=30 (Figura 4). Es importante mencionar que para este ejercicio los estudiantes que lograron superar la mitad del puntaje total están en la categoría: "resuelve con errores", mientras que aquellos que obtuvieron puntaje menor a la mitad del total se les adjudicó la categoría "no logra resolver". Aquellos estudiantes que obtuvieron el puntaje total se les asignaron la categoría "resuelve correctamente". El 70% de los estudiantes no logra la resolución del ejercicio, el 30% de los estudiantes consigue resolver con algún error el ejercicio propuesto, mientras que ninguno de los evaluados logra la resolución total de este. (Figura 4).

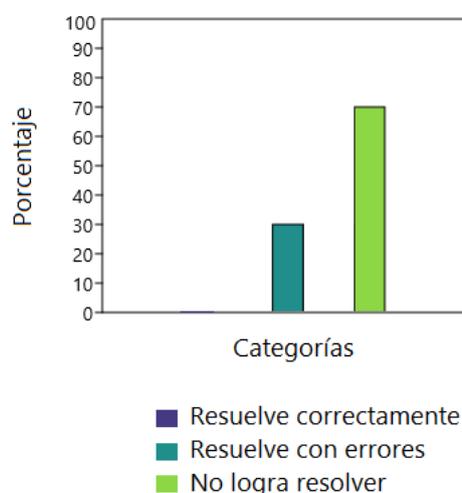


Figura 4: Respuestas de la segunda actividad teórica individual. N=30 estudiantes. Fuente: elaboración propia (2022)

## Discusión

### Preconceptos de biología reproductiva

De los resultados obtenidos a partir del instrumento que pesquisó las preconcepciones en biología reproductiva (en aquellos estudiantes que aún no han cursado botánica), se puede desprender que hay una tendencia general de los estudiantes de primero y segundo año, del profesorado en ciencias biológicas, a concebir los fenómenos reproductivos desde una óptica animal, lo cual concuerda con lo reportado por Schussler (2001).

Con respecto a la formación de los gametos, el 80% de los estudiantes entiende que estos se originan por meiosis, y solo un 17,5% concibe que las células reproductivas se puedan formar por meiosis o por mitosis. Esto sin dudas explica por qué a la hora de enfrentarse a la comprensión de los ciclos biológicos en los vegetales, muchos no logran entender cómo un gametofito en un ciclo *diplobióntico haplodiplonte* o en un ciclo *diplobióntico haplonte* produce gametos por mitosis. Por otra parte, y asociado a esto, ha sido importante en el relevamiento determinar si exclusivamente la meiosis es un fenómeno que los estudiantes vinculan a la formación de gametos. Este planteo es sustancialmente distinto al anterior, pues nos brinda datos de asociación de procesos

reproductivos a tipos celulares. En ese sentido el 57% de los y las estudiantes afirman que las únicas células producto de la meiosis son los gametos, mientras que el 42,5% responde que no lo son. Aquí está otro de los problemas fundamentales en la comprensión de los ciclos biológicos, si más de la mitad de los estudiantes que recibimos en los cursos de Botánica del profesorado piensan que los gametos son las únicas células producto de la meiosis, cuando presentamos la formación meiótica de esporas, muchos de ellos tienen ahí un conflicto cognitivo importante. Vinculado a esto último, también están los procesos meióticos postcigóticos que dan origen a células vegetativas que formarán nuevos talos. En el enunciado número seis se les plantea a los estudiantes "En los seres vivos luego de la fecundación el cigoto siempre inicia una serie de mitosis para formar el nuevo individuo"; un 85% está de acuerdo con esa afirmación y un 10% está parcialmente de acuerdo, mientras que el 5% está en desacuerdo. En los animales no hay procesos de meiosis postcigótica, en cambio, en los vegetales es un fenómeno que se ha reportado en distintos géneros del grupo de las algas, algunos de ellos trabajados comúnmente en los cursos de Botánica del profesorado, como *Volvox* sp y *Spirogyra* sp.

