



**Universidad de Concepción
Campus Los Ángeles
Escuela de Educación**

**Concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular,
Biología molecular y Genética en estudiantes de Pedagogía en
Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción, Campus
Los Ángeles**

**Seminario de Título para optar al Título Profesional
Profesor de Ciencias Naturales y Biología**

Seminarista : Carlota Antonia Katherine Padilla Gatica

Docente guía : Mg. Alejandra del Pilar Barriga Acevedo

Marzo, 2023

Los Ángeles, Chile

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.



AGRADECIMIENTOS

Ya habiendo culminado esta etapa de mi vida, me gustaría agradecer a todos quienes me guiaron y acompañaron a lo largo de este período:

A mis padres y hermanos, quienes me brindaron su apoyo y cariño incondicional en todas las circunstancias posibles. No es necesario extenderme más de la cuenta, todo lo que soy y seré algún día se los debo a ellos.

A todos los profesores de la Universidad de Concepción que fueron parte de mi proceso de formación docente, especialmente a mi profesora guía, Alejandra Barriga, por su constante dedicación y compromiso en este trabajo; además de incentivar mi gusto por las ciencias naturales, especialmente, por la Biología. También a quienes conformaron la comisión evaluadora, los profesores Víctor Campos y Juan Francisco Gavilán, que con sus comentarios y sugerencias enriquecieron en gran medida esta investigación. Y al profesor Fabián Cifuentes, que me dio ánimos y apoyo en algunas de las etapas más difíciles de la carrera.

A mis familiares y amigos, en especial a Katherine Dávila, Cindy Muñoz y Ariel Merino, quienes fueron un pilar fundamental para mí y, desde su experiencia, me dieron las herramientas y los medios para mantener la cabeza fría y no darme por vencido.

Finalmente, a mi abuela Olga Palavecino, quien antes de llegar al término de su viaje, me obsequió la oportunidad de iniciar el mío.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Aquí como autora de este trabajo de titulación denominado “**Concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética en estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles**” doy fe y, por lo tanto, aseguro que lo aquí presentado es el resultado de mi trabajo original y no corresponde a una copia o plagio de actividades realizadas previamente por otras personas.

Así mismo, aquí certifico que este trabajo no contiene material y/o información que hayan sido aceptadas bajo mi nombre en otra institución de educación superior para obtener un título de pregrado.

Este trabajo no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona, excepto donde se utiliza material bibliográfico y que son destacadas a través de las referencias citadas en el texto y posteriormente detalladas en la bibliografía.



Carlota Padilla Gatica

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	14
Preguntas de investigación.....	14
Objeto de estudio.....	14
Objetivos de Investigación	15
<i>Objetivo general</i>	15
<i>Objetivos específicos</i>	15
Hipótesis.....	15
MARCO REFERENCIAL.....	16
El currículum chileno y la educación científica.....	16
Concepciones alternativas.....	18
Las concepciones alternativas en el profesorado.....	19
¿Cómo se han pesquisado las concepciones alternativas?.....	20
Principales concepciones alternativas en Biología Celular.....	22
Principales concepciones alternativas en Biología Molecular.....	23
Principales concepciones alternativas en Genética.....	24
La Biología Celular, Biología Molecular y Genética en el currículum nacional.....	26
<i>Biología Celular</i>	28
<i>Biología Molecular</i>	28
<i>Genética</i>	29
DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
Enfoque de la investigación.....	30
Diseño y dimensión temporal de la investigación.....	30
Alcance de la investigación.....	31
Unidad de análisis.....	31
Tipo de Muestreo.....	31
Población.....	31
Muestra.....	32
Criterios para selección de muestra.....	32
Variables.....	32

Técnicas de recolección de datos	33
Análisis de datos	35
RESULTADOS	36
Dimensión Biología Celular	37
Dimensión Biología Molecular	42
Dimensión Genética	47
DISCUSIÓN	55
CONCLUSIONES	61
LIMITACIONES, PROYECCIONES Y PROPUESTAS	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	70
Anexo 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO	70
Anexo 2. CUESTIONARIO	73
Anexo 3. RESULTADOS	79



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grandes ideas de las Ciencias dadas por el MINEDUC y Grandes ideas de las Ciencias planteadas por Harlen en 2010	27
Tabla 2. Artículos consultados para la elaboración del instrumento de evaluación.....	34
Tabla 3. Categorización del grado de apropiación de conocimientos fundamentales sobre Biología Celular, Biología Molecular y Genética	36
Tabla 4. Pregunta de 3° categoría: Principal característica de la mitosis	37
Tabla 5. Resultados obtenidos en pregunta de categoría múltiple sobre mitosis celular	38
Tabla 6. Criterios utilizados para analizar las respuestas dadas por los estudiantes...39	
Tabla 7. Respuestas otorgadas por estudiantes en pregunta sobre niveles de organización	40
Tabla 8. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre Biología Celular	41
Tabla 9. Resultados obtenidos sobre qué es el ADN	42
Tabla 11. Resultados obtenidos sobre la información genética en las células	43
Tabla 14. Resultados obtenidos sobre relación entre la herencia y la sangre	44
Tabla 13. Resultados obtenidos sobre el flujo de la información genética.....	45
Tabla 14. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre Biología Molecular	46
Tabla 19. Resultados obtenidos sobre qué es un gen.....	47
Tabla 16. Resultados obtenidos en preguntas sobre el material genético en distintos tipos de células.....	48
Tabla 17. Resultados obtenidos en pregunta sobre información genética en distintos organismos	50
Tabla 18. Resultados obtenidos en pregunta sobre reproducción sexual.....	51
Tabla 19. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre Genética.....	53
Tabla 20. Resultados obtenidos en representación de cromosoma y ADN	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Malla curricular actual (año 2022) de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción.....	32
Figura 2. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué células contienen información hereditaria?.....	49
Figura 3. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?.....	49
Figura 4. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué organismos poseen información genética?	51
Figura 5. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Cuál(es) de los siguientes organismos se reproducen sexualmente?.....	52
Figura 6. Dibujos realizados por estudiantes.....	54



RESUMEN

El objetivo de la enseñanza de las ciencias es formar ciudadanos alfabetizados científicamente. No obstante, las experiencias de vida que poseen los estudiantes generan una serie de concepciones alternativas acerca de las ciencias; las cuales, si no son consideradas por los docentes en los procesos de enseñanza, pueden desembocar en un aprendizaje superficial de los contenidos y un eventual traspaso de estas concepciones a otros individuos; lo que dificultaría comprender las grandes ideas de la ciencia, que son la base o el núcleo que le permitirán a la población generar nuevos conocimientos y explicaciones sobre el mundo que les rodea. Y, dentro de estas ideas, se encuentran incorporados conceptos fundamentales sobre la Biología celular, Biología molecular y Genética. Por ello, en este estudio de carácter mixto de tipo descriptivo, se identificó el grado de concepciones alternativas fundamentales, por medio de la aplicación de un instrumento único de tipo cuestionario a los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción del Campus Los Ángeles, en donde se obtuvieron una serie de concepciones alternativas; específicamente, en: confusión sobre los procesos de división celular, los mecanismos de reproducción de los seres vivos y omisión de los cromosomas sexuales en células somáticas, resultados que desafían tanto a los profesores en formación como a los formadores de estos futuros docentes, a generar herramientas didácticas que permitan superar dichas concepciones; y, así “romper el ciclo” de traspaso de concepciones alternativas fundamentales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Palabras clave: Concepciones alternativas fundamentales, Formación Inicial Docente, Didáctica de las Ciencias, Biología Celular y Molecular, Genética.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Chile, el desarrollo de competencias científicas es considerado como la finalidad de la educación en ciencias naturales, ya que, y de acuerdo con lo señalado por Banet (2010), le permiten al estudiante adoptar una postura crítica e informada frente a problemáticas socio-científicas, gracias al dominio de conocimientos, habilidades y aptitudes científicas. Sin embargo, los resultados de la evaluación PISA aplicada por la OCDE en 2018 a estudiantes de quince años que cursaban la educación secundaria señalan que, si bien Chile logró establecerse con una puntuación de 444 puntos y estar por sobre el promedio latinoamericano (409), un 35.3% de los estudiantes no poseen las competencias científicas mínimas establecidas por la OCDE (OECD, 2019).

Algunos de los desafíos para mejorar la educación científica nacional, que no tan solo deben ser enfrentados por los docentes en ejercicio, sino que también por los estudiantes de pedagogía en formación, guarda relación con el dominio de la disciplina y la investigación en didáctica de las ciencias, aspectos fundamentales según Cofré et al. (2010).

Una herramienta que permite confluir tanto el dominio disciplinar como la didáctica en ciencias naturales son las concepciones alternativas. De acuerdo con Valencia y Krüger (2021), dentro de la enseñanza de las ciencias, podemos definir las concepciones alternativas como las representaciones que cada estudiante elabora selectivamente acorde a sus intereses, emociones y experiencias previas; con el fin de poder generar una representación propia de la realidad, la cual varía en mayor o menor medida a las representaciones aceptadas por la comunidad científica.

El uso de las concepciones alternativas en la enseñanza de las ciencias adquiere aún mayor relevancia si consideramos que, desde la década de 1970, se han convertido en uno de los pilares a investigar dentro de la didáctica de las ciencias, pues permiten “identificar los conocimientos previos con los cuales los estudiantes llegan a las aulas de clase y, asimismo, proponer y validar múltiples formas para la exploración de las ideas previas en los estudiantes.” (Tamayo, 2016, p.1). Sobre la investigación de las concepciones alternativas, Pintó et al. (1996) también destacan que existe una gran preocupación entre los investigadores, centrada en una de las principales características de las concepciones alternativas: la resistencia al cambio, debido a que las concepciones alternativas le generen al estudiante explicaciones satisfactorias que le

permiten comprender su entorno e interactuar con este de manera constante, generando una mayor persistencia de las mismas frente al cambio; es decir, aquellas concepciones que sean utilizadas más a menudo por el estudiante dentro de su vida cotidiana, serán las que mayor resistencia tendrán a ser modificadas (Rodríguez, 1999).

Ahora bien, respecto a cómo las concepciones alternativas son transmitidas al alumnado, Krüger y Santibáñez (2021) señalan que las concepciones alternativas presentes en los estudiantes se originan a partir de 4 actores principales: Medios de comunicación y redes sociales, Ambiente familiar, Pensamiento intuitivo del estudiante y Ambiente escolar; dentro de los cuales, este último adquiere la mayor relevancia y está conformado por las representaciones enseñadas por los docentes, textos escolares, entre otros.

Teniendo en cuenta que los profesores son uno de los principales agentes a la hora de transmitir concepciones alternativas al estudiantado, es importante conocer el nivel de dominio disciplinar que estos poseen, pues un dominio disciplinar bajo en biología puede ser asociado a una mayor presencia de concepciones alternativas sobre las ciencias biológicas en los docentes. En respuesta a la inquietud de qué conocimientos poseen los profesores en Chile y con la finalidad de “observar los conocimientos disciplinarios y pedagógicos adquiridos por los/as estudiantes durante su formación” (CPEIP, s.f.), surge la Evaluación Nacional Diagnóstica para la Formación Inicial Docente (END FID) que es aplicada año a año por el CPEIP desde 2017 a todos los profesores, tanto de programas regulares como en prosecución de estudios que estén cercanos a egresar. Dicha evaluación consta de tres instrumentos: Prueba de conocimientos pedagógicos generales, Prueba de conocimientos disciplinarios y didácticos; y, un Cuestionario complementario (Donoso y Ruffinelli, 2020).

A partir de los resultados de la END FID aplicada a profesores de biología en formación en 2019, se obtuvo que el promedio nacional entre los profesores que rindieron la prueba de conocimientos disciplinarios fue de 100.2 puntos respecto a una máxima de 150 puntos. Las áreas temáticas que menor porcentaje de respuestas correctas obtuvieron en aquellos estudiantes pertenecientes a los programas regulares de estudio fueron “Herencia y Evolución Biológica” (52.2% de respuestas correctas), “Estructura y Función de los Seres Vivos” (53.1% de respuestas correctas) y “Célula: Estructura y función” (56.2% de respuestas correctas) (CPEIP, 2020).

Por ello, las áreas temáticas sobre las que se pretende pesquisar las concepciones alternativas en esta investigación son: Biología celular, Biología molecular

y Genética; en donde se ha evidenciado que los profesores en formación poseen mayores dificultades en cuanto a conocimiento disciplinares y didácticos. Sobre la enseñanza de estas disciplinas, Iguíñez y Puigcerver (2013) señalan que tanto la genética, como los contenidos asociados a la célula y su funcionamiento, pueden resultar abstractos a los estudiantes, lo cual dificulta su aprendizaje. Sin embargo, estos contenidos, especialmente la genética, generan un gran interés y curiosidad por parte del alumnado, pues poseen una amplia cantidad de aplicaciones en la vida real y son comúnmente mencionados en el cine y en la televisión (Abril y Muela, 2013), fortaleciendo la resistencia al cambio que puede existir en las concepciones alternativas pertenecientes a estas áreas, debido al uso prolongado y constante.

Por otro lado, la Biología Celular, Biología Molecular y Genética son disciplinas que poseen conocimientos asociados a las ideas de las ciencias fundamentales que todo individuo debiera conocer para poder desenvolverse en su propio entorno, el cual está marcado por una constante interacción entre ciencias, tecnología y sociedad (Harlen, 2010). De forma más específica, estos contenidos le permiten al ser humano reflexionar y mantener una posición informada frente a temáticas tan relevantes para la supervivencia tales como: el uso de vacunas y antibióticos, consumo de alimentos transgénicos, heredabilidad de síndromes o enfermedades de alto impacto social como el cáncer.

La muestra elegida para esta investigación serán estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción (Campus Los Ángeles), que se encuentren cursando el cuarto o quinto año de la carrera. La muestra ha sido establecida dentro de esos años de formación debido a que, dentro de la malla curricular de la carrera, estos alumnos ya han cursado las asignaturas de “Biología Básica y Celular”, “Genética General” y “Biología Molecular e Ingeniería Genética”, asignaturas que dentro de sus programas de estudio consideran las áreas disciplinares que se trabajarán durante la investigación.

Finalmente, las concepciones alternativas *fundamentales* en las áreas de Biología Celular, Biología Molecular y Genética de los docentes en formación, son “fundamentales” porque se considera que abarcan conocimientos que son la base para cualquier estudiante que requiera una alfabetización científica en ciencias biológicas. Por otro lado, se pretende pesquisar estas concepciones para saber si estas se asemejan a aquellas concepciones más comunes presentes en los estudiantes de educación universitaria y secundaria; como, por ejemplo, las concepciones en genética pesquiasadas por Jiménez (2020), en estudiantes de enseñanza media en la ciudad de

Los Ángeles. En caso de así serlo, estas concepciones pueden servir como guía y mejorar la formación inicial docente, logrando adaptar los contenidos de las asignaturas de Biología Básica y Celular, Genética General y Biología Molecular e Ingeniería Genética a las concepciones presentes en el alumnado y así, impedir que dichas concepciones sean transmitidas hacia los estudiantes dentro del sistema educativo.



PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Preguntas de investigación

En esta investigación se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. Los profesores en formación de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción (Campus Los Ángeles), ¿poseen concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética?
2. ¿Cuáles son las concepciones alternativas fundamentales que presentan los profesores en formación de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción (Campus Los Ángeles) sobre Biología celular, Biología molecular y Genética?
3. ¿Cuáles son las concepciones alternativas fundamentales más frecuentes sobre Biología Celular, Biología molecular y Genética que comparten los profesores en formación de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción (Campus Los Ángeles)?

