

## Del museo a la clase de ciencias: propuesta de secuencia didáctica para la enseñanza de anomalías cromosómicas a partir de obras de arte mundiales

**Andrea Chávez Beltrán**

Universidad de Concepción  
andreachavez@udec.cl

### Resumen

La enseñanza y aprendizaje de la genética resulta fundamental, pues permite comprender como se perpetúa la vida, así como las aplicaciones médicas e industriales de la biotecnología e ingeniería genética. Pese a la gran importancia de estos contenidos, las investigaciones muestran que su aprendizaje es poco significativo y de difícil comprensión, dificultades que tienen su origen en los deficientes conocimientos previos de los alumnos, las inadecuadas estrategias didácticas implementadas, las características del texto para el estudiante utilizado y el alto grado de abstracción de los contenidos. En este contexto el presente trabajo evalúa la efectividad de una secuencia didáctica basada en obras de arte mundiales para la enseñanza de anomalías cromosómicas. Así, las actividades que se proponen tienen como principal objetivo que, a partir del análisis de las pinturas del reconocido artista Diego Velázquez, las y los estudiantes de 2º año de educación media, puedan investigar y argumentar, basándose en evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en los organismos, considerando específicamente, las causas y consecuencias de las anomalías cromosómicas. La investigación fue de tipo cuantitativa con un diseño cuasiexperimental. La muestra correspondió a un 2º medio del Liceo Municipal de Nacimiento, VIII región. Por medio de esta intervención se midió el efecto de dicha propuesta didáctica en el rendimiento académico de los estudiantes. Para lograrlo se aplicó un pre-test y un post-test en las distintas etapas de intervención. Los resultados mostraron un promedio de 9 puntos en el pre-test y 23 puntos en el post-test, diferencia de 14 puntos, estadísticamente significativa, quedando de manifiesto que la propuesta didáctica implementada mejora el rendimiento académico de los estudiantes en la unidad de genética y herencia.

**Palabras Clave:** anomalías cromosómicas, obra de arte, genética, herencia, estrategia didáctica.

### Introducción

La enseñanza y aprendizaje de la genética resulta fundamental, pues permite comprender como se perpetúa la vida (Mineduc, 2016) y las aplicaciones médicas e industriales de la biotecnología y de la ingeniería genética. El conocimiento del genoma humano, la obtención de clones de mamíferos, la legislación de diversos países sobre la prohibición de obtener clones humanos, los alimentos transgénicos, el uso del ADN para las investigaciones en criminalística o la determinación de paternidad y la detección de enfermedades hereditarias, son ejemplos de algunos aspectos de la genética que están apareciendo cada vez con más frecuencia en los medios de comunicación. Estos avances tienen implicancias sociales significativas, por lo que se hace necesario que la ciudadanía maneje esta información. De

igual forma, la comprensión de ciertas alteraciones genéticas y cómo éstas son heredadas, ayuda a aproximarse al concepto de educación inclusiva, al lograr que las futuras generaciones conozcan y entiendan que las diferencias fenotípicas se deben, en parte, a esas variaciones en los genes o cromosomas y no necesariamente a conductas adquiridas.

Pese a la gran importancia de los contenidos mencionados, investigaciones en Didáctica de las Ciencias demuestran que el aprendizaje de estos conceptos es poco significativo y de difícil comprensión para los estudiantes (Bugallo, 1995; Figini y de Micheli, 2005). Es por ello por lo que, Abreu, Castellano y Vianna (2011) describen estos temas como abstractos, complejos y difíciles. Además, se ha señalado que el origen de las dificultades en este tipo de aprendizaje radica principalmente en los conocimientos previos y formas de razonamiento de los alumnos, las inadecuadas estrategias didácticas implementadas y las características del Texto del Estudiante provisto por el Estado, utilizado para enseñar y aprender (Figini y De Micheli, 2005).

En este contexto y con propósito de hallar nuevas estrategias de aprendizajes que permitan abordar los contenidos de manera significativa, en el presente trabajo se plantea revalorar una de las relaciones más fascinantes dentro del conocimiento interdisciplinario a lo largo de la historia de la humanidad, en este caso, el que guarda relación entre la genética y el arte (Bianchi, 2014), especialmente, con las artes visuales. El presente estudio busca evaluar si el uso de obras de arte mundiales como estrategia didáctica mejora la enseñanza de anomalías cromosómicas a alumnos de 2° Medio.