La meiosis y la mitosis son fenómenos muy importantes para comprender los ciclos biológicos que se trabajan en Botánica, pues marcan las fases nucleares en los organismos que estudiamos y por ende es necesario prestar atención a cómo los estudiantes realmente dimensionan procesos. En el siguiente enunciado "En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual siempre hay una etapa en la que ocurre meiosis" intentamos relevar justamente si los estudiantes vinculan la meiosis a la reproducción sexual. Entre los estudiantes que están de acuerdo y parcialmente de acuerdo se alcanza el 85%, mientras que un 15% no está de acuerdo con esa afirmación. En términos generales saber que la mayoría de los estudiantes que ingresarán por primera vez a un curso de Botánica tienen claro que la sexualidad y la meiosis son procesos vinculantes desde el punto de vista evolutivo es un aliciente. De todos modos, todavía persisten estudiantes que no logran comprender o dimensionar el fenómeno meiótico, sería necesario investigar en los cursos previos y estructurantes del pensamiento en ciencias biológicas cómo se trabaja y/o aborda este tema.

Con respecto a la meiosis y los ciclos reproductivos sexuales se buscó, con el siguiente enunciado: "En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual la meiosis ocurre en la etapa de formación de gametos", indagar si los estudiantes asocian la meiosis a una etapa puntual del ciclo. El 72,5% está de acuerdo con la afirmación, el 7,5% está parcialmente de acuerdo y el 20% está en desacuerdo. Esta afirmación nos permite evidenciar como está estructurada la idea de ciclo reproductivo sexual, en este sentido el 80% de los estudiantes asocia los procesos meióticos a la formación de gametos, es decir que no conciben la existencia de meiosis por fuera de la formación de células gaméticas. En los vegetales hay claramente especies con procesos meióticos no vinculados a la formación de gametos. Generalmente, cuando se presentan por primera vez a los estudiantes se genera un intenso proceso de reestructuración del conocimiento, puesto que el modelo que se impone de ciclo reproductivo sexual es el *haplobióntico diplonte*, típicamente animal.

Otro de los aspectos que nos interesa relevar, es el que refiere a la formación de nuevos individuos luego de la fecundación desde el punto de vista de las dotaciones genéticas,

para ello se planteó la siguiente afirmación "En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual luego de la fecundación se forma un nuevo individuo cuya dotación genética es:". El 62,5% respondió que es el nuevo individuo es diploide, el 20% respondió que es haploide y el 17,5% respondió que la dotación genética del nuevo individuo no siempre coincide con la de los progenitores. Aquí como punto de discusión resulta interesante resaltar que hay un 82,5% de estudiantes que sostienen que luego de la fecundación hay dotaciones genéticas determinadas en los nuevos individuos, estas pueden ser haploides o diploides. En efecto existen casos de procesos de meiosis poscigótica que conducen a la formación individuos haploides post-fecundación. Mientras que para los ciclos reproductivos animales lo común es que luego de la fecundación el nuevo individuo que resulta es diploide. Otro punto a destacar es que un 17,5% de los estudiantes entienden que no siempre hay coincidencia de las dotaciones genéticas con los progenitores. Esto resulta interesante porque asumen que puede existir diversidad de ciclos reproductivos y procesos que llevan al origen de nuevos individuos. Un ejemplo de esto son los ciclos *diplobiónticos haplodiplontes*, en donde los gametofitos ( $n$ ) generan gametos ( $n$ ) y dan origen a esporofitos ( $2n$ ).

Para finalizar se discuten los resultados de dos afirmaciones propuestas y de una consigna de respuesta libre.

La primera afirmación a discutir es la siguiente "*Dentro de la diversidad de seres vivos los gametos son exclusivos del Reino Animal*", el 17,5% de los estudiantes acuerda con esta afirmación, el 20% está parcialmente de acuerdo y el 62,5% está en desacuerdo. En líneas generales un 37,5% aprueba la afirmación y desconoce la presencia de células reproductivas como los gametos en otros tipos de seres vivos. Esto es consistente con lo reportado por Armenta (2008), en cuya investigación a nivel de educación secundaria, relevó que el 50% de los estudiantes no le atribuyen gametos a las plantas.