Objeto de estudio

Concepciones alternativas fundamentales sobre Biología Celular, Biología molecular y Genética en estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.

Objetivos de Investigación

Objetivo general

Identificar las concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología (PCNB) de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, durante el segundo semestre del 2022.

Objetivos específicos

- Identificar la presencia de concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética en los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.
- Describir las concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.
- Determinar cuáles son las concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética más frecuentes que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.

Hipótesis

- **H_a**: Los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, poseen concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética.
- **H₀**: Los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, no poseen concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética.

MARCO REFERENCIAL

El currículum chileno y la educación científica

En una sociedad en donde la ciencia y la tecnología avanzan cada día más rápido, el logro de la alfabetización científica en las personas se ha vuelto algo imperativo en cualquier país que busque un mayor progreso, riquezas y un futuro más sostenible, además de convertir a los ciudadanos en agentes activos dentro de las problemáticas socio científicas relevantes de la actualidad (Stuckey et al., 2015). Quiroga et al. (2014) señalan que estos mismos objetivos han propiciado en Chile un mayor interés tanto por la enseñanza como el aprendizaje de las ciencias en los niños y jóvenes, dándole a los estudiantes el propósito de convertirse en ciudadanos capaces de utilizar el conocimiento científico en pos de generar mejoras en su propio contexto y lograr concientizar sobre los cambios que sufre el mundo en la actualidad; además de fomentar la movilidad social. Esta información puede ser confirmada rápidamente si se revisan las primeras páginas de las Bases Curriculares en Ciencias Naturales desde 7° básico hasta 2° medio:

“Su objetivo principal [de las Bases Curriculares] es que cada persona adquiera y desarrolle competencias que le permitan comprender el mundo natural y tecnológico para poder participar, de manera informada, en las decisiones y acciones que afectan su propio bienestar y el de la sociedad.” (UCE, 2016, p. 128).

Para dar una visión general sobre cómo está estructurado el currículum educativo en nuestro país, se tomará como principal referencia a Mujica (2020), quien en su ensayo señala que el currículo escolar en Chile responde a un modelo pedagógico por objetivos, en donde al docente de cada asignatura disciplinar se le da una determinada cantidad de objetivos de aprendizaje que deben desarrollar en sus estudiantes, evaluando el cumplimiento de estos objetivos de acuerdo a una evaluación sumativa, asignando una nota a cada estudiante. Además, para responder frente a los cambios que experimenta la sociedad, mantener en los estudiantes de todo el país una base cultural común y garantizar una buena calidad en la educación, el Ministerio de Educación ha establecido constantes actualizaciones a las bases curriculares, en todos sus niveles educativos, especialmente durante las últimas dos décadas (Cox, 2011; Mujica, 2020).

Ahora bien, pese a que dentro de los objetivos del currículum nacional se contempla el desarrollo de competencias científicas y el logro de la alfabetización en ciencias; hay múltiples evaluaciones, tanto nacionales como internacionales, que señalan que nuestro país aún está lejos de alcanzar los resultados esperados señalados en los documentos curriculares. Los resultados obtenidos en ciencia por los alumnos de 8° básico en la evaluación TIMMS, aplicada en 2019, fue de 462 puntos, lo cual está por debajo del promedio establecido por TIMMS (500 puntos); destacándose además, que un 22% de los estudiantes en Chile no demuestra poseer conocimientos científicos básicos (Agencia de Calidad de la Educación, 2020); complementando esta información con los resultados negativos de la evaluación PISA presentados previamente en este escrito, podemos concluir que la educación en ciencias en Chile aún no ha logrado desarrollar las competencias científicas en la mayoría de sus estudiantes, comparado a los estándares internacionales. A su vez a nivel nacional, en los resultados en ciencias de la evaluación PDT, rendida por los estudiantes egresados de 4to año medio que aspiran a ingresar a la educación superior; se obtuvo un promedio de 498 de 850 puntos en Ciencias Naturales (DEMRE, 2022), dando a entender que el problema en el desarrollo de las competencias científicas es algo que el sistema educativo en Chile no logra subsanar a lo largo de todo el período de formación de los estudiantes.

Cox (2011) atribuye esta problemática en la educación, que no atañe solamente al área científica, principalmente a la desarticulación que existe entre lo declarado en las bases curriculares y programas de estudio, respecto a la selección y formación inicial de los docentes que deben implementar dicho currículum en el aula, formación que está más orientada al dominio de contenidos y no en la calidad en que dichos conocimientos deben ser enseñados al alumnado.

Dentro del análisis de esta problemática en el ámbito de la enseñanza de las ciencias en educación secundaria (enseñanza media); Camus (2009), señala la instrumentalización del programa de estudio, lo cual hace que su aplicación quede a criterio de las competencias y habilidades del profesor secundario. Este docente suele verse sobrepasado e incluso inseguro a la hora de desarrollar estos contenidos en un año académico regular, lo cual le impide abarcar todos los contenidos o aquellos que posean mayor relevancia tanto para docentes que inician su profesión, que, si bien reciben una base universitaria en biología, no se les presenta la forma en que estos deben ser articulados para su enseñanza o estrategias que optimicen el aprendizaje significativos en sus alumnos (Camus, 2009; Hernández et al. 2020); como en docentes

ya establecidos, quienes presentan dificultades a la hora de actualizarse o aplicar nuevas metodologías didácticas de enseñanza de las ciencias (Maiztegui et al., 2000).

Concepciones alternativas

Antes de introducir de lleno el concepto de concepciones alternativas, es importante responder a la siguiente pregunta: ¿Qué es aprender?; si bien, a lo largo del desarrollo de la psicología educativa se han generado múltiples paradigmas que buscan dar una definición al aprendizaje (Sarmiento, 2007); de acuerdo a un enfoque más constructivista, Valencia y Krüger (2021) definen el aprender como la acción de atrapar y/o tomar con el pensamiento una “porción de la realidad” para adquirir una idea en base a la realidad observada o un modelo de la estructura del mundo. En otras palabras, las personas adquieren conocimiento mediante eventos que antes le eran ajenos y crean de esa forma una nueva percepción de la realidad, un modelo interno del mundo exterior.

Sarmiento (2007) menciona que el aprendizaje es una de las conductas más importantes que posee el ser humano, pues es el proceso que nos permite construir conocimientos, habilidades y actitudes a través de la experiencia. El aprendizaje es una habilidad sumamente dinámica, la cual se va manifestando desde incluso antes del nacimiento hasta la vejez, donde la plasticidad neuronal les permite a los individuos siempre estar procesando nuevas experiencias para reestructurar sus modelos cognitivos, construir nuevos conocimientos y desarrollarse acorde a su entorno (Sierra y León, 2019; Valencia y Krüger, 2021). Es decir, cada individuo se encuentra en un proceso de aprendizaje permanente que abarca desde el nacimiento hasta la muerte.

Al ser el aprendizaje un proceso que acompaña al individuo durante toda su vida no resulta extraño entonces afirmar que al momento en que un estudiante ingresa al sistema educativo, ya posee ciertos conocimientos y esquemas sobre el mundo que le rodea (Ayuso y Banet, 2002). De acuerdo con Azeglio et al. (2015), si bien estas ideas suelen ser bastante simples desde el punto de vista científico, tienen una raíz originada a partir de procesos complejos, interacciones y vivencias de todo tipo. El conjunto de estas ideas o nociones, cuando difieren en cierto grado de aquellas ideas aceptadas por la comunidad científica, se les denomina como **concepciones alternativas**; y, si bien le permiten al estudiante desenvolverse dentro de su entorno, explicar su realidad y sentar las bases para la construcción de nuevos conocimientos, puede llegar a adquirir connotaciones negativas si no son tomadas en cuenta por el docente a la hora de generar nuevos aprendizajes dentro de la educación formal (Azeglio et al., 2015; Caballero, 2008; Valencia y Krüger, 2021). El término de concepciones alternativas ha

sido elegido para referirse a estas ideas; ya que, de acuerdo a la revisión realizada por Cubero (1994), ofrece una visión menos peyorativa sobre las ideas acerca de las ciencias que poseen los estudiantes, respecto a otras denominaciones tales como “*concepciones erróneas*”, “*preconceptos*”, entre otros; las cuales implícitamente tienden a menospreciar el conocimiento que el estudiante ha formado a lo largo de su vida y le han permitido explicar su realidad de manera satisfactoria.

Por lo tanto, es fundamental que el profesorado sea capaz de identificar estas concepciones alternativas como un punto de partida a la hora de abordar cualquier contenido de ciencias naturales en el aula (Marcos y Esteban, 2017); pues, es el docente quien debe guiar al estudiante en la construcción de sus propios conocimientos, permitiéndoles generar una evolución o desarrollo desde estas concepciones alternativas iniciales, que suelen ser erróneas, hacia un nuevo conocimiento científico que le permitirá lograr un grado de alfabetización científica (Caballero, 2008).

Respecto a la forma en que estas concepciones han sido trabajadas en el aula, la estrategia didáctica que se suele trabajar con los estudiantes es el cambio conceptual (Moreira y Greca, 2003). Según Caballero (2008) esta estrategia permite generar un conflicto en el estudiante respecto a cómo sus concepciones previas le permiten explicar fenómenos de la naturaleza; por lo que es necesario que una nueva idea o conocimiento complemente o sustituya parcialmente el concepto previo, con el fin de lograr un equilibrio en los esquemas cognitivos del estudiante y generar así un nuevo aprendizaje significativo. Sin embargo, es importante que el docente monitoree constantemente este proceso, de lo contrario el alumno puede llegar a memorizar estos conceptos sin conectarlos a sus ideas previas, impidiendo que influyan sobre las concepciones alternativas más arraigadas en el alumnado (Yip, 1998).

Las concepciones alternativas en el profesorado

En base a la calidad y fuentes de origen, Yip (1998) señala que las ideas erradas de los estudiantes en ciencias después de la instrucción formal se pueden clasificar, en términos generales, en tres grupos.

- “(1) Ideas informales que se forman a partir de experiencias cotidianas que los niños llevan con ellos al salón de clases.
- (2) Puntos de vista incompletos o inadecuados desarrollados por los estudiantes durante la instrucción en el salón de clases.

(3) Conceptos erróneos propagados tanto por los maestros como por los libros de texto.” (Yip, 1998, p. 462).

Como se puede apreciar, los docentes también son un agente clave a la hora de transmitir dichas concepciones alternativas a los estudiantes; lo cual resulta preocupante, ya que, como se mencionó anteriormente, dentro del sistema educativo es al docente a quien se le atribuye la responsabilidad de generar un cambio conceptual en el alumnado y modificar estas concepciones alternativas hacia un conocimiento científicamente aceptado. Además, la presencia de concepciones alternativas en los profesores es algo que se debe tomar en cuenta; debido a que, si ellos las poseen, se vuelve muy complejo el que puedan ayudar a sus estudiantes a superar sus propias concepciones alternativas en ciencias (Carrascosa, 2005).

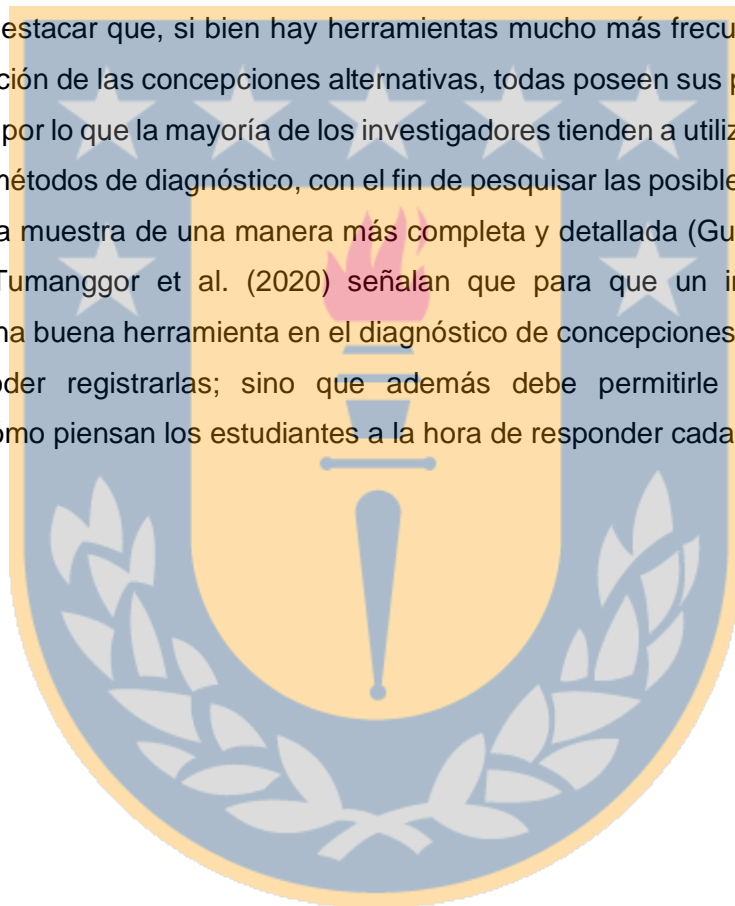
Por otro lado, dentro de la amplia investigación que se ha desarrollado en las últimas décadas en cuanto a las concepciones alternativas, pesquisar dichas concepciones en los docentes en ejercicio o docentes en formación no ha sido un tema tan ampliamente estudiado; esto debido principalmente, porque al tratarse de estudiantes universitarios o profesionales, se asume de cierto modo que ya tienen interiorizados en su gran mayoría los conocimientos científicos (Yip, 1998). Huerta (2017), señala que las principales problemáticas que experimentan los docentes de todo el mundo a la hora de enseñar ciencias son la falta de confianza y dificultades en el dominio conceptual de la disciplina. En Chile, esta realidad se hace visible al analizar instrumentos que han sido aplicados previamente a docentes en formación, como la Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente, que demuestran que los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales cercanos a egresar poseen claras debilidades en el dominio de conocimientos disciplinares en biología, especialmente en las áreas de Genética y Evolución (CPEIP, 2020).

¿Cómo se han pesquisado las concepciones alternativas?

Debido a la creciente preocupación en el dominio de contenidos que los estudiantes presentaban a la hora de resolver problemas en ciencias, demostrando que existía una carencia en el manejo conceptual de los alumnos, el cual se limitaba a un mero aprendizaje memorístico, y ya desde un enfoque constructivista en los procesos de enseñanza y aprendizaje; el inicio de la investigación sobre concepciones alternativas ha tenido un “boom” desde finales de la década de 1970 (Carrascosa, 2005; Moreira y Greca, 2003), registrando cientos de artículos publicados en todo el mundo hasta la fecha.

Sobre cómo se han pesquisado las concepciones alternativas en ciencias naturales tanto en estudiantes como en docentes en formación; diversos estudios (Carrascosa, 2005; Gural et al., 2015; Tumanggor et al., 2020) han analizado publicaciones relacionadas a las concepciones alternativas alojadas en múltiples bases de datos, destacando la entrevista, las preguntas de respuesta abierta y las preguntas de selección múltiple como las principales herramientas de diagnóstico a la hora de detectar concepciones alternativas; por otro lado, en forma menos frecuente se opta por instrumentos como preguntas con respuestas de categoría múltiple (dos, tres, hasta cuatro categorías), mapas conceptuales, dibujos, ensayos, entre otros.