### **Marco de Referencia**

#### **¿Qué nos dice el currículo sobre la enseñanza y aprendizaje de la genética?**

Los contenidos relativos a genética y herencia son abordados en profundidad en 2° año medio (Tabla 1), haciendo énfasis en: la estructura del ADN, replicación y traducción del mensaje de los genes (Mineduc, 2016). En la Tabla 1 se muestran específicamente los objetivos propuestos y sus indicadores de logro.

#### **¿Qué nos dicen los textos escolares sobre la enseñanza de la genética?**

Figini y De Micheli (2005) plantean que el origen de las dificultades en el aprendizaje de genética radica, entre otras cosas, en las características del texto del estudiante utilizado para enseñar y aprender. Para conocer estas características se hace necesario analizar los textos escolares (Tabla 2) enfocándose en su contenido e identificando sus errores conceptuales, lo cual implica un estudio formal de la información proporcionada a partir de categorías referidas al nivel de comprensión del lector, tales como: evocación, definición, aplicación, descripción, interpretación y problematización (Jiménez y Perales, 2001).

**Tabla 1.** Genética y herencia en el currículo nacional vigente (Fuente: Mineduc, 2016)

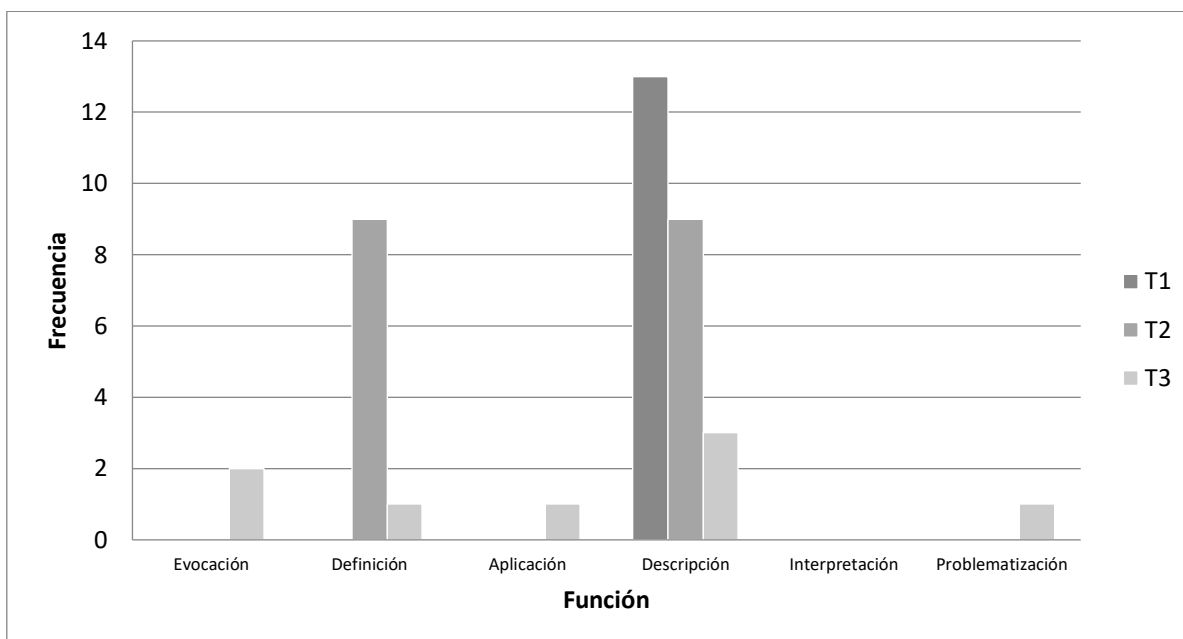
UNIDAD
Genética
PROPÓSITO
Se pretende que las y los estudiantes comprendan que el material genético se transmite de generación en generación durante la división celular, tomando como modelo células eucariontes y reconociendo semejanzas y diferencias entre las divisiones mitóticas y meióticas. Se espera que asocien la proliferación celular con crecimiento, desarrollo, reparación de lesiones y regeneración de tejidos, por una parte, y que relacionen la meiosis con la producción de gametos, por otra. Asimismo, que expliquen la herencia genética a partir de los principios básicos propuestos por Mendel.
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE
OA 7.- Desarrollar una explicación científica, basada en evidencias, sobre los procesos de herencia genética en plantas y animales, aplicando los principios básicos de la herencia propuestos por Mendel. OA 6.- Investigar y argumentar, basándose en evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en organismos como plantas y animales, considerando: la comparación de la mitosis y meiosis, y las causas y consecuencias de anomalías y pérdida de control de la división celular (tumor, cáncer, trisomía entre otros).
INDICADORES DE EVALUACIÓN
Formulan preguntas o problemas en torno a la herencia genética mediante la observación de fenotipos de individuos de varias generaciones en plantas y en animales.
Argumentan basándose en evidencias que la información genética se transmite de generación en generación en plantas, animales y en todos los seres vivos.
Formulan explicaciones de la transmisión de enfermedades hereditarias en plantas y animales de acuerdo a evidencias teóricas de los principios de Mendel y de la herencia de genes involucrados.
Debaten en torno a enfermedades genéticas mediante la investigación de anomalías cromosómicas, su origen e implicancias sociales y económicas.

