

Programa de Estudio  
3° o 4° medio  
Formación Diferenciada  
Ciencias

## Biología Celular y Molecular

MINISTERIO DE EDUCACIÓN  
GOBIERNO DE CHILE



v  
e  
r  
s  
i  
ó  
n  
-  
w  
e  
b



UNIDAD DE  
CURRÍCULO Y  
EVALUACIÓN

UCE



**ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE Y  
ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN.  
ESTAS ACTIVIDADES ESTÁN  
ORGANIZADAS EN 4 UNIDADES,  
CADA UNIDAD TIENE CUATRO  
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJES Y  
UNA ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN.**

**Querida comunidad educativa:**

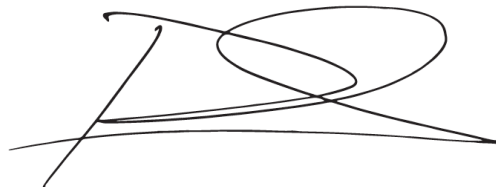
Me es grato saludarles y dirigirme a ustedes para poner en sus manos los Programas de Estudio de las 46 asignaturas del currículum ajustado a las nuevas Bases Curriculares de 3° y 4° año de enseñanza media (Decreto Supremo N°193 de 2019), que inició su vigencia el presente año para 3° medio y el año 2021 para 4° medio, o simultáneamente en ambos niveles si el colegio así lo decidió.

El presente año ha sido particularmente difícil por la situación mundial de pandemia por Coronavirus y el Ministerio de Educación no ha descansado en su afán de entregar herramientas de apoyo para que los estudiantes de Chile se conviertan en ciudadanos que desarrollen la empatía y el respeto, la autonomía y la proactividad, la capacidad para perseverar en torno a metas y, especialmente, la responsabilidad por las propias acciones y decisiones con conciencia de las implicancias que estas tienen sobre uno mismo y los otros.

Estos Programas de Estudio han sido elaborados por la Unidad de Currículum y Evaluación del Ministerio de Educación y presentan una propuesta pedagógica y didáctica que apoya el proceso de gestión de los establecimientos educacionales, además de ser una invitación a las comunidades educativas para enfrentar el desafío de preparación, estudio y compromiso con la vocación formadora y con las expectativas de aprendizaje que pueden lograr nuestros estudiantes.

Nos sentimos orgullosos de poner a disposición de los jóvenes de Chile un currículum acorde a los tiempos actuales y que permitirá formar personas integrales y ciudadanos autónomos, críticos y responsables, que desarrollen las habilidades necesarias para seguir aprendiendo a lo largo de sus vidas y que estarán preparados para ser un aporte a la sociedad.

Les saluda cordialmente,



Raúl Figueroa S.  
Ministro de Educación

## **Programa de Estudio Biología Celular y Molecular 3° o 4° medio**

Aprobado por Decreto Exento N°496 del 15 de junio de 2020.

Equipo de Desarrollo Curricular  
Unidad de Currículum y Evaluación  
Ministerio de Educación 2021

### **IMPORTANTE**

En el presente documento, se utilizan de manera inclusiva términos como “el docente”, “el estudiante”, “el profesor”, “el niño”, “el compañero” y sus respectivos plurales (así como otras palabras equivalentes en el contexto educativo) para referirse a hombres y mujeres.

Esta opción obedece a que no existe acuerdo universal respecto de cómo aludir conjuntamente a ambos sexos en el idioma español, salvo usando “o/a”, “los/las” y otras similares, y ese tipo de fórmulas supone una saturación gráfica que puede dificultar la comprensión de la lectura.

# Índice

Presentación.....	7
Nociones básicas .....	8
Orientaciones para planificar .....	18
Orientaciones para evaluar los aprendizajes .....	19
Estructura del programa .....	21
Biología celular y molecular .....	23
Propósitos Formativos .....	23
Enfoques de las asignaturas científicas.....	23
Orientaciones para el docente .....	27
Objetivos de Aprendizaje .....	30
Unidad 1 - Comprendiendo la estructura y la función de la célula.....	35
Actividad 1. Una historia sin fin: la relación entre la biología celular y molecular .....	36
Actividad 2. Paisajes celulares.....	41
Actividad 3. ¿Qué es primero: la estructura o la función celular?.....	45
Actividad 4. Reproducirse, especializarse o morir .....	49
Actividad de Evaluación: “Procesos celulares en acción” .....	53
Unidad 2 - Estudiando la versatilidad de las proteínas .....	59
Actividad 1. ¿Qué importancia tienen las proteínas en mi vida? .....	60
Actividad 2. Desnaturalizando proteínas en la cocina .....	64
Actividad 3. Investigando la acción de las toxinas, venenos y fármacos en la inhibición enzimática .....	67
Actividad 4. La importancia de la forma de las proteínas en la contracción muscular .....	74
Actividad de Evaluación: “Modelando una proteína” .....	77
Unidad 3 - Analizando la relación entre expresión y regulación génica .....	82
Actividad 1. Estudiando la estructura y la expresión de la información genética .....	83
Actividad 2. ¿Por qué desarrollamos diversos tipos celulares si tenemos el mismo origen?.....	90
Actividad 3. La biología de los mutantes.....	95
Actividad 4. La epigenética: un cambio de paradigma .....	101
Actividad de Evaluación: “El rol del ambiente en el origen de patologías” .....	108
Unidad 4 - Analizando aplicaciones en biología celular y molecular .....	116
Actividad 1. Biólogos y biólogas celulares y moleculares chilenos y su aporte al conocimiento .....	117