Cabe destacar que, si bien hay herramientas mucho más frecuentes que otras en la investigación de las concepciones alternativas, todas poseen sus propias ventajas y desventajas, por lo que la mayoría de los investigadores tienden a utilizar instrumentos con múltiples métodos de diagnóstico, con el fin de pesquisar las posibles concepciones presentes en la muestra de una manera más completa y detallada (Gural et al., 2015). Al respecto, Tumanggor et al. (2020) señalan que para que un instrumento sea considerado una buena herramienta en el diagnóstico de concepciones alternativas, no solo debe poder registrarlas; sino que además debe permitirle al investigador comprender cómo piensan los estudiantes a la hora de responder cada pregunta.



Principales concepciones alternativas en Biología Celular

De acuerdo con lo señalado por Marcos y Esteban (2017), las concepciones alternativas en biología celular que poseen los estudiantes se originan principalmente a partir de la enseñanza formal; es decir, a las concepciones transmitidas por los docentes y libros de texto. Además, los contenidos abstractos como la célula suelen ser difíciles de aprender debido a que no pueden ser apreciados de manera directa por el estudiante (Duda & Adpriyadi, 2020; Iguíñez y Puigcerver, 2013).

A continuación, se darán algunas de las concepciones alternativas pesquisadas más frecuentemente en Biología celular; aunque siempre se debe tener presente que cada individuo es único y posee una variedad de concepciones a raíz de sus propias experiencias y construcción de la realidad; por lo tanto, nunca dos estudiantes tendrán exactamente las mismas concepciones alternativas (Valencia y Krüger, 2021).

- Gran parte de los alumnos no logran reconocer a las células como la unidad funcional y estructural de los organismos pluricelulares; existiendo una confusión en cuanto a los niveles de organización de los seres vivos (Marcos y Esteban, 2017).
- Conocimiento parcial o insuficiente respecto a la presencia y función de las estructuras celulares. Además, los estudiantes no logran identificar con claridad la forma de las células, siendo capaces en la mayoría de los casos de sólo reconocer el núcleo, citoplasma y membrana plasmática (Duda & Adpriyadi, 2020; Marcos y Esteban, 2017; Suwono et al., 2019).
- Dificultad en reconocer los procesos de mitosis y meiosis en plantas (Lewis & Wood-Robinson, 2000).
- Muchos estudiantes asumen que el material genético es exclusivo del núcleo celular, excluyendo a las mitocondrias y cloroplastos (Caballero, 2008; Marcos y Esteban, 2017).
- Los estudiantes suelen considerar a las mitocondrias como estructuras que solo están presentes en células animales, y que los cloroplastos sólo se encuentran en las células vegetales de las plantas (Marcos y Esteban, 2017; Suwono et al., 2019).

- Confusión en el concepto de célula haploide o diploide, especialmente a la hora de interpretar los resultados de la división celular en gametos y células somáticas. Además, la mayoría de los estudiantes tampoco logran reconocer en qué tipo de células ocurre cada proceso de división celular (Azeglio et al. 2015; Suwono et al., 2019).

Principales concepciones alternativas en Biología Molecular

De forma similar al caso de Biología celular, gran parte de las concepciones alternativas originadas en Biología molecular provienen de la educación científica impartida dentro del sistema educativo, esto debido a que la terminología utilizada dentro de la Biología molecular es poco frecuente dentro del lenguaje cotidiano de los estudiantes (Lucumi, 2015). Pese a que esto puede sonar provechoso, al sugerir que el alumnado no puede generar concepciones alternativas debido a sus experiencias cotidianas, también resulta una dificultad; pues, como señalan Reif y Larkin (1991), los contenidos asociados a la Biología molecular le pueden resultar a los estudiantes como un conocimiento “alejado de su realidad”, provocando así dificultades en su aprendizaje al no poder asociar los objetivos de la ciencia con su diario vivir, lo cual se contradice con el rol que han adquirido el desarrollo de las ciencias y la tecnología en la actualidad (Machová & Ehler, 2019).

Las principales concepciones alternativas pesquisadas en Biología Molecular son las siguientes:

- Los estudiantes tienden a considerar el ADN como un atributo exclusivo de organismos con altos niveles de complejidad (principalmente animales mamíferos), dejando de lado grupos como bacterias, hongos u otros microorganismos (Marcos y Esteban, 2017; Nieberding et al., 2021).
- Conocimiento superficial en torno al dogma central de la biología molecular, en donde los estudiantes presentan dificultad para relacionar los conceptos de ADN, gen, proteína, funciones celulares y expresión génica (Bastidas y Oliveros, 2018; Nieberding et al. 2021).
- Tendencia a clasificar al ADN como una proteína, en donde los estudiantes llegan a confundir las bases nitrogenadas con proteínas o aminoácidos; incluso asociando la unión de las cadenas de ADN a enlaces peptídicos (Machová & Ehler, 2019).

- Los alumnos suelen indicar que el ADN se localiza exclusivamente en el tejido sanguíneo, dando a entender que existen grandes falencias en el conocimiento del ciclo celular y los procesos de división celular que realizan las células (Bastidas y Oliveros, 2018; Caballero, 2008; Nieberding et al. 2021).
- Vista del ADN y el ARN sólo como ácidos nucleicos dentro de la amplia gama de biomoléculas, sin profundizar en mayor medida en sus diferencias estructurales, funciones ni procesos dentro del dogma central de la biología molecular (Bastidas y Oliveros, 2018; Machová & Ehler, 2019).
- Creencia de que células que cumplen diferentes funciones dentro de un mismo individuo, poseen un material genético distinto entre sí (Machová & Ehler, 2019).

Principales concepciones alternativas en Genética

En su libro, Pozo (2010) menciona que los conceptos científicos necesitan la relación o correlación de las ideas cotidianas, puesto que las ideas certeras solo pueden adquirirse cuando existe una base que se pueda reescribir, y esto es posible cuando se apoya con asociaciones previas o preconcepciones. Es por ello por lo que cuando los estudiantes se enfrentan a la enseñanza de la herencia tienen una base parcial de la misma, pues han estado adquiriendo información a partir de diferentes fuentes y han creado sus propias concepciones relativamente acertadas, las cuales pocas veces logran coincidir con las estipuladas de manera científica (Azeglio et al. 2015).

Las concepciones en Genética pesquisadas con mayor frecuencia son:

- Los estudiantes presentan dificultades a la hora de definir qué es un gen y poder localizarlo al interior de un cromosoma; además de existir dificultades en asociar los conceptos de gen, ADN, cromosoma, cromátidas e información genética (Ayuso et al., 1996; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Azeglio et al. 2015).
- Se ha detectado que, si bien la mayoría de los estudiantes reconoce que los genes se encuentran en las células, otros suponen que los genes sólo se

ubican en tejidos u órganos específicos, como en las gónadas (Lewis & Wood-Robinson, 2000).

- Confusión sobre la presencia de cromosomas sexuales en todas las células, pues en algunos casos se supone que estos cromosomas son exclusivos de los gametos (Marcos y Esteban, 2017).
- Dificultad para reconocer que todos los seres vivos poseen información genética, siendo esta característica atribuida principalmente a plantas y animales. Esto también da paso a la generación de nuevas concepciones alternativas, como la creencia de que las células vegetales no poseen cromosomas (Caballero, 2008; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Marcos y Esteban, 2017).
- Poca certeza en cómo la información genética es transmitida entre las células de un organismo, principalmente a una falta de conexión entre los conceptos de herencia y división celular (Azeglio et al. 2015; Lewis & Wood-Robinson, 2000).
- Respecto al concepto de mutación, Ayuso y Banet (2002), encontraron que los estudiantes les suelen dar a las mutaciones una connotación negativa, además de asociarlas a cambios drásticos que sufre un organismo en pos de adaptarse a cambios en el ambiente.
- Finalmente, el alumnado presenta confusión sobre cuál es el propósito de la reproducción sexual y cómo esta es llevada a cabo. Además, se suelen atribuir los mecanismos de reproducción sexual solamente a los animales, excluyendo a organismos como las plantas (Caballero, 2008; Lewis & Wood-Robinson, 2000).

La Biología Celular, Biología Molecular y Genética en el currículum nacional

Si bien, como se mencionó anteriormente, el currículum en ciencias se enfoca en el desarrollo de competencias (conocimientos, habilidades y actitudes), dentro de este apartado daremos un mayor énfasis a los conocimientos o contenido teórico que se aspira a que los estudiantes interioricen; pues, la investigación se enmarca específicamente en las concepciones alternativas generadas en los docentes en formación de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología. Es importante dejar en claro que la educación en ciencias está presente de forma obligatoria durante todos los años de formación en el sistema educativo (Cofré et al., 2010), independiente del tipo de establecimiento educativo o formación que el estudiante elija. Por ejemplo, si un estudiante opta por cursar una especialidad técnica en Contabilidad o Mecánica Automotriz; debe cursar la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía dentro de su formación general, la cual busca desarrollar la alfabetización científica en los estudiantes (UCE, 2019).

Respecto a los contenidos que busca abordar el currículum en ciencias a lo largo de la educación básica y media; estos se basan en Las Grandes Ideas de la Ciencia propuestas por Harlen (2010), ideas que se complementan con los objetivos de aprendizaje establecidos para cada nivel. La Unidad del Currículum y Evaluación (2021b) menciona estas grandes ideas como la base o el núcleo que les permitirán a los niños y jóvenes desde 1° básico hasta 4° medio, generar nuevos conocimientos y explicaciones sobre el mundo que les rodea y poder tener una base en ciencias naturales que les sea de utilidad durante y después de completar sus estudios obligatorios, independiente de que los estudiantes decidan ingresar a carreras de educación superior relacionadas a las ciencias o no.

Tabla 1. Grandes ideas de las Ciencias dadas por el MINEDUC y Grandes ideas de las Ciencias planteadas por Harlen en 2010

<p>Grandes Ideas de la Ciencia declaradas en el programa de estudio de Ciencias para la Ciudadanía (UCE, 2021)</p>	<p>Grandes Ideas de la Ciencia dadas por Harlen (2010)</p>
<p>GI.1 Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medio ambiente.</p> <p>GI.2 Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema.</p> <p>GI.3 La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.</p> <p>GI.4 La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivientes y extintos.</p> <p>GI.5 Todo material del Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.</p> <p>GI.6 La cantidad de energía en el Universo permanece constante.</p>	<p>GI.1 Todo material en el Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.</p> <p>GI.2 Los objetos pueden afectar otros objetos a distancia.</p> <p>GI.3 El cambio de movimiento de un objeto requiere que una fuerza neta actúe sobre él.</p> <p>GI.4 La cantidad de energía del universo siempre es la misma, pero la energía puede transformarse cuando algo cambia o se hace ocurrir.</p> <p>GI.5 La composición de la Tierra y de la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ellas le dan forma a la superficie de la Tierra y afectan su clima.</p> <p>GI.6 El sistema solar es una muy pequeña parte de una de las millones de galaxias en el Universo.</p> <p>GI.7 Los organismos están organizados en base a células.</p> <p>GI.8 Los organismos requieren de suministro de energía y de materiales de</p>

<p>GI.7 El movimiento de un objeto depende de las interacciones en que participa.</p> <p>GI.8 Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tiene las condiciones necesarias para la vida.</p>	<p>los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos.</p> <p>GI.9 La información genética es transmitida de una generación de organismos a la siguiente generación.</p> <p>GI.10 La diversidad de los organismos, vivientes y extintos, es el resultado de la evolución.</p>
--	---

Biología Celular

El estudio de la célula; ya sea, su función, estructura, clasificación y ciclo de vida, es esencial para comprender las grandes ideas de las ciencias sobre las cuales se basan los contenidos abordados en el área de la Biología dentro del currículum nacional. De acuerdo a lo declarado por el MINEDUC en sus bases curriculares y programas de estudio, la Biología celular es un contenido que se aborda de forma obligatoria en; 5° básico, en donde el alumno debe comprender que los seres vivos están formados por células y conocer los niveles de organización de los seres vivos; 8° básico, historia de la Biología celular, organelos y clasificación de las células; y, 2° medio, ciclo celular y control de este ciclo en la prevención de enfermedades como el cáncer (UCE, 2016).

Ya en 3° y 4° medio; además de la Asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, los estudiantes que siguen un plan de formación científico-humanista pueden optar a las asignaturas de Biología Celular y Molecular y Ciencias para la Salud; ambas profundizan en el conocimiento de la célula. Dentro de la asignatura de Biología Celular y Molecular se hace énfasis en la disciplina como tal y su desarrollo en el mundo a lo largo de la historia; además de profundizar en la estructura y organización de las células. En Ciencias para la Salud, existe un mayor enfoque en los procesos fisiológicos de las células y su metabolismo (UCE, 2019).

Biología Molecular

La Biología molecular; si bien no toma un rol tan amplio ni específico dentro del currículum nacional en los primeros niveles de formación (a diferencia de Biología

celular); se aborda en 2° medio con el fin de conocer la estructura y funcionamiento del ADN y algunos procesos de manipulación genética en los seres vivos (UCE, 2019); temáticas muy presentes en controversias sociocientíficas como el uso de vacunas, tratamientos con células madre o el consumo de alimentos transgénicos; que, según afirman Díaz y Jiménez (2012), al conocer dichas controversias y tener una postura respaldada por evidencia científica frente a estas; les permite a los estudiantes enriquecer su propia cultura y participar de forma más activa en el desarrollo e implementación de estas tecnologías.

Dentro de la asignatura de Biología Celular y Molecular ya se aborda este contenido con una mayor profundidad, centrándose en el dogma central de la biología molecular (replicación, transcripción y traducción del ADN); las biomoléculas, como las proteínas y los ácidos nucleicos, y las principales controversias sociocientíficas asociadas a esta disciplina (UCE, 2021a).

Genética

La forma en que la información genética se transmite de generación en generación y permite la evolución de los seres vivos por medio de la variabilidad genética, sin duda es un contenido necesario para el aprendizaje de las grandes ideas de las ciencias, y el logro de los objetivos de aprendizaje de conocimientos y comprensión (UCE, 2021b). Los estudiantes tienen sus primeras aproximaciones a la genética durante 1° medio, en donde usualmente se les presenta como un mecanismo que permite explicar la evolución moderna. Luego, en 2° medio se abordan la meiosis celular, tipos de reproducción, y procesos de herencia, principalmente el mecanismo de herencia mendeliana (UCE, 2016).

A diferencia de Biología Celular y Biología Molecular, el estudio de la Genética no forma parte de una asignatura electiva por sí misma; sin embargo, los aportes de esta disciplina resultan fundamentales a la hora de sentar una base conceptual y complementar el aprendizaje de contenidos declarados en las bases curriculares de 3° y 4°: Ciencias para la Salud, en donde se abordan contenidos asociados a la epigenética para explicar la salud humana; Biología de los ecosistemas, en donde se explica la biodiversidad actual a partir de la evolución, y Biología Celular y Molecular, en donde se describen algunos de los mecanismos de regulación génica (UCE, 2019).

DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

La presente investigación está definida dentro de un **enfoque mixto** (con predominancia en el enfoque cuantitativo; es decir, CUAN+cual), el cual combina aspectos metodológicos tanto cualitativos como cuantitativos con el fin de complementar ventajosamente ambos enfoques y lograr así recabar un mayor rango de evidencias para un nivel más profundo de comprensión del fenómeno a estudiar, logrando así también una mayor seguridad y certeza en las conclusiones obtenidas a partir de la investigación (Hernández-Sampieri et al., 2014); en este caso, sobre las concepciones alternativas en diversas áreas de la biología de profesores en formación. Respecto al uso de enfoques mixtos en la investigación educativa, Pereira (2011) señala que este enfoque ha ganado gran relevancia en la investigación educativa, pues les permite a los investigadores la “comprensión, profundización o transformación de aspectos en el campo educativo” (p.16), independiente del objetivo de cada investigación.