**Tabla 2.** Textos escolares analizados en el presente estudio.

TEXTO	AUTORES	AÑO	EDITORIAL	PÁGINAS	AJUSTE CURRICULAR
T1	Cecilia Kaluf Fuentes, Sergio Núñez Jiménez, Rosa Uribe Martínez	2004	Arrayán Editores	136 - 138	Sin Ajuste curricular
T2	Cecilia Rojas Olguín	2018	Santillana	111	Con ajuste curricular
T3	Esteban Campbell Orellana	2018	SM	172	Con ajuste curricular

Los resultados obtenidos muestran diferencias importantes en la frecuencia de las categorías analizadas. Todos los textos revelan una ausencia de interpretación, enfocándose en la definición de conceptos y descripción de hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario. El texto 1 sólo muestra descripciones. El texto 2 por su parte, sólo muestra la progresión definición-descripción. El texto 3 en cambio, circula por todas las categorías excepto la interpretación. Comenzando en la evocación, luego transita con mayor frecuencia por definiciones y

descripciones, incorporando una aplicación, que extiende o consolida las definiciones, para terminar en problematización.



**Figura 1:** Análisis de texto 1, 2 y 3 según categorías de Jiménez y Perales (2001). Comparación de la frecuencia en las funciones de secuencias didácticas de textos.

El análisis anterior refuerza la idea propuesta por Abreu et al. (2011) sobre el alto grado de abstracción descrito para estos contenidos y la descontextualización con que se enseñan, haciendo necesario incorporar más evocaciones, así como aplicaciones y problematización.

### ¿Qué sabemos sobre las concepciones alternativas asociadas a genética?

Uno de los principales inconvenientes en la enseñanza de la ciencia es, precisamente, la existencia de múltiples concepciones alternativas en el área de genética que poseen los estudiantes (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985). A través de diferentes estudios sobre estas concepciones ha sido posible detectar diferentes esquemas conceptuales alternativos, siendo éstos los cimientos sobre los cuales se construye el nuevo conocimiento científico (Figini y De Micheli, 2005; Iñiguez y Puigserver, 2013). Ayuso y Banet (2002), señalan que los estudiantes presentan escasos conocimientos de los conceptos fundamentales de genética básica, entre ellos: gen, cromosoma, alelo, carácter, locus, gametos y cigoto. Además, los alumnos suelen tratar como sinónimos diferentes términos que enuncian o denotan conceptos distintos tales como: cromosomas-genes, genes-alelos, información genética-código genético, y, de igual manera, no relacionan la segregación de cromosomas con reparto de genes, y no comprenden que la variabilidad genética se produce por la recombinación de los genes durante la meiosis y la fecundación (Abril, Muela, y Quijano, 2002). De una revisión bibliográfica realizada por Muela (2014), se extrajeron las siguientes ideas previas de estudiantes en torno a 3 temas principales:

a) Naturaleza, estructura o función del material genético:

- Existe poca comprensión de términos básicos como gen, cromosoma, alelo, gameto o cigoto.
- No se relacionan correctamente conceptos como gen y alelo, alelo y cromosoma, gameto y cromosoma o gen y carácter.
- Existen cromosomas masculinos (Y) o femeninos (X).
- Genes y ADN se localizan en lugares totalmente diferentes.
- No todas las células tienen cromosomas.
- El ADN se considera algo abiótico, como un código de barras, que puede usarse para identificación de las personas.

b) Herencia de caracteres, diferentes estudios han identificado que:

- Existe una ausencia de relación entre el mecanismo de la herencia y los genes o el ADN.
- Existe una transferencia de caracteres hereditarios que no han sufrido cambio.

c) Del material genético (mutaciones), recogidas en estos estudios indican lo siguiente:

- Generalmente una mutación tiene connotaciones negativas.
- Las mutaciones se originan para sobrevivir a los cambios del entorno.
- Mutación es cualquier cambio que tiene lugar en un organismo.