Es posible afirmar que hay una tendencia en el estudiantado del profesorado en ciencias biológicas a recurrir en términos de biología reproductiva a los animales, parecería que está arraigada la idea de que los procesos reproductivos sexuales solo ocurren en un espectro muy acotado de la diversidad de seres vivos de nuestro planeta.

La segunda afirmación a tratar es la siguiente "La fecundación implica la unión de un gameto masculino móvil (con estructuras de locomoción) y uno femenino sin estructuras de locomoción". El 45% de los estudiantes está de acuerdo, el 20% parcialmente de acuerdo y un 35% en desacuerdo con la afirmación propuesta. A partir de este enunciado podemos analizar cómo los y las estudiantes evocan el fenómeno de fecundación y, claramente, hay una persistencia en que el gameto masculino es móvil mientras que el femenino no lo es. Esto es relevante pues existen distintas formas de fecundación en los vegetales que cuando se trabajan en las clases de botánica se ponen en conflicto con el modelo preexistente. Un ejemplo de ello es el caso de los procesos sifonogámicos de gimnospermas y/o angiospermas, de gran complejidad para los estudiantes.

Por último, y también referido a los gametos, se les solicitó a los estudiantes que nombren células reproductivas que conozcan (de forma genérica). Aquí, la importancia de esta pregunta es si conocen células reproductivas más allá de los gametos, como por

ejemplo: las esporas. El 75% solo reconocen como células reproductivas a los gametos, el 10% conoce otras células reproductivas como pueden ser esporas o conidios, mientras que el 15% confunde células reproductivas con organismos como el microgametofito de espermatofitas. Es llamativo que un porcentaje tan alto no conozca otro tipo de células reproductivas en los seres vivos.

## **Aplicación de ejercicios de botánica vinculados a ciclos reproductivos de los vegetales.**

### **Ejercicio 1**

A continuación, se realizan algunas reflexiones en torno al ejercicio propuesto a estudiantes del tercer año del profesorado de Ciencias Biológicas, quienes cursaron la asignatura botánica en modalidad presencial y semipresencial.

#### **Parte A**

En primer lugar, se destaca que, para la parte A de la actividad propuesta, el 34% de los estudiantes logra resolver correctamente el ejercicio; mientras que el 63% lo hace con algún error pero igualmente logra encontrar resolución satisfactoria. Esto es un indicador de que en cierto punto entendieron los contenidos trabajados por primera vez en el curso de botánica. Sin dudas no todo lo trabajado se asimiló a los esquemas de los estudiantes pero es claro, en base a estos resultados, que hay por lo menos una reestructuración de los conceptos claves.

También, para el análisis de la parte A del ejercicio 1, se diseñaron unas categorías de análisis para clasificar los tipos de errores más frecuentes. A continuación, se presentan las mismas con algunos ejemplos:

Categoría a. Confunde tipo de organismo según sus fases nucleares con dotación genética. Ejemplo de respuesta: "Es haplonte porque es haploide".

Este es uno de los errores más frecuentes, en el que los estudiantes no logran abstraer que los términos haplonte, diplonte y haplodiplonte son conceptualmente las denominaciones para organismos en cuyos ciclos de vida la haplofase y diplofase están representadas. Según la dominancia de estas fases surgen conceptualmente los términos mencionados líneas más arriba para describir a los organismos vegetales según Cocucci y Hunziker (1994), en el estudio de sus ciclos de vida. Otro de los problemas que también se lograron detectar es de índole lingüístico, pues haplonte se confunde con haploide y diplonte con diploide; esto pudo constatarse en la fase de corrección oral que tuvo el ejercicio pues varios estudiantes manifestaron ese tipo de confusión.

Categoría b. Confunde células y estructuras reproductivas. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "El gametocisto es el gameto".

Si bien este es el error menos frecuente, entendemos que la raíz de este es gramatical, puesto que también se relevaron casos en los cuales se daba la sustitución de esporocisto por espora, como en la siguiente frase relevada en la corrección "el esporocisto es una espora". Solo en pocos casos, como el mencionado en el ejemplo, corresponde a una confusión en términos de nivel de organización y por eso puede ser que se equivoquen en la resolución del ejercicio.