Diseño y dimensión temporal de la investigación

Se considera que dentro de esta investigación existe una clara predominancia por las evidencias de carácter cuantitativo; sin embargo, se han aplicado preguntas de carácter cualitativo con el fin de ampliar la información que se pueda llegar a obtener a partir de los datos cuantitativos sobre el objeto de estudio. Esta descripción se corresponde con el **Diseño de tipo Anidado Concurrente de Modelo** (DIAC, de ahora en adelante); en el cual, de acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2014), tanto la evidencia cuantitativa como cualitativa es obtenida de forma simultánea; no obstante, se logra distinguir un método o enfoque principal, siendo el enfoque secundario “incrustado” al principal con el fin de ampliar la información obtenida sobre el fenómeno estudiado.

No se considera que este estudio sea de carácter secuencial, ya que el instrumento que recopiló la evidencia cuantitativa y cualitativa fue aplicado en una sola instancia a la muestra, por lo que también se desprende que este estudio cuenta con una **temporalidad transversal**. El uso de estudios transversales resulta tremendamente útil para el propósito de esta investigación (identificar concepciones alternativas en profesores en formación); pues, este tipo de estudios se caracteriza por ser económico y permite determinar la prevalencia de una condición dentro de una

población determinada (Cvetkovic-Vega et al., 2021); en este caso, la presencia de concepciones alternativas en Biología Celular, Biología Molecular y Genética en los profesores de Biología en formación inicial docente.

Alcance de la investigación

El alcance del estudio es de **carácter descriptivo**, pues no hay una mayor manipulación o se busca generar algún tipo de estudio experimental sobre la muestra; por el contrario, se busca ampliar el conocimiento ya existente acerca de las concepciones alternativas en ciencias en la muestra de interés, la cual será descrita más adelante.

Unidad de análisis

Para la presente investigación, la unidad de análisis son las Concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética en los estudiantes de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.

Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo que se ha utilizado durante el desarrollo del estudio fue del tipo No probabilístico por Conveniencia, pues la selección de la muestra está sujeta únicamente a los criterios que se consideraron necesarios para cumplir con el objetivo de la investigación; y, además, es una muestra accesible para ser estudiada, con proximidad a los investigadores y alta probabilidad de aceptar formar parte de la investigación (Otzen y Manterola, 2017). Para el caso de este estudio, tanto los investigadores como los estudiantes de Pedagogía se encuentran afiliados a la Universidad de Concepción.

Población

La población a analizar durante esta investigación son los estudiantes de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, campus Los Ángeles.

Muestra

La muestra seleccionada para este estudio son los estudiantes de 4° y 5° año de la carrera de PCNB de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.

Criterios para selección de muestra

La muestra fue seleccionada en base al cumplimiento de los siguientes criterios:

- Estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, del campus Los Ángeles.
- Estudiantes que hayan cursado y aprobado las asignaturas de Biología Básica y Celular, Genética General y Biología Molecular e Ingeniería Genética, las cuales forman parte de la malla curricular de la carrera desde el año 2016 (Figura 1).

	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4	SEMESTRE 5	SEMESTRE 6	SEMESTRE 7	SEMESTRE 8	SEMESTRE 9	SEMESTRE 10
	Educación, Sociedad y Desarrollo Humano	La Profesión Docente	Inclusión y Exclusión Social en Educación	Psicología Educativa	Teorías y Diseños Curriculares	Evaluación para el Aprendizaje	Fundamentos y Principios Didácticos de la Especialidad	Métodos de la Investigación Educativa	Práctica Profesional en Orientación y Jefatura de Curso	
	Alfabetización Académica	Tecnologías de Información en el Aula	Electivo	Electivo	Análisis Organizacional y Liderazgo Educativo	Práctica Intermedia I: Orientación para la Formación Integral	Orientación Educativa	Diseño e Implementación Didáctica en la Especialidad	Práctica Profesional en la Especialidad	
	Química General I	Química General II	Química Orgánica y Básica	Bioquímica	Asignatura Integradora Práctica Inicial: Gestión de los Procesos Curriculares y Evaluativos	Electivo	Asignatura Integradora Práctica Intermedia II: Didáctica de la Especialidad	Asignatura Integradora Práctica Avanzada: Diseños Didácticos de la Especialidad	Trabajo de Titulación	
	Biología Básica y Celular	Biología Integral	Recursos Naturales	Biología Humana y Salud	Zoología	Anatomía Descripción	Fisiología Humana I	Fisiología Humana II		
	Matemática I	Matemática II	Cálculo en una Variable	Estadística	Botánica	Ecología	Biología del Desarrollo	Principios de la Evolución		
	Introducción a la Geofísica	Mecánica y Calor	Electricidad y Magnetismo	Ondas y Óptica	Histología Humana	Genética General	Biología Molecular e Ingeniería Genética	Fisiología Vegetal		
					Complementario			Proyecto Biotecnología en el Aula		

Información referencial. Datos que se modificaron.

NOTA: Extraído desde <https://admision.udec.cl/>

Figura 1. Malla curricular actual (año 2022) de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción

Variables

Las variables a analizar durante el transcurso de la investigación son:

- **Variable Dependiente:** Son las concepciones alternativas en Biología Celular, Biología molecular y Genética presentes en los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, campus Los Ángeles.

- **Variable Independiente:** Corresponde al desarrollo académico que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, campus Los Ángeles.

Técnicas de recolección de datos

Los datos fueron recolectados por medio de la aplicación de un instrumento único de tipo cuestionario, el cual tuvo los siguientes objetivos:

- Describir a los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología (PCNB) de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.
- Identificar el grado de las concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología (PCNB) de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, durante el segundo semestre del 2022.

Con el fin de cumplir con los objetivos descritos, el formulario contó con una amplia variedad de ítems de diagnóstico: Preguntas cerradas (Preguntas de selección múltiple, de categoría múltiple y encuestas con escala tipo Likert), preguntas de respuesta abierta y representaciones gráficas (elaboración de esquemas y dibujos). Esta variedad dentro del instrumento responde a que a lo largo del tiempo en que se han estudiado las concepciones alternativas, predomina el uso de preguntas cerradas (ya sea por dicotomía o de selección múltiple) que permiten clasificar e identificar las concepciones con facilidad, pero también es necesario el uso de preguntas abiertas para comprender de mejor forma el origen de las concepciones alternativas y los procesos de razonamiento que llevan a las mismas (Yip, 1998).

El cuestionario se encuentra dividido en tres dimensiones: Biología celular, Biología molecular y Genética. Además, a cada pregunta se le asignó un puntaje determinado, con el propósito de lograr cuantificar las concepciones alternativas de los profesores en formación. Para la elaboración y selección de las preguntas del instrumento, esta investigación se basó principalmente en:

- Los contenidos vigentes dentro del currículum nacional en Ciencias naturales para las áreas de Biología celular, Biología molecular y Genética (Bases y Programas Curriculares).

- Múltiples artículos consultados sobre las concepciones alternativas en las áreas de interés para esta investigación, teniendo como muestras tanto a docentes como a estudiantes.

Tabla 2. Artículos consultados para la elaboración del instrumento de evaluación

Autor (año)	Título	Dimensión
Azeglio, L., Mayoral, L y Sara, C. (2015)	Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria.	Biología celular, Genética
Bastidas, L. y Oliveros, M. (2018)	Aproximación a las concepciones sobre ADN y ARN de estudiantes del grado noveno de la institución educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila.	Biología molecular
Caballero, M. (2008)	Algunas Ideas del Alumnado de Secundaria sobre Conceptos Básicos de Genética.	Genética
Iguíñez, F. y Puigcerver, M. (2013)	Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria.	Genética
Jiménez, G. (2020)	Concepciones alternativas sobre Genética en estudiantes de 3er año de enseñanza media de dos establecimientos educacionales de la ciudad de Los Ángeles.	Biología celular, Biología molecular, Genética
Lewis, J. & Wood- Robinson, C. (2000)	Genes, chromosomes, cell division and inheritance - Do students see any relationship?	Biología celular, Genética

Machová, M. & Ehler, E. (2019)	Revealing students' misconceptions about basics of molecular biology and genetics.	Biología molecular
Marcos, J. y Esteban, R. (2017)	Concepciones alternativas sobre biología celular y microbiología de los maestros en formación: implicaciones de su presencia.	Biología celular, Biología molecular
Suwono, H.; Imán, T.; Lestari, U.; Lukiaty, B.; Fachrunnisa, L.; Kusairi, S.; Saefi, M.; Fauzi, A. & Fitri, M. (2019)	Cell Biology Diagnostic Test (CBD-Test) portrays pre-service teacher misconceptions about biology cell	Biología celular

Molina et al. (2006), señalan que es fundamental para cualquier cuestionario, el cual pretenda ser evidencia significativa de un estudio, cumplir con criterios de calidad clave que permitan otorgar mayor validez y fiabilidad a dicho instrumento. Por lo cual, el instrumento fue validado por un grupo de expertos en las áreas disciplinares a trabajar dentro de la investigación, quienes evaluaron la pertinencia y claridad de las preguntas y la estructura general del cuestionario.

Análisis de datos

Los datos obtenidos a partir del instrumento fueron analizados siguiendo el método mixto; de forma cualitativa a partir de las descripciones pertinentes en torno a los resultados entregados, y de forma cuantitativa a través del programa Microsoft Excel, a través del cual los datos fueron organizados en tablas de frecuencia porcentual y gráficos de barra, con el fin de facilitar su interpretación e identificar de forma precisa las concepciones alternativas presentes en la muestra.

RESULTADOS

A partir de la aplicación del instrumento “*Cuestionario sobre conocimientos fundamentales en Biología Celular, Biología Molecular y Genética*”, sobre una muestra de 14 estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología (edad media de 24 años), se obtuvieron los siguientes datos; los cuales serán agrupados en las dimensiones: Biología Celular, Biología Molecular y Genética.

Para la categorización de los resultados obtenidos (a excepción de la escala Likert), se utilizó como principales referencias las investigaciones de Suwono et al. (2019) y Jiménez (2020) con el fin de visualizar de forma más concreta la presencia de concepciones alternativas en cada ítem. Por otro lado, para la escala Likert, se decidió interpretar los resultados de acuerdo con los criterios utilizados por Marcos y Esteban (2014), en donde preguntas con un porcentaje igual o inferior al 50% de aciertos representan puntos críticos a destacar dentro de este apartado.

A continuación se presenta la siguiente tabla de categorización, la cual muestra las diferentes categorías en las cuales se agruparon los resultados.

Tabla 3. Categorización del grado de apropiación de conocimientos fundamentales sobre Biología Celular, Biología Molecular y Genética

Categoría	Abreviación
Conocimiento Sólido del Contenido	CS
Concepción Alternativa	CA
No Sabe/ No Responde	NR

Dimensión Biología Celular

Pregunta 1. Seleccionar la característica única de la mitosis.

A continuación se presentan los resultados de la pregunta N°1, la cual fue de categoría múltiple (3° categoría); en donde se le solicitaba a la muestra elegir una característica única de la mitosis, luego debían marcar una razón o fundamentación teórica que diese respaldo a su respuesta, y, finalmente señalar el nivel de seguridad de las respuestas entregadas (seguro o inseguro). Para esta pregunta se añadió la categoría “FC (Falta de Conocimiento)” de forma separada a “NR”; debido a la categorización utilizada por Suwono et al. (2019) para preguntas de categoría múltiple (Tabla 4 y 5). Dicha categorización se observa de manera detallada en la Tabla 6.

Tabla 4. Pregunta de 3° categoría: Principal característica de la mitosis

Pregunta	Alternativa	% de respuesta
1° Categoría: Pregunta La mitosis es un tipo de división celular con la siguiente característica única:	A. La división de una célula somática produce dos células hijas con dotación cromosómica n.	0%
	B. La división comienza en las células somáticas con el proceso de cruzamiento, que da como resultado dos células hijas.	28,6%
	C. La división produce dos células somáticas genéticamente idénticas entre sí.	50%
	D. La división se produce en todas las células, tanto en las células embrionarias como en las diferenciadas.	21,4%
2° Categoría: Razón	A. En la división mitótica, el material genético paterno se divide por igual en dos células hijas, de modo que los cromosomas de las dos células hijas son n.	7,1%

	B. La división mitótica comienza con la replicación del ADN en las células madre para formar dos copias de cromosomas que se reparten equitativamente entre dos células hijas.	50%
	C. Todas las células tienen un sistema de información genética en el ADN que controla la capacidad de hacer mitosis.	42,9%
	D. La división mitótica se produce en todas las células, tanto en las Haploides como en las diploides.	0%
3° Categoría: Nivel de Confianza	A. Seguro(a)	35,7%
	B. Inseguro(a)	64,3%

NOTA: Se resalta en **negrita** la alternativa correcta.

De acuerdo con los datos analizados, se obtuvo que el 64,3% (n=9) se encuentra en la categoría **FC**, el 28,6% (n=4) en la categoría **CS**; y, el 7,1% (n=1) en **CA**.

Tabla 5. Resultados obtenidos en pregunta de categoría múltiple sobre mitosis celular

Categoría	% de respuesta	Cantidad estudiantes (n)
CS	28,6%	4
CA	7,1%	1
FC	64,3%	9
NR	0%	0

Tabla 6. Criterios utilizados para analizar las respuestas dadas por los estudiantes
(adaptación de Suwono et al., 2019)

<i>Respuesta</i>			<i>Conclusión</i>
<i>Pregunta</i>	<i>Razón</i>	<i>Nivel de confianza</i>	
√	√	√	CS
√	X	√	
X	√	√	CA
√	√	X	
√	X	X	
X	√	X	
X	X	X	

Nota: (√)= Respuesta correcta; (X)= Respuesta incorrecta

Pregunta 2. Niveles de organización

A continuación se presentan los resultados de la Pregunta N°2, en donde los estudiantes, de acuerdo con sus conocimientos, debían ordenar los siguientes elementos biológicos (de mayor a menor tamaño): **Cromosoma – ADN – Gen – Núcleo – Organismo – Célula.**

Mayor tamaño

Menor tamaño

Tabla 7. Respuestas otorgadas por estudiantes en pregunta sobre niveles de organización

Categoría	Respuesta (mayor a menor tamaño)	Porcentaje	n	
CS	Organismo – Célula – Núcleo – Cromosoma – ADN – Gen	28,6%	4	
CA	Organismo – Célula – Núcleo – ADN – Cromosoma – Gen	28,6%	4	8
	Organismo – Célula – Núcleo – Cromosoma – Gen – ADN	7,1%	1	
	Organismo – Célula – Núcleo – Gen – Cromosoma – ADN	14,3%	2	
	Organismo – Cromosoma – ADN – Gen – Célula – Núcleo	7,1%	1	
NR	Gen – Cromosoma – ADN – Núcleo – Célula – Organismo	7,1%	1	2
	ADN – Cromosoma – Gen – Núcleo – Célula – Organismo	7,1%	1	

NOTA: Se resalta en **negrita** la alternativa correcta.