### **El arte en la enseñanza de la biología**

A través de la evolución humana, diferentes registros visuales y expresiones artísticas han quedado plasmadas en famosas pinturas rupestres, así como también, en los diferentes monumentos arqueológicos de Latinoamérica y Europa, que testimonian la capacidad cultural de proyectar en cada propuesta visual el intelecto, la sensibilidad emocional, la paciencia laboral y el impacto social. Así, se ha descubierto el vínculo entre la genética y el arte, el cual puede evaluarse desde tres dimensiones diferentes: 1) a través de la producción de obras de arte que retraten sujetos con anormalidades generadas por causas genéticas, 2) por las modificaciones en la obra del artista debidas a enfermedades o anomalías genéticas padecidas por el autor, o 3) por las particularidades en la interpretación de una obra debido a la constitución genética de la persona que aprecia una obra de arte (Bianchi, 2014). En el primer caso Bianchi (2014) señala que pintores artísticos se han esmerado en reproducir las cualidades corporales de los individuos incluidos en sus cuadros, o en utilizar como modelos personajes con aspectos singulares con el fin de dramatizar su obra. Por tal motivo abundan las pinturas que representan condiciones patológicas, muchas de ellas de origen genético. Un caso típico es el enanismo acondroplásico. Tres buenos ejemplos de personas con esta anomalía pueden encontrarse en las obras “Las Meninas” y en “El bufón Don Sebastián de Mora” de Diego Velázquez y en el “Enano Morgante” de la corte de los Medici por Ángelo Bronzino.

Otra de las alteraciones cromosómicas, frecuentemente retratada, es el síndrome de Down. Existen varias obras de arte que muestran los rasgos faciales de estos niños, como el cuadro “La adoración del niño Jesús”, de origen Flamenco (1515), de autor desconocido. Estas y muchas otras anomalías cromosómicas han sido retratadas por reconocidos pintores en obras de arte mundiales, llegando incluso a plasmarse diferentes alteraciones genéticas de dinastías completas como las de la corte del Rey Felipe IV de España (Emery y Emery, 1994; Emery,

1996).

La estrecha relación entre la genética y el arte lleva a pensar en la posibilidad de utilizar estas pinturas como una herramienta didáctica para la enseñanza de anomalías cromosómicas, utilizando como punto de partida las características físicas o fenotipo de los individuos retratados para, desde ahí, transitar hasta niveles de organización de la materia más abstractos como el nivel celular o molecular.

### **Metodología**

En función de los antecedentes presentados, surge la siguiente pregunta que orienta este trabajo: ¿Cómo influye una SEA basada en el uso de obras de arte mundiales como estrategia didáctica, en la comprensión de las anomalías cromosómicas en alumnos de 2° año medio?

#### **Objetivos generales y específicos**

Evaluar la efectividad del uso de obras de arte mundiales como estrategia didáctica para la enseñanza de anomalías cromosómicas a alumnos de 2° año medio del Liceo Municipal de Nacimiento. Del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar e Implementar una SEA basada en obras de arte mundiales para la enseñanza de anomalías cromosómicas a alumnos de 2° año medio.
2. Analizar y comparar los conocimientos sobre anomalías cromosómicas de los alumnos de 2° año medio, antes y después de aplicar la SEA.

#### **Enfoque y diseño de investigación**

La metodología utilizada en esta investigación corresponde a una metodología de tipo cuantitativa, caracterizada por ser un proceso secuencial y de carácter probatorio, que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, permitiendo establecer así patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Por medio de la utilización de esta metodología se buscó describir si la implementación de una secuencia didáctica basada en obras de arte mundiales permitía mejorar el rendimiento académico en los contenidos relativos a anomalías cromosómicas en alumnos de segundo año medio del Liceo Municipal de Nacimiento.

#### **Diseño**

El diseño de la investigación fue de carácter experimental, caracterizado por la manipulación deliberada de una o más variables independientes para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. Y, además, correspondió a un cuasi experimento pues los sujetos no son asignados al azar, ni emparejados; sino que dicho grupo ya estaban formado antes del experimento (Hernández et al., 2010). La investigación fue de tipo transaccional, es decir, los datos se recolectan durante la investigación, para hacer deducciones respecto al cambio y las consecuencias del fenómeno (Hernández et al., 2010). Este estudio se llevó a cabo durante los meses de noviembre y diciembre del año 2018, con una duración total de 5 semanas.