Categoría c. Confunde niveles de organización. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "El gametofito es una célula reproductiva".

Hemos constatado por experiencia en el dictado del curso de Botánica I que frecuentemente existe confusión de niveles de organización en los vegetales pues los estudiantes no están familiarizados con los niveles morfológicos de aquellos, tal como se reporta en los trabajos de Siracusa (2011) y Mengascini (2005). Es común encontrarse con que los organismos productores de gametos o esporas sean considerados células reproductivas directamente. También es frecuente, en las respuestas, describir al gametofito como esporofito. Muchas ejemplificaciones asumen que en las plantas espermatofitas el gametofito tiene una organización estructural cormofita.

Categoría d. Fija dotación genética a una generación. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "Los gametofitos son haploides".

En el análisis de las respuestas, este es otro de los errores más frecuentes a destacar. Es muy común que asuman, por ejemplo, que los gametofitos en los vegetales son siempre haploides. Esto es algo frecuente en las espermatofitas, pero en algas pueden existir ejemplares como *Codium* sp cuyo gametofito es diploide.

Categoría e. Fija proceso de formación a la célula reproductiva. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "Los gametos se forman por meiosis".

La fijación del proceso de formación a la célula reproductiva es uno de los errores comunes que se presentan en trabajos y en la discusión en el aula. En los vegetales es común que la formación de gametos ocurra por mitosis y no por meiosis como sucede en los animales. Este es uno de los problemas en la enseñanza de la botánica que cuesta mucho superar por parte de los estudiantes en los procesos de restructuración del conocimiento.

Categoría f. Confunde conceptos por asociación gramatical. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "Haplobióntico significa haploide".

Si bien en muy pocos casos ocurre este error, constatamos que en los trabajos analizados cuando los estudiantes no comprenden conceptos de forma cabal apelan a los que ya conocen. En ese sentido, es común encontrar que palabras con el prefijo *haplo* y *diplo* sean inmediatamente asociados a haploide y diploide sin reparar en el significado real del concepto.

Categoría g. Confunde fases nucleares con generaciones. Ejemplo de respuesta de un estudiante: "Haplofase significa que hay una sola generación, el gametofito".

Por último, otro de los errores verificados refiere a la confusión de las fases nucleares con las generaciones esporofíticas y gametofíticas. El concepto haplofase no es un concepto ligado a las generaciones sean estas esporofíticas o gametofíticas. También se ha comprobado en la corrección del ejercicio que algunos estudiantes definen diplofase como dos generaciones presentes en un ciclo.

### **Parte B**

En la parte B del ejercicio 1, los resultados fueron netamente superiores llegando al 77% de estudiantes que logran una resolución correcta del mismo. Como primera aproximación, es necesario destacar que, esta parte del ejercicio planteaba una dinámica diferente. Puesto que aquí se presentaba el ciclo de vida de un vegetal hipotético y las y los estudiantes solo debían caracterizarlo. Es probable que el contar con un esquema del ciclo vital potenciara la interpretación. Sin embargo, un 20% de los estudiantes logra determinar el tipo del ciclo pero con algunas interpretaciones erróneas. Lo más frecuente fue encontrar que caracterizaran al gametofito como un organismo dioico; cuando el esquema claramente refiere a un organismo monoico, como también explicar (aunque el esquema no lo expresara así) que los gametos se forman por meiosis siendo que el gametofito es haploide.

### **Ejercicio 2**

En cuanto a las partes que tiene el ejercicio, las de mayor dificultad fueron la C, D y E, donde los y las estudiantes cometieron diversos errores. Uno de los más frecuentes tiene que ver con la interpretación del ciclo. Cuando se les propuso a los y las estudiantes que lo caracterizaran, considerando al gametofito y el partenoesporofito, muchos asumían que este era *diplobióntico haplodiplonte* por tratarse de dos generaciones y no lograron visualizar que se trataba de un ciclo haplonte. Otro de los errores tiene que ver con el proceso de origen de las esporas del partenoesporofito. Muchos estudiantes no lograron interpretar que las esporas de esta generación se forman por mitosis y asociaron el hecho de que es un esporofito con la formación de esporas por meiosis.