De la muestra de 14 estudiantes, el 28,6% (n=4) demostró un conocimiento científico apropiado sobre los niveles de organización; por otro lado, hubo un 57,1% (n=8) de estudiantes que presentaron concepciones alternativas al organizar las relaciones “cromosoma – ADN” y “gen – ADN”. Por último, el 14,2% (n=2) de alumnos no lograron organizar ningún concepto según lo solicitado.

Pregunta 3. Escala Likert sobre acuerdo/desacuerdo en Biología Celular:

En este ítem, a los estudiantes se les presentó una serie de enunciados, sobre los cuales debían marcar si estaban de acuerdo o en desacuerdo con cada aseveración.

De acuerdo con la información de la Tabla 7, se identifican concepciones alternativas en los enunciados N°2 (50% acierto; n=7), N°6 (50% acierto; n=7) y N°8 (42,9% acierto; n=6). El enunciado N°2 señala que existen concepciones alternativas sobre la presencia de cromosomas sexuales en todas las células; mientras que los enunciados N°6 y N°8 se asocian a los procesos de división celular (mitosis y meiosis).

Tabla 8. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre Biología Celular

N°	Enunciado	Porcentaje de acierto
1	Una molécula es más pequeña que una célula.	78,6%
2	Los cromosomas sexuales se encuentran en todas las células con núcleo.	50%
3	Los cloroplastos son una estructura exclusiva de las células vegetales, mientras que las mitocondrias lo son de las células eucariotas (animales y vegetales).	78,6%
4	La función del núcleo celular es controlar las actividades celulares.	64,3%
5	La principal diferencia entre una célula eucariota y una procariota es la posesión de núcleo celular.	85,7%
6	En la mitosis se obtienen como resultado dos células hijas diploides.	50%
7	Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la meiosis.	92,9%
8	En la profase meiótica ocurre recombinación homóloga de cromátides no hermanas de cromosomas homólogos.	42,9%

NOTA: Se resalta en **negrita** los conceptos y porcentajes de aciertos $\leq 50\%$.

Dimensión Biología Molecular

Pregunta 4. ¿Qué es el ADN?:

Frente a esta pregunta de respuesta abierta, se obtuvo que el 100%(n=14) de los estudiantes describió al ADN como: un ácido nucleico, el portador del material genético de los seres vivos y/o que posee información de carácter hereditario. Estas definiciones también se complementan en algunos casos con algunas características del ADN, como su estructura y composición.

- **¿En dónde se encuentra esta macromolécula?**

Sobre la ubicación del ADN, el 71,5% (n=11) de la muestra tuvo un conocimiento sólido ante esta pregunta, algunas con mayor precisión que otras (Tabla 9). El 21,4% (n=3) no respondió a esta pregunta y; finalmente, el 7,1% (n=1) tuvo concepciones alternativas.

Tabla 9. Resultados obtenidos sobre qué es el ADN

Pregunta	Respuestas dadas por estudiantes (adaptación)	% de respuesta		Categoría
¿Qué es el ADN?	Es el material genético y/o hereditario.	78,6%	100%	CS
	Es una macromolécula, específicamente, un ácido nucleico.	21,4%		
¿En dónde se encuentra esta macromolécula?	En el núcleo de células eucariontes y el citoplasma/nucleoide de células procariontes.	28,6%	71,5%	CS
	En el núcleo celular.	28,6%		
	En todas las células.	14,3%		
	En células sexuales.	7,1%	7,1%	CA
	No responde.		21,4%	NR

Pregunta 5. Nuestro cuerpo está formado por muchas células que conforman una variedad de tejidos diferentes con diversas funciones (huesos, músculos, etc.). ¿Todas estas células tienen la misma información genética?:

El 50% (n=7) de la muestra afirmó que todas las células de un organismo poseen información genética distinta entre sí; justificando esta respuesta principalmente de dos maneras: primero, por la variedad de funciones que las células llevan a cabo al interior del cuerpo y, segundo, porque las células sexuales cuentan con sólo la mitad de la información genética total.

Por otro lado, el 50% (n=7) de los estudiantes señaló que todas las células poseen la misma información genética, explicando que esta se expresa de distinta manera dependiendo de la función que cada célula va a desempeñar.

Tabla 10. Resultados obtenidos sobre la información genética en las células

Respuesta	Justificación (adaptación)	% de respuesta		Categoría
Sí	Todas las células diploides presentan la misma información genética.	7,1%	50%	CS
	Cada célula contiene la totalidad de nuestra información genética porque provienen de la misma célula durante el desarrollo embrionario.	21,4%		
	Misma información, pero que se expresa de manera distinta de acuerdo con la función de la célula.	21,4%		
No	Las células poseen distinta información genética de acuerdo con la función a desempeñar.	42,9%	50%	CA
	Los gametos solo tienen la mitad de la información.	7,1%		

Pregunta 6. En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Usted piensa que la herencia reside en la sangre?

El 92,9% (n=13) de los estudiantes respondió que la información genética no se encuentra en la sangre, justificando que, pese a que factores como los grupos sanguíneos están asociados a la herencia, la información hereditaria reside en el ADN de todas las células. Por otro lado, el 7,1% (n=1) indica que la herencia reside en la sangre, asociándolo principalmente a los métodos para determinar la paternidad.

Tabla 11. Resultados obtenidos sobre relación entre la herencia y la sangre

Respuesta	Justificación (adaptación)	% de respuesta		Categoría
Sí	A través de los grupos sanguíneos se puede determinar la paternidad.	7,1%		CA
No	La herencia reside en el ADN de todas las células.	71,4%	92,9%	CS
	Pese a tener el mismo grupo sanguíneo, la información genética varía entre individuos.	21,4%		

Pregunta 7. Si nos referimos al flujo de la información genética, cuál de las siguientes alternativas presenta la secuencia correcta en que ocurre este proceso:

De la cantidad de 14 estudiantes, se obtuvo que el 64,3% (n=9) respondieron la pregunta correctamente, mientras que el 35,7% (n=5) de la muestra tuvo dificultades para identificar el orden correcto en este ítem, revelando la presencia de concepciones alternativas en torno al flujo de información genética.

Tabla 12. Resultados obtenidos sobre el flujo de la información genética

Categoría	Alternativa	% de respuesta		Cantidad estudiantes (n)	
CA	ARN Transcripción Proteína Traducción ADN	14,3%	35,7%	2	5
	ARN Transcripción ADN Traducción Proteína	14,3%		2	
	ADN Transcripción Proteína Traducción ARN	7,1%		1	
CS	ADN Transcripción ARN Traducción Proteína	64,3%		9	
NR	No Responde	0%		0	

Pregunta 8. Escala Likert sobre acuerdo/desacuerdo en Biología Molecular:

En este ítem, a los estudiantes se les presentó una serie de enunciados, sobre los cuales debían marcar si estaban de acuerdo o en desacuerdo con cada aseveración.

Dentro de los resultados obtenidos en este ítem, sólo el enunciado N°3 obtuvo un valor inferior al 50% (42,9%; n=8), por lo que se observa que la muestra presenta concepciones alternativas sobre la estructura del ADN, específicamente confundiendo los enlaces peptídicos con los puentes de hidrógeno.

Tabla 13. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre

Biología Molecular		
N°	Enunciado	Porcentaje de acierto
1	El ADN es un ácido nucleico.	71,4%
2	El ADN se encuentra en todas las células de los seres vivos.	78,6%
3	Las cadenas complementarias del ADN no están unidas por medio de enlaces peptídicos.	42,9%
4	La timina es un nucleótido que no está presente en todos los ácidos nucleicos.	78,6%

NOTA: Se resalta en **negrita** los conceptos y porcentajes de aciertos ≤ 50 %.

Dimensión Genética

Pregunta 9. ¿Qué es un gen?

De la muestra de 14 estudiantes frente a esta pregunta de respuesta abierta, el 42,9% (n=6) demostró un conocimiento científico apropiado sobre qué es un gen; otro 42,9% (n=6) de estudiantes presentaron concepciones alternativas; como, por ejemplo, asociar al gen cómo un sinónimo del ADN. Por último, el 14,3% (n=2) de la muestra no respondió a esta pregunta.

Tabla 14. Resultados obtenidos sobre qué es un gen

Respuestas dadas por estudiantes (adaptación)	% de respuesta	Categoría
Unidad que contiene información genética	14,3%	CS
Unidad funcional de la genética, fragmento de ADN	14,3%	
Unidad que permite codificar un producto peptídico.	14,3%	
Es la información genética	14,3%	CA
Hebra de ADN	7,1%	
Característica que se expresa	14,3%	
Porción de alelo	7,1%	
No responde	14,3%	NR

Pregunta 10. Selección múltiple.

Dentro de este ítem, se les presentó a los estudiantes una serie de preguntas las cuales podían ser respondidas por medio de selección múltiple, pudiendo marcar todas las alternativas que considerasen correctas. Este ítem tuvo por finalidad pesquisar concepciones sobre las características de la información genética tanto en distintos tipos celulares como en distintos organismos; además de buscar identificar posibles concepciones alternativas sobre el tipo de reproducción de los seres vivos.

A. Preguntas sobre la presencia de material genético en distintos tipos de células

Frente a la pregunta “¿Qué células contienen información hereditaria?”, el 42,9% (n=6) de los estudiantes presentaron concepciones alternativas, atribuyendo la presencia de información hereditaria principalmente a las células reproductivas (Figura 2). Por otro lado, sobre “¿Qué células contienen cromosomas sexuales?”, el 78,6% (n=11) de la muestra tuvo concepciones alternativas, una vez más dándole esta característica a los espermatozoides y ovocitos (Figura 3).

Tabla 15. Resultados obtenidos en preguntas sobre el material genético en distintos tipos de células

Pregunta	Categoría	% de respuesta	Cantidad estudiantes (n)
¿Qué células contienen información hereditaria?	CS	57,1%	8
	CA	42,9%	6
	NR	0%	0
¿Qué células tienen cromosomas sexuales?	CS	21,4%	3
	CA	78,6%	11
	NR	0%	0

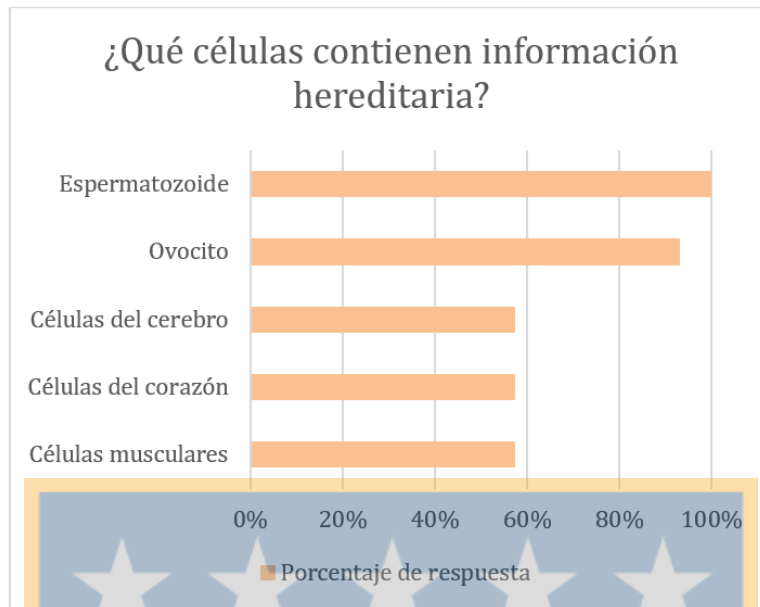


Figura 2. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué células contienen información hereditaria?



Figura 3. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?

B. ¿Qué organismos poseen información genética?

Del total de la muestra de 14 estudiantes, un 50% (n=7) demostró un conocimiento sólido en torno a la pregunta; mientras que el otro 50% (n=7) presentó concepciones alternativas de algún tipo. Estas concepciones consisten principalmente en excluir microorganismos; tales como los virus, levaduras, hongos y bacterias (Figura 4). Cabe destacar que, los virus, si bien son complejos supramoleculares y no organismos vivos, se encuentran presentes en esta pregunta debido a que poseen material genético.

Tabla 16. Resultados obtenidos en pregunta sobre información genética en distintos organismos

Categoría	% de respuesta	Cantidad estudiantes (n)
CS	50%	7
CA	50%	7
NR	0%	0

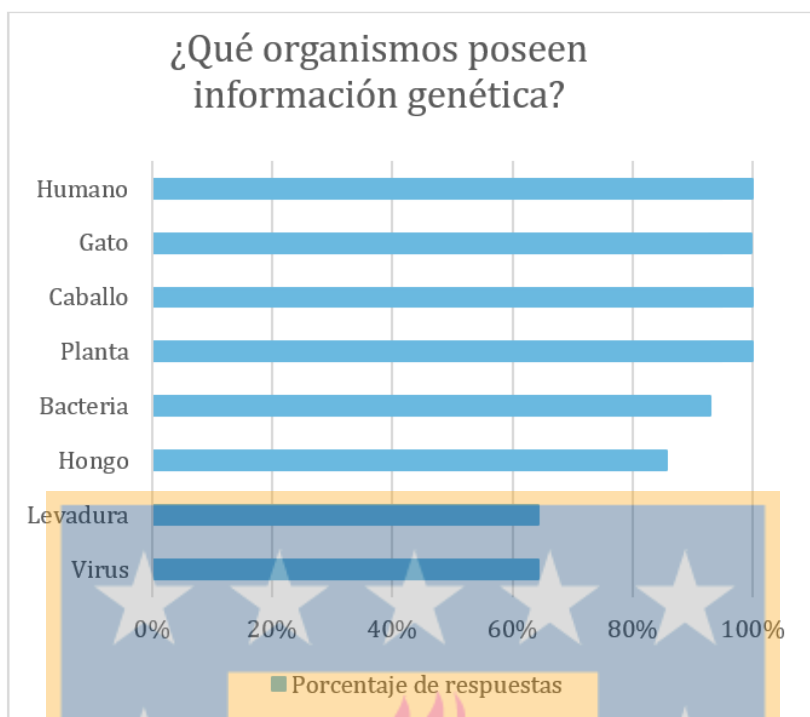


Figura 4. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Qué organismos poseen información genética?

C. ¿Cuál(es) de los siguientes organismos se reproducen sexualmente?

De un total de 14 estudiantes de la carrera, se obtuvo que un 92,9% (n=13) tuvo concepciones alternativas sobre qué tipo de organismos pueden reproducirse sexualmente. De acuerdo con la Figura 5, los estudiantes asocian la reproducción sexual principalmente a los animales; específicamente, a los mamíferos. Por otro lado, el 7,1% (n=1), presentó un conocimiento sólido ante esta pregunta.