## Participantes

Esta investigación se realizó en un establecimiento científico-humanista municipal de la comuna de Nacimiento, perteneciente a la Región del Bío Bío. Este establecimiento cuenta con una matrícula total de 1.183 alumnos, con un promedio de 30 alumnos por curso (MIME, 2013). La muestra para este estudio fueron 21 estudiantes de segundo año medio pertenecientes al área científico-humanista. Estos fueron seleccionados intencionalmente, utilizando como criterio de selección los contenidos abordados en el subsector de biología en este nivel según MINEDUC, así como la accesibilidad. Es importante destacar que el curso en estudio tiene un buen comportamiento, muestra gran interés y compromiso hacia su proceso de aprendizaje con un promedio de 6.0 y un porcentaje de asistencia promedio del 91%.

## Variables

Para esta investigación, la variable analizada fue: rendimiento académico. El *rendimiento académico* se definió como: Nivel de conocimiento adquirido por el estudiante, expresado en un puntaje que obtiene como resultado de una evaluación. Esto se expresa a través de un indicador que corresponde a una escala numérica de 0 a 40 puntos, considerando la una valoración de cuatro categorías como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Escala de valoración utilizada para análisis de puntajes.

Puntaje	Valoración
0 – 10	No logrado
10 – 20	Parcialmente logrado
20 – 30	Logrado
30 – 40	Logrado con distinción

## Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó a través de dos instrumentos de recolección de datos. Estos se describen a continuación:

- Pre-test*: prueba inicial que consistió en 20 preguntas de selección múltiple sobre anomalías cromosómicas, la cual se aplicó al curso antes de realizar la intervención, esto con la finalidad de medir los conocimientos que posean los estudiantes en dicha temática (la validación fue realizada por un grupo de expertos).
- Post-test*: prueba final que consistió en 20 preguntas de selección múltiple, ésta se aplicó al curso una vez finalizada la intervención con el objetivo de medir los conocimientos sobre anomalías cromosómicas obtenidos por los estudiantes gracias a la aplicación de la propuesta didáctica (la validación fue realizada por un grupo de expertos).

Cabe destacar que en ambas pruebas (Pre-test y Post-test) las 20 preguntas fueron divididas en 3 dimensiones:

1. "*Conocimientos generales de genética*": preguntas orientadas a conocer los conceptos básicos y esenciales para el estudio de genética que poseen los estudiantes. Esta dimensión incluyó las preguntas N° 1, 2, 3, 4, 8, 13, 15, 16 y 20 de la prueba.

2. *"Conocimientos sobre anomalías cromosómicas"*: preguntas dirigidas a indagar en los conocimientos de los estudiantes sobre las diversas anomalías producidas por alteraciones en los cromosomas. Esta dimensión incluyó las preguntas N° 5, 9, 11, 17, 18 y 19 de la prueba.
3. *"Preguntas de aplicación"*: preguntas cuyo objetivo fue conocer la capacidad de los estudiantes de aplicar los conocimientos adquiridos sobre anomalías cromosómicas en la resolución de diversas situaciones o problemas. Esta dimensión incluyó las preguntas N° 6, 7, 10, 12 y 14 de la prueba.

### Plan de análisis

Los puntajes obtenidos a través del pre-test y pos-test fueron analizados por medio de la estadística descriptiva, utilizando para ello el programa SPSS versión 22. Para el análisis de la variable rendimiento académico inicialmente se calcularon parámetros de normalidad y se describió el grupo de estudio con diversos índices estadísticos para posteriormente aplicar pruebas de significancia y así medir el impacto de la propuesta (varianza, desviación estándar, moda, media, rango máximo y rango mínimo). Para medir parámetros de normalidad en los datos obtenidos, se empleó la prueba de Shapiro-wilk, la cual estableció que la muestra presentaba distribución normal, por lo tanto, la significancia se analizó con la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas, comparando el rendimiento académico entre el pre-test y post-test.

### Intervención/Secuencia de Enseñanza

El diseño didáctico de esta propuesta se fundamenta desde el Ciclo de Aprendizaje Constructivista (Jorba y Sanmartí, 1996) el cual considera las siguientes cuatro fases: 1) Exploración; 2) Introducción de nuevos conceptos; 3) Estructuración y 4) Aplicación. En la Tabla 4 se describen las actividades propuestas en la secuencia didáctica. En cada una de las fases se detallan los objetivos y las actividades para los y las estudiantes.

**Tabla 4.** Fases del ciclo, objetivo y actividades realizadas en la secuencia didáctica. En el anexo se muestra la planificación de la secuencia didáctica.