### **Consideraciones finales**

A partir de las evidencias de aprendizaje relevadas en los y las estudiantes, es posible decir que en general siguen arraigadas las concepciones de biología reproductiva en animales. Muchas de las explicaciones de los y las estudiantes del profesorado, frente a los ejercicios propuestos, dejan al descubierto que el modelo mental de reproducción humano-animal es el que prevalece. Al momento de la interpretación de los ciclos reproductivos en vegetales se constata una restringida comprensión respecto a los conceptos de meiosis, gametos, haploidía, diploidía y fases nucleares.

Sin embargo, cuando los obstáculos son identificados y abordados desde la enseñanza de la Botánica, se logran impactos positivos en los esquemas mentales preexistentes.

Consolidándose una mirada más completa de la biología reproductiva, en especial de los vegetales. Queremos resaltar que identificar los obstáculos del aprendizaje de los y las estudiantes constituye una genuina oportunidad para la enseñanza; desde la que se puede construir un campo pedagógico basado en evidencias que permita mejorar las prácticas de los docentes que impartimos los cursos de formación del profesorado.

Para finalizar, este es un primer trabajo exploratorio que permite tener un punto de partida para futuras investigaciones en el campo de la enseñanza de la botánica a nivel del profesorado de ciencias.

## Referencias bibliográficas

- Armenta, M.C. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 227-244.
- Biesta, G. (2010). Why 'What Works' Still Won't Work: From Evidence-Based Education to Value-Based Education. *Studies in Philosophy and Education*, 29, 491-503.
- Cocucci, A.E. y Hunziker, A.T. (1994). *Los ciclos biológicos en el reino vegetal*. Córdoba, Argentina, Academia Nacional de Ciencias.
- Darwin, C. (1885). *The origin of species by means of natural selection: or, the preservation of favoured races in the struggle for life*. J. Murray.
- Egan, K. y Judson, G. (2018). *Educación imaginativa: herramientas cognitivas para el aula* (Vol. 214). Narcea Ediciones.
- Hofstein, A. y Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Gairín, J., Ion, G., Díaz, A., Armengol, C., Brown, C., López, E. y Cabañero, J. (2021). *Prácticas educativas basadas en evidencias: reflexiones, estrategias y buenas prácticas*. Narcea.
- Hammer, Ø., Harper, D.A. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
- Hershey, D.R. (1996). A historical perspective on problems in botany teaching. *The American Biology Teacher*, 58(6), 340-347.
- Mengascini, A. (2005). La enseñanza y el aprendizaje de los tejidos vegetales en el ámbito universitario. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4(2), 2-13.
- Perkins, D. (2010). *El aprendizaje pleno: Principios de la enseñanza para transformar la educación*. Paidós.
- Rickinson, M. (2003). Reviewing research evidence in environmental education: some methodological reflections and challenges. *Environmental Education Research*, 9(2), 257-271.
- Revetria et al. (2022). Prácticas educativas basadas en la indagación: el caso *Bombyx mori* como modelo para una experiencia con énfasis en el aprendizaje pleno. *Revista Didáctica de la Educación Media*. Aportes a la educación en Ciencias Naturales. 4 (13).
- Siracusa, P. (2011). Aprendizaje de morfología y anatomía vegetal en el primer año de Universidad [tesis de maestría, Universidad del Comahue]. Repositorio digital institucional,

- Universidad Nacional del COMAHUE. <http://170.210.81.141/handle/uncomaid/165>
- Souza, S.M.D.L., Duque, D.C. y Borim, E. (2017). Propostas pedagógicas para o ensino de botânica nas aulas de ciências: diminuindo entraves. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 298-315.
- Schussler, E.E. (2001). Toward a theory of plant blindness/JH Wandersee, EE Schussler. *Plant Science Bulletin*, (47), 2-7.
- Uno, G.E. (2009). Botanical literacy: What and how should students learn about plants? *American journal of botany*, 96(10), 1753-1759.
- Ursi, S., Barbosa, P.P., Sano, P.T. y Berchez F.A.D.S. (2018). Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. *Estudos avançados*, 32, 07-24.
- Wandersee, J.H. y Schussler, E.E. (1998). A model of plant blindness. En *Poster and paper presented at the 3rd Annual Associates Meeting of the 15 Laboratory, Louisiana State University, Baton Rouge, LA*.
- Wilson, W.H., Etten, J.L.V. y Allen, M.J. (2009). The Phycodnaviridae: the story of how tiny giants rule the world. *Lesser known large dsDNA viruses*, 1-42.