Tabla 17. Resultados obtenidos en pregunta sobre reproducción sexual en distintos organismos

Categoría	% de respuesta	Cantidad estudiantes (n)
CS	7,1%	1
CA	92,9%	13
NR	0%	0

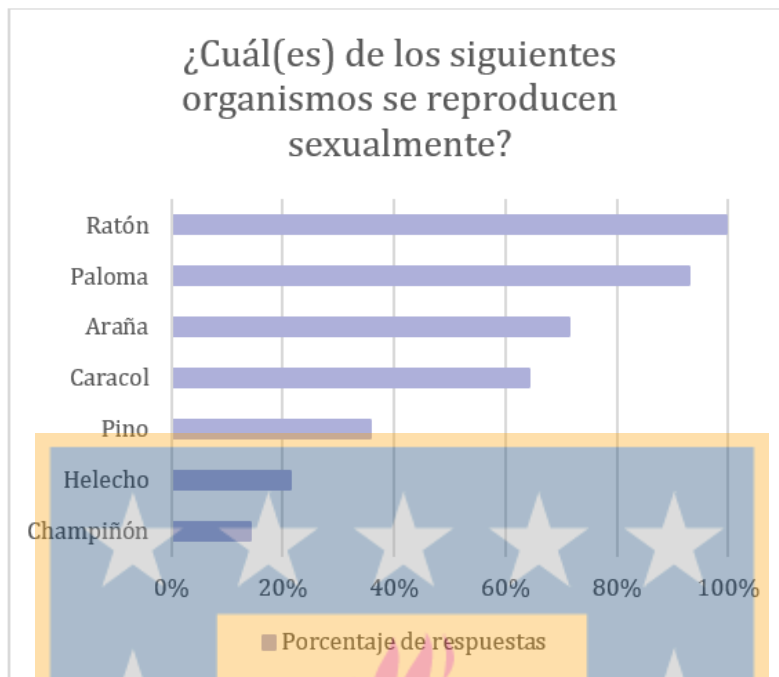


Figura 5. Porcentajes respuestas a la pregunta: ¿Cuál(es) de los siguientes organismos se reproducen sexualmente?

Pregunta 11. Escala Likert sobre acuerdo/desacuerdo en Genética

En este ítem, a los estudiantes se les presentó una serie de enunciados, sobre los cuales debían marcar si estaban de acuerdo o en desacuerdo con cada aseveración.

Dentro de este ítem, para la dimensión Genética se observa en el enunciado N°2, que el 14,3% (n=2) logró responder correctamente, indicando que existe una concepción alternativa sobre hasta qué punto el ambiente puede influenciar en la expresión de determinados caracteres en el individuo.

Tabla 18. Porcentaje de acierto obtenido por los estudiantes en cada enunciado sobre

Genética		
N°	Enunciado	Porcentaje de acierto
1	Todos los seres vivos poseen cromosomas.	85,7%
2	Los factores hereditarios pueden influir en la aparición de un determinado carácter por sobre los factores ambientales.	14,3%
3	Locus se denomina al lugar que un alelo ocupa en el cromosoma.	85,7%
4	Cada organismo diploide posee 2 alelos para una característica. Estos 2 alelos se separan cuando se forman los gametos, en proporciones iguales.	64,3%

NOTA: Se resalta en **negrita** los conceptos y porcentajes de aciertos ≤ 50 %.

Pregunta 12. Dibujo de célula eucariota animal, esquematizando y rotulando: ADN y Cromosoma

Se realizó esta pregunta para detectar si los estudiantes poseían concepciones alternativas sobre la ubicación del material genético al interior de las células. Si bien en los esquemas (Figura 6) se logra apreciar una gran variedad en los detalles o formas entregadas por los estudiantes, el 100% (n=14) de la muestra demostró un conocimiento sólido en esta pregunta, rotulando de manera correcta el ADN y los cromosomas al interior de la célula eucariota animal.

Tabla 19. Resultados obtenidos en representación de cromosoma y ADN

Categoría	% de respuesta	Cantidad estudiantes (n)
CS	100%	14
CA	0	0
NR	0	0

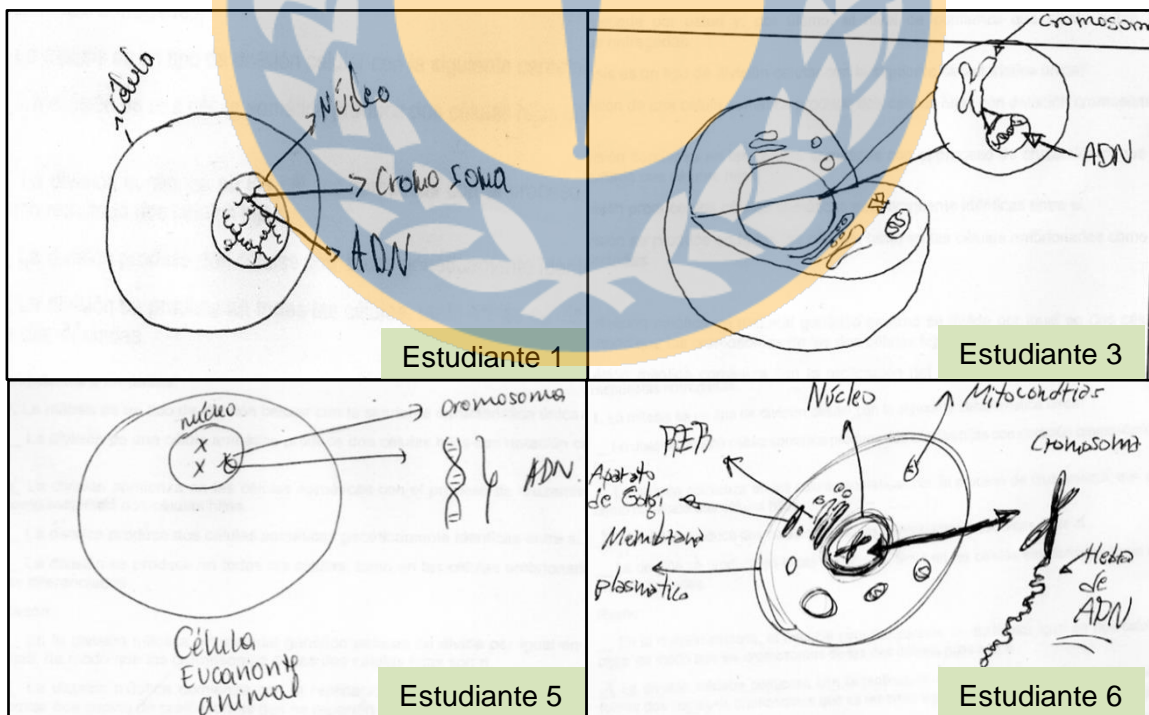


Figura 6. Dibujos realizados por estudiantes

DISCUSIÓN

A partir de la aplicación del instrumento “*Cuestionario sobre conocimientos fundamentales en Biología Celular, Biología Molecular y Genética*”, se obtiene que los estudiantes de 4° y 5° año de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, poseen concepciones alternativas fundamentales en las dimensiones de Biología Celular, Biología Molecular y Genética.

A continuación, se hará un análisis de las concepciones alternativas pesquisadas por dimensión:

Dimensión Biología Celular

De acuerdo con el análisis hecho a los datos obtenidos; no se encontraron concepciones alternativas asociadas a la **Pregunta 1** (categoría múltiple, 3° categoría), que pretendía identificar posibles concepciones alternativas sobre la mitosis celular. Pese a que sólo un 28,6% de los estudiantes presentó un conocimiento sólido sobre este proceso de división celular; lo que predominó en la muestra fue una falta de conocimiento (64,9%), ya que los estudiantes señalaron que no se sentían seguros con las respuestas otorgadas (Anexo 3); y, si se toma en cuenta una de las principales características de las concepciones alternativas, tenemos que estas son muy difíciles de modificar pues el individuo posee seguridad en sus concepciones alternativas, ya que estas ideas le permiten explicar e interactuar con su propio entorno y día a día (Rodríguez, 1999).

Sobre la **Pregunta 2**, se identificaron concepciones alternativas sobre los niveles de organización de algunos elementos biológicos (57,1%); específicamente en los conceptos de ADN, cromosoma y gen, coincidiendo con los resultados obtenidos por Lewis & Wood-Robinson (2000) sobre una muestra de estudiantes ingleses de entre 14 y 16 años, quienes poseían concepciones alternativas a la hora de relacionar esos conceptos; en especial, los de “*cromosoma*” y “*gen*”. Los autores atribuyeron principalmente esta concepción a un desconocimiento de la definición de gen y cromosoma como tal.

Respecto a la **Pregunta 3**, la cual consistió en una escala Likert sobre Biología Celular en donde los estudiantes debían señalar si estaban de acuerdo o no respecto a una serie de ocho enunciados, se obtuvieron concepciones alternativas en los

enunciados N°2, 6 y 8. Para el enunciado 2, el 50% de la muestra presentó una concepción alternativa respecto a la presencia de cromosomas sexuales en todas las células con núcleo, siendo estos resultados similares a los obtenidos en el estudio de Marcos y Esteban (2017), quienes pesquisaron concepciones alternativas sobre Biología celular y Microbiología en profesores en formación; sugiriendo que, para la enseñanza de conceptos abstractos como los cromosomas, el docente debe hacer énfasis en las nociones equivocadas sobre estos conceptos en conjunto con sus respectivas explicaciones.

Por otro lado, los enunciados N°6 y 8 se encontraban asociados a los procesos de división celular; en donde el 50% de la muestra presentó concepciones alternativas en cuanto a los conceptos de haploidía y diploidía, siendo esta una concepción pesquisada previamente en profesores de biología en formación por Suwono et al. (2019); sin embargo, también hay que tener en consideración que el enunciado “En la mitosis se obtienen como resultado dos células hijas **diploides**”, puede prestarse a confusión frente al ciclo de vida de alternancia de generaciones, presente en organismos como plantas, protistas y hongos. Por último, el 57,1% de los estudiantes tuvo concepciones alternativas sobre el proceso de *crossing-over*, lo cual podría deberse, según Azeglio et al. (2015), a que la meiosis y sus mecanismos suelen ser expuestos de manera predominantemente iconográfica a los estudiantes, en donde el *crossing-over* suele representarse entre la profase I y metafase I. Sin embargo, para la muestra de esta investigación se sospecha que otra posible causa puede ser la confusión de los estudiantes en cuanto a la relación entre cromátide y cromosoma homólogo, sobre todo a la hora de identificar cómo estos se modifican a lo largo del proceso de meiosis celular. Esta última concepción alternativa también fue pesquisada por Iguíñez y Puigcerver en 2013 en estudiantes de educación secundaria.

Dimensión Biología Molecular

En relación con la **Pregunta 4**, un 100% de la muestra no presentó concepciones alternativas en cuanto a la definición del ADN, lo cual coincide en cierta medida con los datos obtenidos por Jiménez (2020); por lo que, en ambos estudios, tanto docentes de biología en formación como estudiantes de enseñanza media poseen un conocimiento sólido sobre el concepto de ADN. Además, tampoco hubo concepciones alternativas sobre la ubicación del material genético en los seres vivos; pues el 78,6% de los estudiantes asocia el ADN al interior de las células, aunque presentando una falta de precisión en la mayoría de los casos. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Marcos y Esteban (2014) y Caballero (2008), en donde se menciona que existe un

tratamiento superficial que se hace sobre el concepto de ADN en libros de texto y material de estudio.

En cuanto a la **Pregunta 5**, el 50% de la muestra presentó concepciones alternativas al señalar que las células de un mismo organismo poseen distinta información genética; en donde la mayoría de los estudiantes afirmó que las células, al momento de diferenciarse durante el desarrollo embrionario, dividen o diferencian su información genética para poder desempeñar funciones diferentes en el organismo. Esta información coincide en gran medida con estudios realizados por múltiples autores como Banet y Ayuso (1995), Caballero (2008) y Machová & Ehler (2019) con muestras que van desde estudiantes de educación secundaria a universitarios y profesores, lo cual da a entender que esta concepción alternativa es universal.

Para la **Pregunta 6**, se pretendía pesquisar una concepción alternativa ampliamente registrada en investigaciones previas, la cual consiste en la idea de que la herencia reside en la sangre de las personas, desligando a los gametos en su rol de transmisores de información genética hacia la descendencia; siendo dicha concepción ampliamente difundida por el lenguaje cotidiano en frases como “lo lleva en la sangre” o “hermanos de sangre”; además del uso de los grupos sanguíneos como un ejemplo frecuente al enseñar genética (Caballero, 2008; Bastidas y Oliveros, 2018; Nieberding et al., 2021). Sin embargo, el 92,9% no presentó concepciones alternativas en esta pregunta, ya que indicaron que la información hereditaria se encuentra en todas las células de un ser humano.

Por otro lado, en la **Pregunta 7** tampoco se aprecian concepciones alternativas significativas en la muestra, pues el 64,3% de los estudiantes reconoce correctamente el dogma central de la Biología Molecular, demostrando un conocimiento sólido en torno a los mecanismos que involucran el ADN, ARN y proteínas, contrario a lo arrojado en estudios realizados por Bastidas y Oliveros en 2018 y Nieberding et al. en 2021.

Respecto a la **Pregunta 8**, la escala Likert pretendía pesquisar concepciones sobre la estructura y características principales del ADN por medio de cuatro enunciados. Esta pregunta presentó solo una concepción alternativa significativa en el enunciado N°3; en donde el 57,1% de los estudiantes afirmó que las cadenas complementarias del ADN se encuentran unidas por medio de enlaces peptídicos. Sin embargo, dentro de la misma pregunta, en el enunciado N°1, el 71,4% de los estudiantes clasificó el ADN como un ácido nucleico, lo que da a entender que la concepción

alternativa se asocia específicamente a una confusión entre puentes de hidrógeno y enlaces peptídicos, pero sin asociar necesariamente al ADN como una proteína.

Dimensión Genética

Según los datos obtenidos para la **Pregunta 9**, el 42,9% de la muestra presentó concepciones alternativas a la hora de definir qué era un gen, llegando a considerar a los genes y al ADN como iguales, mientras que otro 14,3% de los estudiantes no logró responder esta pregunta. Sin embargo, esta dificultad a la hora de definir al gen no parece coincidir con los datos obtenidos por Jiménez (2020), en donde la mayor parte de la muestra **presentó un conocimiento sólido ante esta pregunta.**

Al analizar los datos obtenidos en la **Pregunta 10**, la cual consistió en una serie de preguntas de selección múltiple que tenían por objetivo identificar posibles concepciones alternativas sobre la información genética en distintos tipos de células y organismos, se obtuvo que, si bien la mayoría de los estudiantes presentó un conocimiento sólido ante la pregunta *¿qué células contienen información hereditaria?*, el 42,9% de la muestra tuvo concepciones alternativas, afirmando que los gametos son las únicas células que portan información hereditaria (Figura 2). Por otro lado, el 78,6% de los estudiantes presentó concepciones alternativas a la hora de determinar qué células poseen cromosomas sexuales, pues la mayoría señaló que sólo espermatozoides y ovocitos cuentan con cromosomas sexuales (Figura 3); lo cual parece coincidir con los resultados obtenidos por Iguíñez y Puigcerver (2013), Jiménez (2020) y Marcos y Esteban (2017); dando a entender que esta concepción alternativa fundamental en Genética es muy frecuente tanto en estudiantes como en docentes. Luego, frente a la pregunta *¿qué organismos poseen información genética?*, el 50% de los estudiantes tuvo como concepción alternativa el considerar que sólo organismos con altos niveles de complejidad (como animales y plantas) tienen información genética; dejando de lado a organismos tales como las levaduras y los virus (Figura 4). Por último, el 92,9% de los estudiantes tuvo concepciones alternativas sobre qué organismos se reproducen sexualmente, en donde la muestra asoció la reproducción sexual exclusivamente a los animales, dejando en segundo plano organismos como las plantas y hongos, coincidiendo con los hallazgos realizados en investigaciones previas que sirvieron de referencia para este estudio (Caballero, 2008; Lewis & Wood-Robinson 2000).