FASE	OBJETIVO	ACTIVIDAD
Exploración	Identificar las concepciones alternativas que poseen los estudiantes de segundo año medio respecto a la transmisión de la información genética y las alteraciones cromosómicas.	<b>DEL MUSEO A LA CLASE DE CIENCIAS</b> Observación y análisis mediante preguntas dirigidas del cuadro "Las Meninas" de Diego Velásquez.
Introducción de nuevos conceptos	Formular preguntas o problemas en torno a la herencia genética mediante la observación de fenotipos de individuos de varias generaciones.	<b>EL JUEGO DE LOS POR QUÉ DE LA GENÉTICA</b> Cada grupo recibirá un set con el juego los ¿por qué? de la genética (Adaptado de "El gran juego de los ¿por qué?, Par Explora Biobío, 2018). A partir de éste y la observación de variadas pinturas que retratan alteraciones cromosómicas impresas en el tablero de juego, se espera que los estudiantes redacten preguntas en relación con los principales fenotipos observados y la herencia de éstos, utilizando los adjetivos interrogativos: ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuánto?, ¿Cómo?, ¿Quién? .
Estructuración	El objetivo de esta actividad es estudiar el mecanismo de	<b>PEDIGRÍ DE LA FAMILIA REAL</b>



	transmisión de anomalías cromosómicas a través de la reconstrucción de la historia de la familia real de Habsburgo retratada en las pinturas de Velásquez.	En esta actividad los alumnos organizados en grupos de trabajo elaboran un pedigrí de la familia real de Habsburgo. Finalizada la actividad cada grupo debe exponer su pedigrí al curso.
Aplicación	Transferir los conocimientos adquiridos a otros contextos de aprendizaje.	<b>ESTUDIO DE CASO</b> Transmisión de anomalías cromosómicas en Isla de Pascua y Chile continental. A partir de la lectura y análisis de artículos científicos y utilizando la evidencia descrita en ellos cada grupo deberá construir una explicación de la transmisión de anomalías cromosómicas en nuestro país. Una vez realizada deberá exponerla al curso.

## Resultados

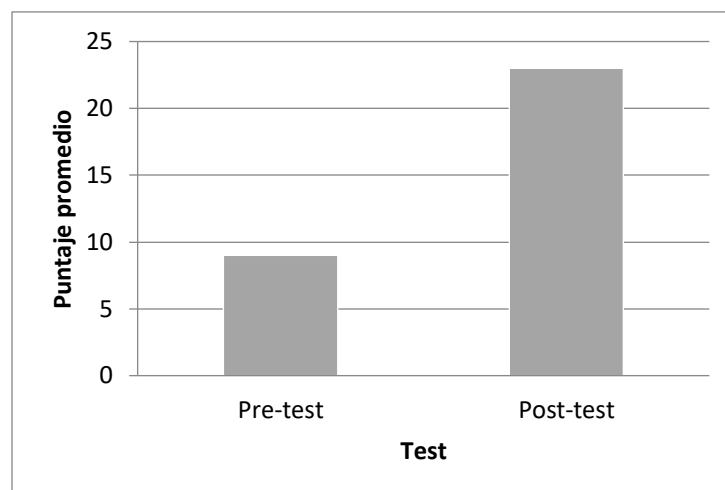
### Rendimiento Académico: Comparación general de resultados pre y post test

A partir de la aplicación del pre y post test al grupo de estudio, se obtuvieron los resultados del rendimiento académico (Figura 2). Además, se calcularon parámetros estadísticos descriptivos como: promedio, desviación estándar, rango y moda (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de estadística descriptiva para los valores del pre y post – test de la prueba completa.

Grupo	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Moda
<b>Pre test</b>	9	3.05	6	14	6
<b>Post test</b>	23	4.07	14	28	26

Al analizar la Tabla 5 se puede afirmar que, el grupo en estudio obtuvo en el pre-test un promedio de 9 puntos, con una desviación estándar de 3.05 y una moda de 6 puntos. En el post- test en cambio, obtuvo un promedio de 23 puntos, con una desviación estándar de 4.07 y una moda de 26 puntos. Al comparar los promedios del pre y post-test se observa que el grupo en estudio aumentó su rendimiento académico en 14 puntos (Figura 2). Sin embargo, se puede apreciar que el promedio obtenido (23 puntos) es bajo en relación con el puntaje total de la evaluación (40 puntos) alcanzando solamente el nivel de logrado. En esta misma línea al analizar los resultados por nivel de logro se aprecia que en el post-test ningún estudiante obtuvo un puntaje entre 0 y 10 puntos. En el rango de 10 y 20 puntos se encontraron solo 2 alumnos y que, por lo tanto, lograron un conocimiento parcial de los contenidos. En cambio, 19 alumnos alcanzaron puntajes entre 20 y 30 puntos logrando conocimientos en la temática en estudio. Por ultimo, ningún alumno alcanzó el nivel de logrado con distinción (con puntajes entre 30 y 40).