**Anexo**

Tabla 1: Encuesta sobre conceptos de biología reproductiva en seres vivos, recuerde que solo pueda marcar una opción.

1. Los gametos son células que se forman por:

- Mitosis
- Meiosis
- Mitosis o meiosis

2. En los seres vivos las únicas células producto de la meiosis son los gametos:

- Sí
- No

3. Dentro de la diversidad de seres vivos los gametos son exclusivos del Reino Animal:

- Estoy de acuerdo
- Estoy en desacuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo

4. En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual siempre hay una etapa en la que ocurre meiosis:

- Estoy de acuerdo
- Estoy en desacuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo

5. La fecundación implica la unión de un gameto masculino móvil (con estructuras de locomoción) y uno femenino sin estructuras de locomoción:

- Estoy de acuerdo
- Estoy en desacuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo

6. En los seres vivos luego de la fecundación el cigoto siempre inicia una serie de mitosis para formar el nuevo individuo:

- Estoy de acuerdo
- Estoy en desacuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo

7. En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual la meiosis ocurre en la etapa de formación de gametos:

- Estoy de acuerdo
- Estoy en desacuerdo
- Estoy parcialmente de acuerdo

8. En los seres vivos con ciclo reproductivo sexual luego de la fecundación se forma un nuevo individuo cuya dotación genética es:

- Haploide
- Diploide
- No siempre coincide con la dotación de los progenitores inmediatos.

9. Nombre células reproductivas que conozca (de forma genérica)

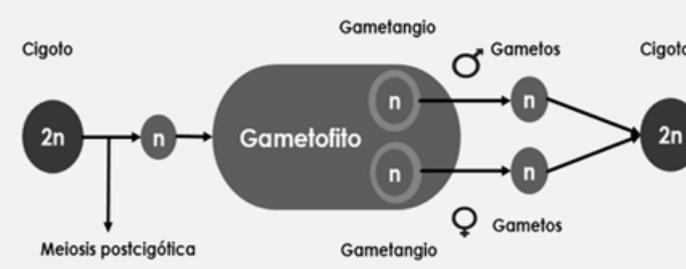
Tabla 2: Actividad teórica individual, primera instancia.

**Parte A**

- Explique a que se refieren los siguientes conceptos haplonte, diplonte y haplodiplonte.
- ¿Qué diferencias hay entre un ciclo haplobióntico y diplobióntico?
- Defina esporofito, y cuáles son sus estructuras y células reproductivas.
- Defina gametofito, y cuáles son sus estructuras y células reproductivas.

**Parte B**

Clasifique el siguiente ciclo observando sus generaciones y determine qué tipo de organismo es, observando las fases nucleares. Explique



El diagrama muestra el ciclo de vida de un organismo haplobióntico. Comienza con un cigoto (2n) que se divide por meiosis postcigótica para producir un esporofito (n). Este esporofito se desarrolla en un gametofito. El gametofito produce gametangios que generan gametos (n) tanto masculinos como femeninos. La fertilización de estos gametos resulta en un nuevo cigoto (2n).

Tabla 3: Actividad teórica individual en parcial final del primer semestre, segunda instancia.

Lea atentamente el siguiente problema sobre ciclos biológicos y responda lo solicitado

La siguiente alga posee gametofitos que producen gametos por mitosis, en diferentes talos, forma gametocistos masculinos y femeninos. Los gametofitos producen gametos móviles morfológicamente idénticos pero fisiológicamente diferenciados. Tras la fecundación se forma un cigoto que origina un esporofito. Este produce meiosporas móviles.

Sin embargo los gametos que no encuentran pareja sexual generan por si solos esporofitos (partenoesporofitos), que formarán esporas móviles originando nuevos gametofitos.