En la **Pregunta 11**, la cual consistía en una escala Likert con cuatro enunciados sobre Genética, sólo se encontraron concepciones alternativas en el enunciado N°2, en

donde el 85,7% de la muestra indicó que los factores ambientales poseen mayor influencia que la herencia en la aparición de determinados caracteres. Esto coincide con lo planteado por Krüger y Santibáñez (2021), en donde se presenta esta concepción como la creencia de que los caracteres de los individuos dependen fundamentalmente de factores ambientales, con poca o nula influencia genética; dando como ejemplo aspectos como la obesidad, el alcoholismo, la capacidad artística, entre otros. Por lo tanto, para evitar que el alumno desarrolle esta concepción alternativa, es de suma importancia que el docente de a conocer a sus estudiantes que un organismo no está determinado exclusivamente por la expresión génica ni los factores ambientales; sino que en un organismo es normal que *“un genotipo posea información potencial para diferentes fenotipos”* (Krüger y Santibáñez, 2021, p.191).

Finalmente, en la **Pregunta 12** los estudiantes debían dibujar una célula eucariota animal, con el fin de conocer las representaciones mentales que ellos poseían en torno a la localización del ADN y los cromosomas al interior de este tipo de células, el cual, suele ser el más utilizado en la enseñanza de la estructura celular dentro del sistema educativo. Esta pregunta fue aplicada a la muestra tomando como referencia el instrumento de Jiménez (2020), a partir del cual él obtuvo que la mayoría de estudiantes presentan concepciones alternativas sobre las dimensiones y ubicación del ADN y cromosomas (cromosomas y ADN representados como estructuras sin relación alguna, cromosomas más grandes que el núcleo y situados fuera de este, entre otros); sin embargo, sorprendentemente los estudiantes de PCNB elegidos para la muestra presentaron un 100% de conocimiento sólido en este ítem, pudiendo esquematizar y rotular correctamente ambas estructuras al interior de la célula. Sin embargo, ninguno de los estudiantes consideró el ADN extranuclear presente en las mitocondrias.

Ya habiendo analizado la totalidad de preguntas que conformaron el instrumento de diagnóstico para esta investigación, no es sorprendente el hecho de que los profesores en formación posean concepciones alternativas sobre las ciencias; pues, Yip (1999) menciona que tanto docentes en formación como profesores en ejercicio presentan estas concepciones y suelen ser ignoradas por el hecho de que se asume que, al haber pasado por un periodo en educación formal superior, poseen un conocimiento sólido científicamente aceptado. Sin embargo, estas concepciones deben ser reconocidas y atendidas tanto por los estudiantes de PCNB, como por los docentes a cargo de formar profesionales de la educación; ya que el hecho de que estas concepciones alternativas sigan perdurando en los futuros profesores implica que estas ideas eventualmente serán transmitidas a los estudiantes a través del sistema educativo (Dikmenli, 2010),

perpetuando así la existencia de concepciones alternativas fundamentales en Biología Celular, Biología Molecular y Genética a lo largo del tiempo, dificultándole al estudiando el formar una base sólida para la comprensión de las ciencias biológicas y por tanto, el logro de la alfabetización científica necesaria para que estos puedan involucrarse de forma activa en problemáticas sociocientíficas que influyen en su día a día.



CONCLUSIONES

De acuerdo con esta investigación, se puede concluir que los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, efectivamente poseen concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética; por lo cual, se acepta la hipótesis alternativa de investigación. Además, dichas concepciones coinciden en gran medida con concepciones alternativas pesquisadas con anterioridad en múltiples investigaciones que sirvieron de referencia para este estudio.

Las concepciones más frecuentes presentes en los estudiantes fueron:

- Existe una notoria dificultad en el manejo y diferenciación de algunos conceptos asociados a la división celular, específicamente en los conceptos de “*cromátide - cromosoma homólogo*”; y en “*haploide - diploide*” lo que impide que los estudiantes puedan identificar los productos finales de la mitosis y meiosis celular.
- La mayor parte de los docentes en formación señala que las células de un mismo organismo poseen distinta información genética; atribuyéndolo principalmente a, que durante el desarrollo embrionario, las células dividen o diferencian su información genética para poder conformar diversos tejidos en el organismo.
- La muestra no logra definir con claridad el concepto de *gen*, lo que obstaculiza que este sea correctamente relacionado con otros conceptos clave en Genética, tales como *ADN* y *cromosoma*.
- La gran mayoría de estudiantes señala que los factores ambientales poseen mayor influencia que la herencia en la aparición de determinados caracteres en los seres vivos.
- Se asocia la presencia de cromosomas sexuales exclusivamente a los gametos, dejando de lado a las células somáticas. Asimismo, aunque en menor medida, también se le atribuye la presencia de información hereditaria a las células reproductivas por sobre otros tipos de células.

- Los estudiantes presentan una confusión sobre los mecanismos de reproducción de los seres vivos, asociando la reproducción sexual exclusivamente a los animales, excluyendo a las plantas y hongos.

Es necesario que, en el proceso de formación inicial docente, se trabaje de manera colaborativa en torno a las concepciones alternativas fundamentales en Biología celular, Biología molecular y Genética, con el fin de “*romper el ciclo*” y evitar así que estas concepciones sean transmitidas a los futuros estudiantes que ingresen al sistema educativo, entorpeciendo los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.



LIMITACIONES, PROYECCIONES Y PROPUESTAS

A partir de la investigación realizada, se presentan las siguientes limitaciones, proyecciones y propuestas:

- El tamaño de la muestra para esta investigación consistió exclusivamente en estudiantes de 4° y 5° año de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la UdeC, Campus Los Ángeles; la cual es una muestra pequeña (n=14). Por lo cual, para futuras investigaciones, se propone trabajar con una muestra más grande, pudiendo considerarse estudiantes de otras generaciones, campus e incluso otros centros de educación superior, lo cual permitiría recabar concepciones alternativas de forma más completa y representativa.
- La investigación no contó con un proceso de pilotaje, la cual pudo ser necesaria previa a la aplicación del instrumento (además de la validación de este); con el fin de evitar dificultades en la interpretación, redacción y/o pertinencia en las preguntas e instrucciones hacia los alumnos.
- Desarrollar estrategias que le permitan a estudiantes de pedagogía en ciencias reconocer las concepciones alternativas como una metodología didáctica a aplicar dentro del aula, ya que permite fortalecer la enseñanza de las ciencias desde las ideas previas del estudiantado.
- Recabar concepciones alternativas fundamentales en Biología Celular, Biología Molecular y Genética, en generaciones de estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la UdeC, que no hayan cursado la carrera durante el período de educación en pandemia (que principalmente consistió en e-learning), con el propósito de comparar resultados y determinar el impacto que pudo tener la pandemia de COVID-19 en la formación docente, específicamente en el conocimiento del contenido a enseñar.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. y Muela, F. (2013). La genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2441-2446.
- Agencia de Calidad de la Educación (2020). *TIMSS 2019. Estudio Internacional de Tendencias en Matemática y Ciencias*. Ministerio de Educación de Chile.
- Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 127-142.
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la Enseñanza de la Genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157
- Azeglio, L., Mayoral, L. y Sara, C. (2015). Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 28, 29 y 30 de octubre de 2015, Ensenada, Argentina. En: Actas. Ensenada: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.
- Banet, E. (2010). Finalidades de la educación científica en Educación Secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 199-214.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995) Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: I Contenido de Enseñanza y Conocimientos de los Alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, 13(2), 137-153.
- Bastidas, L. y Oliveros, M. (2018). Aproximación a las concepciones sobre ADN y ARN de estudiantes del grado noveno de la institución educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila. *Revista Erasmus Semilleros de Investigación*, 2(1), 79-85.
- Caballero, M. (2008). Algunas Ideas del Alumnado de Secundaria sobre Conceptos Básicos de Genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(8), 227-244.

- Camus, P. (2009). Educación Científica y Evolutiva en Chile: Problemas Funcionales y Conflictos entre Enseñar y Aprender. *Revista Gayana*, 73 (Suplemento), 19-31.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Cofre, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D. y Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 36(2), 279-293.
- Cox, C. (2011). Currículo escolar de Chile: génesis, implementación y desarrollo. *Revue International de Education de Sevres*, 56, 1-9.
- CPEIP. (2020). Resultados Nacionales Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente 2019. Ministerio de Educación de Chile.
- CPEIP. (s.f.). Aspectos generales de la Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente. Ministerio de Educación de Chile.
- Cubero, R. (1994). Concepciones Alternativas, Preconceptos, Errores Conceptuales... ¿Distinta terminología un mismo significado? *Investigación en la Escuela*, (23), 33-42.
- Cvetkovic-Vega, A., Maguiña, J., Soto, A., Lama-Valdivia, J. y Correa-López, L. (2021). Estudios transversales. *Revista de la Facultad Médica Humana*, 21(1), 164-170.
- Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional. (2022). *Informe técnico de las pruebas de admisión 2022*.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by Student teachers in biology: A drawing análisis. *Scientific Research and Essay*, 5(2), 235-247.
- Donoso, F. y Ruffinelli, A. (2020). ¿Hacia una Formación Inicial Docente de calidad?: La Evaluación Nacional Diagnóstica en las voces de actores partícipes del proceso de redacción e implementación de la Ley 20.903. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 19(41), 125-147.

- Díaz, N. y Jiménez, M. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Duda, H. & Adpriyadi. (2020). Students' Misconception in Concept of Biology Cell. *Anatolian Journal of Education*, 5(1), 47-52.
- Gurel, D., Eryilmaz, A. & McDermott, L. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 989-1008.
- Harlen, W. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Association for Science Education.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6° Ed.). México, D.F., México: McGraw Hill Interamericana.
- Hernández, C., Gómez, Y., Ruz, D., Silva, M. y Tecpan, S. (2020). Formación de profesores de Física en Chile: realidad y desafíos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22(18), 1-18.
- Huerta, L. (2017). Concepciones alternativas mayoritarias sobre Universo en profesores de Física en formación. *Estudios pedagógicos*, 43(2), 147-162.
- Iguíñez, F. y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 307-327.
- Jiménez, G. (2020). Concepciones alternativas sobre Genética en estudiantes de 3er año de enseñanza media de dos establecimientos educacionales de la ciudad de Los Ángeles. [Tesis de Pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio Bibliotecas UdeC.
- Krüger, D. & Santibáñez, D. (2021). Preconcepciones y obstáculos para el aprendizaje de la genética. En Cofré H.; Vergara, C. Y Spotorno, A. (Eds.), *Enseñar evolución y genética para la alfabetización científica* (pp. 181-204). Ediciones Universitarias de Valparaíso.

- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - Do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- Lucumi, A. (2015). Retos en la Enseñanza de la Biología Molecular y la Bioquímica en las Carreras del Área de la Salud. *Boletín Virtual*, 4(9), 26-39.
- Maiztegui, A., González, E., Tricárico, H., Salinas, J., Carvalho, A. y Gil, D. (2000). La formación de los profesores de ciencias en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de educación*, 24, 163-187.
- Machová, M. & Ehler, E. (2019). Revealing students' misconceptions about basics of molecular biology and genetics. *16th International Conference Efficiency and Responsibility in Education*, 6°-7° June, 2019, Prague, Czech Republic. In: Proceedings. Prague: Czech University of Life Sciences Prague. Faculty of Economics and Management.
- Marcos, J. y Esteban, R. (2017). Concepciones alternativas sobre biología celular y microbiología de los maestros en formación: implicaciones de su presencia. *Campo Abierto*, 36(2), 167-179.
- Molina, M., García, F., Hernández, A. y Alfaro, A. (2006). Diseño de Cuestionarios para la recogida de información: metodología y limitaciones. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 1(5), 232-236.
- Moreira, A. y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.
- Mujica, F. (2020). Análisis crítico del currículo escolar en Chile en función de la justicia social. *Revista Electrónica Educare*, 24(1), s/n.
- Nieberding, M., Buxner, S., Elfring, L. & Impey, C. (2021). Undergraduate Student Conceptions of DNA and Their Understanding of Basic Science. *Research and Teaching*, 50(5), 47-56.
- OECD, (2019). *PISA 2018 Results Combined Executive Summaries. Volume I, II & III*. OECD.
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1), 227-232.

- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1),15-29.
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres Enfoques de la Investigación Sobre Concepciones Alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.
- Pozo, J. (2010). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Editorial Morata.
- Quiroga, M, Arredondo, E., Cafenac, D. y Merino, C. (2014). Desarrollo de competencias científicas en las primeras edades: el Explora Conicyt de Chile. *Educación y Educadores*, 17(2), 237-253.
- Reif, F. & Larkin, J. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 733-760.
- Rodríguez, M. (1999). Conocimiento Previo y Cambio Conceptual. Características de las concepciones alternativas. En Rodríguez, M. (Ed.) *Conocimiento Previo y Cambio Conceptual* (pp. 39-45). Aique Grupo Editor.
- Sarmiento, M. (2007). La enseñanza de las Matemáticas y las Ntic. Una estrategia de formación permanente. [Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili]. Repositorio Universitat Rovira i Virgili.
- Sierra, E. y León, M. (2019). Plasticidad cerebral, una realidad neuronal. *Revista Ciencias Médicas*, 23(4), 599-609.
- Suwono H., Imam, T., Lestari, U., Lukiati, B., Fachrunnisa, L., Kusairi, S., Saefi, M., Fauzi, A. & Fitri, M. (2019). Cell Biology Diagnostic Test (CBD-Test) portrays pre-service teacher misconceptions about biology cell, *Journal of Biological Education*, 1-24.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34.
- Tamayo, O. (2016). De las concepciones alternativas a la modelización en la enseñanza. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(2), 7-12.
- Tumanggor, A., Supahar, Kuswanto, H. & Ringo, E. (2020). Using four-tier diagnostic test instruments to detect physics teacher candidates' misconceptions: Case of

mechanical wave concepts. *The 5th International Seminar on Science Education*, 26 October 2019, Yogyakarta, Indonesia. In: *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 1440.

Unidad de Currículum y Evaluación. (2016). *Bases Curriculares 7° básico a 2° medio*. Ministerio de Educación de Chile.

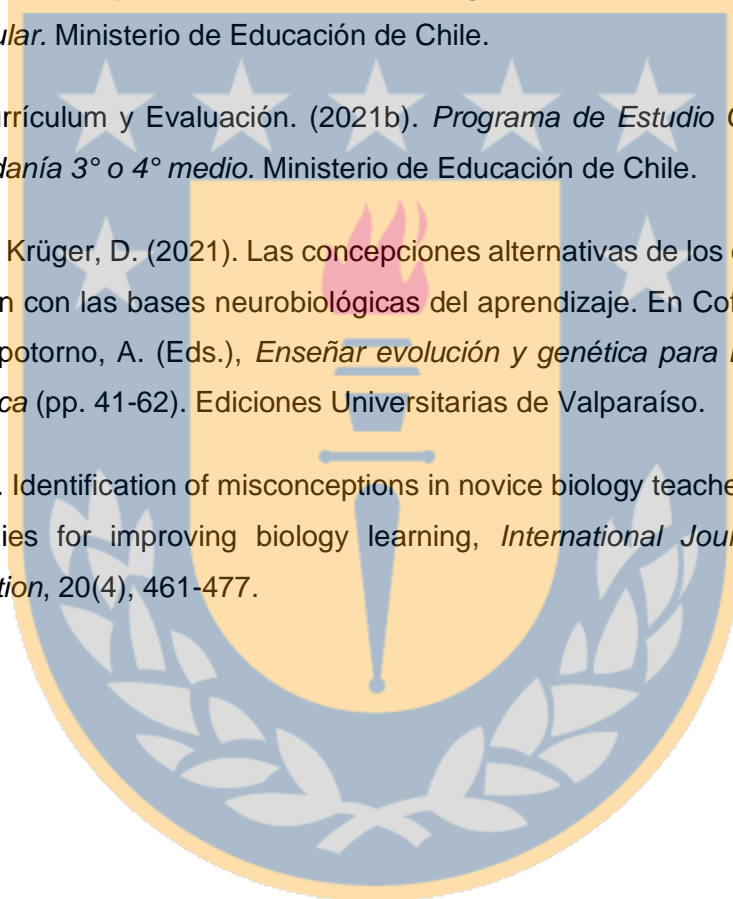
Unidad de Currículum y Evaluación. (2019). *Bases Curriculares 3° y 4° medio*. Ministerio de Educación de Chile.