**Figura 2.** Comparación puntaje total promedio obtenido en pre y post test.

### **Rendimiento Académico: Análisis por dimensiones**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por los estudiantes en cada una de las dimensiones del test.

#### ***Dimensión 1. Conocimientos generales de genética***

El Grupo en estudio obtuvo en el pre-test un promedio de 6 puntos para la dimensión de conocimiento general de genética, con una desviación estándar de 1.5 y una moda de 6 puntos (Tabla 6). En el post- test en cambio, obtuvo un promedio de 13 puntos, con una desviación estándar de 3.2 y una moda de 16 puntos. Al comparar los promedios del pre y post-test se observa que hubo un incremento promedio de 7 puntos en rendimiento académico en esta dimensión

**Tabla 6.** Valores de estadística descriptiva para los valores del pre y post – test de la dimensión 1.

Grupo	Promedio	Desviación Estándar	Rango Mínimo	Rango Máximo	Moda
Pre test	6	1.5	4	10	6
Post test	13	3.2	6	18	16

La dimensión 1 sobre conocimientos generales en genética, presentó la mayor variación de puntaje, alcanzando una media de 16 puntos en un total de 18, lo que indica que la estrategia utilizada es efectiva para generar conocimientos sobre genética, así como para extraer y desafiar ideas previas de los estudiantes en relación con la herencia genética.

#### ***Dimensión 2. Conocimientos sobre anomalías cromosómicas***

La dimensión 2 obtuvo en el pre-test un promedio de 2 puntos, con una desviación estándar de 1.6 y una moda de 2 puntos (Tabla 7). En el post- test en cambio, obtuvo un promedio de 6 puntos, con una desviación estándar de 2 y una moda de 4 puntos. Al comparar los promedios del pre y post-test se observa que el grupo en estudio aumentó su rendimiento académico en 4 puntos, diferencia. Si se considera que el puntaje total de esta dimensión eran 12 puntos y la moda alcanzada fue de tan sólo 4 puntos se evidencia que fue la dimensión

con menor nivel de logro, lo que demuestra que la secuencia implementada no logra presentar los conceptos al nivel molecular de manera que el estudiante alcance una comprensión mayor de la causa de las enfermedades cromosómicas.

**Tabla 7.** Valores de estadística descriptiva para los valores del pre y post – test de la dimensión 2

Grupo	Promedio	Desviación Estándar	Rango Mínimo	Rango Máximo	Moda
Pre test	2	1.6	0	6	2
Post test	6	2	2	8	4

### ***Dimensión 3. Preguntas de aplicación***

La dimensión 3 obtuvo en el pre-test un promedio de 1 punto, con una desviación estándar de 1.3 y una moda de 0 puntos (Tabla 8). En el post- test en cambio, obtuvo un promedio de 4 puntos, con una desviación estándar de 1.4 y una moda de 4 puntos. Al comparar los promedios del pre y post-test se observa que el grupo en estudio aumentó su rendimiento académico en 3 puntos. Ésta última dimensión es considerada la de mayor complejidad dentro del test por tratarse de preguntas de aplicación, complejidad que se vio reflejada en la alta omisión que tuvieron dichas preguntas en el pre-test. Si bien no hubo un gran aumento en los puntajes la mayoría de los estudiantes respondió un 50% de las preguntas de la dimensión en forma correcta lo que indica que la secuencia promueve el desarrollo de preguntas de aplicación en la temática de genética y herencia.

**Tabla 8.** Valores de estadística descriptiva para los valores del pre y post – test de la dimensión 3.

Grupo	Promedio	Desviación Estándar	Rango Mínimo	Rango Máximo	Moda
Pre test	1	1.3	0	4	0
Post test	4	1.4	2	6	4

## **Discusión y Conclusiones**

A partir del análisis de los resultados obtenidos en la investigación, se concluye que:

- Es posible implementar una secuencia didáctica utilizando obras de arte mundiales como recurso didáctico para la enseñanza de anomalías cromosómicas a alumnos de 2° año medio.
- La aplicación de una secuencia de aprendizaje basada en obras de arte mundiales aumenta el rendimiento académico de los estudiantes de segundo año medio en la unidad “genética y herencia”.
- Utilizar obras de arte mundiales para la enseñanza de genética incrementa los conocimientos de los estudiantes en conceptos generales de genética y favorece el desarrollo de problemas de aplicación en la misma temática.

### Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones del estudio cabe mencionar:

- El tiempo empleado, pese a la sencillez de la secuencia propuesta es necesario destinar al menos una clase extra para que los alumnos se familiaricen con los materiales y la metodología de trabajo.
- El número de alumnos por grupo, los equipos de trabajo deben estar conformados por un máximo de 3 personas (de preferencia 2 estudiantes) debido al tipo de actividades propuestas.
- Durante la aplicación de la secuencia es necesaria una constante supervisión por parte del docente y un control de los tiempos destinados para cada una de las actividades.

### Proyecciones

- Se sugiere realizar una investigación para evaluar el efecto de ésta secuencia de aprendizaje sobre el respeto y la valoración por la diversidad, analizando así su potencial como herramienta didáctica para fomentar la inclusión en la sala de clases.

### Agradecimientos

Proyecto Fondecyt 1180619. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. Gobierno de Chile

### Bibliografía

- Abreu, V., Castellano, K., Vianna, J. (2011). "Pajitex": una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 115-124.
- Abril, A., Muela, F. y Quijano, R. (2002). *Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1ª fase)*. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales Relación Secundaria Universidad.
- Bianchi, N. (2014). *Genética y arte*. La Plata, Argentina: AAPC.
- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 379-385.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26, 227 – 244.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Glasgow: Milton Keynes, Open University Press.
- Emery, A. (1996). Genetic disorders in portraits. *American Journal of Medical Genetics*. 66, 334-339.
- Emery, A. & Emery, M. (1994). Genetics in art. *Journal of Medical Genetics*, 31, 420-422.
- Figini, E., De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 1-5.
- García, F. (2000). Los modelos didácticos como instrumentos de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 207, 21-34.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Iñiguez, J., 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, F., Perales, J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 3-19.
- Kaluf, C., Núñez, S., y Uribe, R. (2004). *Biología 2º medio texto para el estudiante*. Santiago, Chile: Arrayán Editores.

MINEDUC. (2016). *Programa de Estudio Segundo año Medio: Biología*. Santiago: Unidad de Currículo y Evaluación

Muela, F. (2014). *Genética y cine. Naturaleza y origen de ideas previas como base de una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria* (tesis doctoral). Universidad de Jaen, España.

Rojas, C. (2018). *Biología 2° medio texto para el estudiante*. Santiago, Chile: Santillana.

## ANEXO. Planificación de la secuencia enseñanza aprendizaje

La propuesta didáctica que se presenta a continuación pretende propiciar en los estudiantes la apropiación de conceptos básicos de genética y alteraciones cromosómicas, así como fomentar el respeto y valoración por la diversidad, entendiendo esta como el resultado de una serie de procesos de genética y herencia.

Unidad Didáctica: Genética		
Contenido	Conceptual	Mutaciones cromosómicas estructurales, mutaciones cromosómicas numéricas, euploidías, aneuploidías (monosomías y trisomías), síndrome de Turner, síndrome de Down, síndrome de Klinefelter, síndrome de Patau, síndrome de Edward.
	Procedimental	Observar, describir y analizar diversas alteraciones cromosómicas plasmadas en obras de arte mundiales.
	Actitudinal	Fomentar el respeto y valoración por la diversidad entendiendo ésta como el resultado de una serie de procesos genéticos y de herencia.
Objetivo General	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar y argumentar, basándose en evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en organismos como plantas y animales, considerando: las causas y consecuencias de anomalías y pérdida de cromosomas.</li> </ul>	
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formular preguntas o problemas en torno a la herencia genética mediante la observación de fenotipos de individuos de varias generaciones.</li> <li>Formular explicaciones de la transmisión de enfermedades hereditarias en plantas y animales de acuerdo con evidencias teóricas de los principios de Mendel y de la herencia de genes involucrados.</li> <li>Debatir en torno a enfermedades genéticas mediante la investigación de anomalías cromosómicas, su origen e implicancias sociales y económicas</li> </ul>	
Aprendizajes esperados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender como se transmite la información genética de generación en generación.</li> <li>Formular explicaciones de la transmisión de enfermedades hereditarias y debatir en torno a ellas mediante la investigación de anomalías cromosómicas.</li> </ul>	
Destinatarios	Estudiantes de 2° año medio	
Temporalidad	5 sesiones (de 90 minutos cada una)	
Materiales	Copia de los cuadros de Velásquez, guías de trabajo.	