Unidad de Currículum y Evaluación. (2021a). *Programa de Estudio Biología Celular y Molecular*. Ministerio de Educación de Chile.

Unidad de Currículum y Evaluación. (2021b). *Programa de Estudio Ciencias para la Ciudadanía 3° o 4° medio*. Ministerio de Educación de Chile.

Valencia, M. y Krüger, D. (2021). Las concepciones alternativas de los estudiantes y su relación con las bases neurobiológicas del aprendizaje. En Cofré, H.; Vergara, C. y Spotorno, A. (Eds.), *Enseñar evolución y genética para la alfabetización científica* (pp. 41-62). Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Yip, D. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning, *International Journal of Science Education*, 20(4), 461-477.



ANEXOS



Anexo 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este documento entrega información sobre la naturaleza de esta investigación y del rol que usted tendrá en ella, si es que decide aceptar participar.

1. Sobre la investigación.

Se invita a usted a participar del estudio que se enmarca en el **Proyecto de Seminario de Título para optar al título profesional de Profesor de Ciencias Naturales y Biología por la Universidad de Concepción**, que lleva como título **“Concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética en estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles”**.

Dicha investigación está a cargo de la Mg. Alejandra Barriga Acevedo, docente del Departamento de Educación de la Escuela de Educación del Campus Los Ángeles de la Universidad de Concepción, Profesora Guía de la estudiante seminarista Carlota Padilla Gatica.

El objetivo de la propuesta es identificar el grado de las concepciones alternativas sobre los fundamentos de Biología celular, Biología molecular y Genética que poseen los estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de 4° y 5° año de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, durante el segundo semestre del 2022. Para llevar a cabo esta investigación se requiere de la participación de estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles que se encuentren cursando 4° o 5° año de la carrera en el año 2022.

Si usted acepta participar, se requerirá que conteste un breve cuestionario de una duración de aproximadamente 30 minutos, el cual consta de 10 ítems que tienen relación con contenidos sobre Biología celular, Biología molecular y Genética. La

información obtenida pretende identificar qué tipo de concepciones alternativas poseen los estudiantes sobre Biología celular, Biología molecular y Genética.

Como resultado del estudio se espera poder presentarles a los profesores en formación las concepciones alternativas como una herramienta para pesquisar los conocimientos previos del estudiante; además, se espera que estas concepciones se puedan abordar durante las asignaturas disciplinares que contempla la malla curricular de la carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología de la Universidad de Concepción, con el fin de generar docentes que se perciban a sí mismos como profesionales competentes con un alto dominio conceptual y evitar así, que sus propias concepciones alternativas sean transmitidas a los futuros estudiantes de educación básica y media.

2. Sobre la participación e información recopilada.

La información recopilada y/o consultada será de carácter completamente CONFIDENCIAL y de uso exclusivo para los fines de esta investigación, manteniendo el anonimato en las publicaciones. Además, usted tendrá derecho a conocer los resultados del estudio.

Su participación no pondrá en riesgo (identificable) su integridad física y psicológica, ni tampoco generará algún tipo de beneficio en aspectos económicos o académicos para usted.

Usted no está obligado a participar en esta investigación. Si decide que no participará, no se le pedirá que entregue explicaciones, ni mucho menos sufrirá consecuencias negativas o repercusiones al dejar de participar en mitad de la encuesta.

Por último, en caso de cualquier consulta o de requerir alguna información con respecto a la investigación, puede contactarse mediante correo electrónico con la Investigadora Responsable, la docente Mg. Alejandra Barriga Acevedo, e-mail: abarriga@udec.cl.

Desde ya agradecemos enormemente su participación, la que será de importante para los resultados de esta investigación.

ACTA DE CONSENTIMIENTO

Declaro que he leído y comprendido toda la información que me ha sido expuesta en el proceso de consentimiento informado.

Estoy de acuerdo con los términos presentados acerca de mi participación en el estudio que se enmarca en el **Proyecto de Seminario de título profesional de Profesor de Ciencias Naturales y Biología por la Universidad de Concepción** titulado **“Concepciones alternativas fundamentales sobre Biología celular, Biología molecular y Genética en estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología, Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles”**.

Entiendo que, en cualquier momento de mi participación, puedo realizar preguntas adicionales a la investigadora responsable. A su vez, comprendo que tengo el derecho de retirarme de la misma, en el momento que estime, sin que haya consecuencias para mí, así como también podré revocar esta autorización en los mismos términos.

Marque a continuación la opción que considere pertinente:

Sí, acepto participar del estudio.

No acepto participar del estudio.

Fecha: ____ / ____ / ____

Firma Participante

Firma Investigadora Responsable

Firma Seminarista

Anexo 2. CUESTIONARIO



Universidad de Concepción
Campus Los Ángeles
Escuela de Educación
Pedagogía en Ciencias Naturales y Biología

CUESTIONARIO SOBRE CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES EN BIOLOGÍA CELULAR, BIOLOGÍA MOLECULAR Y GENÉTICA

I. Introducción:

- Conteste esta encuesta con la mayor sinceridad posible. Lea atentamente cada una de las preguntas, respondiendo según lo indicado en cada una de ellas y recuerde que no hay respuestas correctas o incorrectas.

Las respuestas que entregue en este documento serán totalmente confidenciales.

II. Datos Generales:

Nombre completo: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Carrera: _____

III. Desarrollo:

Pregunta de selección múltiple de tres categorías: Marque con una X la alternativa que usted considere correcta; luego, señale la razón o conocimiento teórico que respalda la opción marcada por usted y; por último, el nivel de confianza que siente sobre las respuestas entregadas.

1. La mitosis es un tipo de división celular con la siguiente característica única:

La división de una célula somática produce dos células hijas con dotación cromosómica n .

La división comienza en las células somáticas con el proceso de cruzamiento, que da como resultado dos células hijas.

La división produce dos células somáticas genéticamente idénticas entre sí.

La división se produce en todas las células, tanto en las células embrionarias como en las diferenciadas.

Razón:

En la división mitótica, el material genético paterno se divide por igual en dos células hijas, de modo que los cromosomas de las dos células hijas son n.

La división mitótica comienza con la replicación del ADN en las células madre para formar dos copias de cromosomas que se reparten equitativamente entre dos células hijas.

Todas las células tienen un sistema de información genética en el ADN que controla la capacidad de hacer mitosis.

La división mitótica se produce en todas las células, tanto en las haploides como en las diploides.

Nivel de confianza:

Seguro(a)

Inseguro(a)

Niveles de organización: De acuerdo con sus conocimientos, ordene los siguientes elementos biológicos de mayor a menor tamaño:

Cromosoma – ADN – Gen – Núcleo – Organismo - Célula

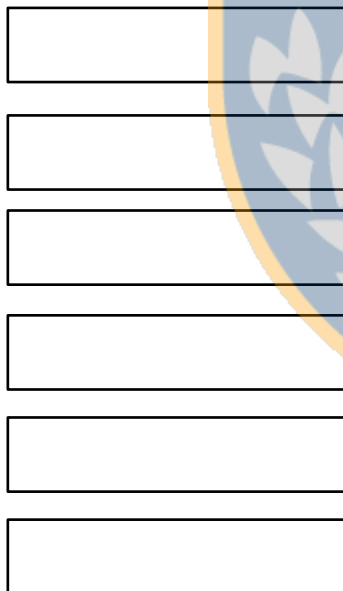


Diagram for ordering biological elements by size. It consists of six empty rectangular boxes stacked vertically on the left side. To the right of these boxes is a vertical arrow pointing downwards, with the text "Mayor tamaño" at the top and "Menor tamaño" at the bottom.

Mayor tamaño

Menor tamaño

Si nos referimos al flujo de la información genética, cuál de las siguientes alternativas presenta la secuencia correcta en que ocurre este proceso.

- ARN $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$ Proteína $\xrightarrow{\text{Traducción}}$ ADN
- ARN $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$ ADN $\xrightarrow{\text{Traducción}}$ Proteína
- ADN $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$ Proteína $\xrightarrow{\text{Traducción}}$ ARN
- ADN $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$ ARN $\xrightarrow{\text{Traducción}}$ Proteína**
- Proteína $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$ ADN $\xrightarrow{\text{Traducción}}$ ARN

Preguntas de Selección múltiple. Marque con una X la o las alternativas que considere correctas para cada pregunta (Puede marcar más de una alternativa por pregunta).

1. ¿Qué células contienen información hereditaria?

- Espermatozoide
- Células del Cerebro
- Células del Corazón
- Ovocito
- Células Musculares

2. ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?

- Espermatozoide
- Células del Cerebro
- Células del Corazón
- Ovocito
- Células Musculares

3. ¿Cuál(es) de los siguientes organismos se reproducen sexualmente?

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Helecho | <input type="checkbox"/> Araña |
| <input type="checkbox"/> Ratón | <input type="checkbox"/> Ameba |
| <input type="checkbox"/> Caracol | <input type="checkbox"/> Paloma |
| <input type="checkbox"/> Pino | <input type="checkbox"/> Champiñón |

4. ¿Qué organismos poseen información genética?

Gato

Levadura

Humano

Virus

Planta

Bacteria

Hongo

Caballo

Respecto a cada afirmación que se plantea, **responda si está de acuerdo o en desacuerdo** marcando con una X según corresponda.

Nº	Enunciado	De acuerdo	En desacuerdo
1	Es más pequeña una célula que una molécula.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Los cromosomas sexuales se encuentran en todas las células con núcleo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Los cloroplastos son una estructura exclusiva de las células vegetales, mientras que las mitocondrias lo son de las células eucariotas (animales y vegetales).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	La función del núcleo celular es controlar las actividades celulares.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	La principal diferencia de una célula eucariota y una procarionta es la posesión de núcleo celular.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	En la mitosis se obtienen como resultado dos células hijas haploides.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la meiosis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	En la profase meiótica ocurre recombinación homóloga de cromátides no hermanas de cromosomas homólogos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9	Todos los seres vivos poseen cromosomas.		
10	Los factores ambientales pueden influir en la aparición de un determinado carácter por sobre los factores hereditarios.		
11	Locus se denomina al lugar que un alelo ocupa en el cromosoma.		
12	Cada organismo diploide posee 2 alelos para una característica. Estos 2 alelos se separan cuando se forman los gametos, en proporciones iguales.		
13	El ADN es un ácido nucleico.		
14	El ADN se encuentra en todas las células de los seres vivos.		
15	Las cadenas complementarias del ADN están unidas por medio de enlaces peptídicos.		
16	La timina es un nucleótido presente en todos los ácidos nucleicos.		

Pregunta de respuesta abierta: Lea el siguiente enunciado y responda la pregunta en forma clara y precisa dentro del espacio asignado para ello.

1. ¿Qué es el ADN?, ¿en dónde se encuentra esta macromolécula?

2. Nuestro cuerpo está formado por muchas células que conforman una variedad de tejidos diferentes con diversas funciones (huesos, músculos, etc.). ¿Todas estas células tienen la misma información genética? Justifique su respuesta.

3. ¿Qué es un gen?

4. En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Usted piensa que la herencia reside en la sangre? Justifique su respuesta.

5. Dibuje una célula eucarionte animal, en la cual debe esquematizar y rotular: ADN y Cromosoma.



Anexo 3. RESULTADOS

Pregunta 1

Alumno	Respuesta			Conclusión
	1° categoría	2° categoría	3° categoría	
1	√	X	X	FC
2	√	√	√	CS
3	√	X	X	FC
4	X	√	√	CA
5	X	√	X	FC
6	√	√	√	CS
7	√	X	X	FC
8	√	√	√	CS
9	√	√	√	CS
10	X	X	X	FC
11	X	X	X	FC
12	X	√	X	FC
13	√	X	X	FC
14	X	X	X	FC

Pregunta 2

Alumno	Respuesta (mayor a menor)	Conclusión
1	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – ADN – GEN	CS
2	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – ADN – CROMOSOMA – GEN	CA
3	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – ADN – GEN	CS
4	ADN – CROMOSOMA – GEN – NÚCLEO – CÉLULA – ORGANISMO	NR
5	ORGANISMO – CROMOSOMA – ADN – GEN – CÉLULA – NÚCLEO	CA
6	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – GEN – ADN	CA
7	GEN – CROMOSOMA – ADN – NÚCLEO – CÉLULA – ORGANISMO	NR
8	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – GEN – ADN	CA
9	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – ADN – GEN	CS
10	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – ADN – CROMOSOMA – GEN	CA
11	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – ADN – CROMOSOMA – GEN	CA
12	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – GEN – CROMOSOMA – ADN	CA
13	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – ADN – CROMOSOMA – GEN	CA
14	ORGANISMO – CÉLULA – NÚCLEO – CROMOSOMA – ADN – GEN	CS

Pregunta 10

Pregunta	Respuestas
A.1. ¿Qué células contienen información hereditaria?	<p>a. Espermatozoide, C. del cerebro, C. del corazón, Ovocito, C. musculares (57,1%)</p> <p>b. Espermatozoide, Ovocito (35,7%)</p> <p>c. Espermatozoide (7,1%)</p>
A.2. ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?	<p>a. Espermatozoide, Ovocito (64,3%)</p> <p>b. Espermatozoide, C. del cerebro, C. del corazón, Ovocito, C. musculares (21,4%)</p> <p>c. Ovocito (7,1%)</p> <p>d. Espermatozoide, C, del cerebro (7,1%)</p>
B. ¿Cuál(es) de los siguientes organismos se reproducen sexualmente?	<p>a. Ratón, Caracol, Araña, Paloma (35,7%)</p> <p>b. Ratón, Paloma (14,3%)</p> <p>c. Helecho, Ratón, Caracol, Pino, Araña, Paloma, Champiñón (7,1%)</p> <p>d. Helecho, Ratón, Caracol, Pino, Araña, Paloma (7,1%)</p> <p>e. Ratón, Paloma, Champiñón (7,1%)</p> <p>f. Ratón, Ameba (7,1%)</p> <p>g. Ratón, Pino, Araña, Ameba, Paloma (7,1%)</p> <p>h. Ratón, Caracol, Pino, Araña, Paloma (7,1%)</p> <p>i. Helecho, Ratón, Caracol, Pino, Araña, Ameba, Paloma (7,1%)</p>
C. ¿Qué organismos poseen información genética?	<p>a. Gato, Humano, Planta, Hongo, Levadura, Virus, Bacteria, Caballo (50%)</p> <p>b. Gato, Humano, Planta, Hongo, Levadura, Bacteria, Caballo (14,3%)</p> <p>c. Gato, Humano, Planta, Hongo, Bacteria, Caballo (14,3%)</p> <p>d. Gato, Humano, Planta, Hongo, Virus, Bacteria, Caballo (7,1%)</p> <p>e. Gato, Humano, Planta, Virus, Bacteria, Caballo (7,1%)</p> <p>f. Gato, Humano, Planta, Caballo (7,1%).</p>