Actividad 2. Creando bacterias recombinantes sin ir al laboratorio .....	122
Actividad 3. Aplicaciones biotecnológicas al servicio de la humanidad.....	127
Actividad 4. Estar informado para dar una opinión: avances y controversias de la biotecnología ..	134
Actividad de Evaluación: “La biotecnología en la vida diaria” .....	141
Proyecto Interdisciplinario .....	146
Manual de orientación .....	146
Proyecto STEM Modelando bacterias para degradar el plástico de los océanos .....	150
Bibliografía .....	157
Anexos .....	159

# Presentación

Las Bases Curriculares establecen Objetivos de Aprendizaje (OA) que definen los desempeños que se espera que todos los estudiantes logren en cada asignatura, módulo y nivel de enseñanza. Estos objetivos integran habilidades, conocimientos y actitudes que se considera relevantes para que los jóvenes alcancen un desarrollo armónico e integral que les permita enfrentar su futuro con las herramientas necesarias y participar de manera activa y responsable en la sociedad.

Las Bases Curriculares son flexibles para adaptarse a las diversas realidades educativas que se derivan de los distintos contextos sociales, económicos, territoriales y religiosos de nuestro país. Estas múltiples realidades dan origen a diferentes aproximaciones curriculares, didácticas, metodológicas y organizacionales, que se expresan en el desarrollo de distintos proyectos educativos, todos válidos mientras permitan el logro de los Objetivos de Aprendizaje. En este contexto, las Bases Curriculares constituyen el referente base para los establecimientos que deseen elaborar programas propios, y por lo tanto, no corresponde que éstas prescriban didácticas específicas que limiten la diversidad de enfoques educacionales que pueden expresarse en los establecimientos de nuestro país.

Para aquellos establecimientos que no han optado por programas propios, el Ministerio de Educación suministra estos Programas de Estudio con el fin de facilitar una óptima implementación de las Bases Curriculares. Estos programas constituyen un complemento totalmente coherente y alineado con las Bases Curriculares y una herramienta para apoyar los docentes en el logro de los Objetivos de Aprendizaje.

Los Programas de Estudio proponen al profesor una organización de los Objetivos de Aprendizaje con relación al tiempo disponible dentro del año escolar, y constituyen una orientación acerca de cómo secuenciar los objetivos y cómo combinarlos para darles una comprensión profunda y transversal. Se trata de una estimación aproximada y de carácter indicativo que puede ser adaptada por los docentes, de acuerdo a la realidad de sus estudiantes y de su establecimiento.

Asimismo, para facilitar al profesor su quehacer en el aula, se sugiere un conjunto de indicadores de evaluación que dan cuenta de los diversos desempeños de comprensión que demuestran que un alumno ha aprendido en profundidad, transitando desde lo más elemental hasta lo más complejo, y que aluden a los procesos cognitivos de orden superior, las comprensiones profundas o las habilidades que se busca desarrollar transversalmente.

Junto con ello, se proporciona orientaciones didácticas para cada disciplina y una gama amplia y flexible de actividades de aprendizaje y de evaluación, que pueden utilizarse como base para nuevas actividades acordes con las diversas realidades de los establecimientos educacionales. Estas actividades se enmarcan en un modelo pedagógico cuyo enfoque es el de la comprensión profunda y significativa, lo que implica establecer posibles conexiones al interior de cada disciplina y también con otras áreas del conocimiento, con el propósito de facilitar el aprendizaje.

Estas actividades de aprendizaje y de evaluación se enriquecen con sugerencias al docente, recomendaciones de recursos didácticos complementarios y bibliografía para profesores y estudiantes.

En síntesis, se entrega estos Programas de Estudio a los establecimientos educacionales como un apoyo para llevar a cabo su labor de enseñanza.

# Nociones básicas

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE COMO INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS, HABILIDADES Y ACTITUDES

Los Objetivos de Aprendizaje definen para cada asignatura o módulo los aprendizajes terminales esperables para cada semestre o año escolar. Se refieren a habilidades, actitudes y conocimientos que han sido seleccionados considerando que entreguen a los estudiantes las herramientas necesarias para su desarrollo integral, que les faciliten una comprensión profunda del mundo que habitan, y que despierten en ellos el interés por continuar estudios superiores y desarrollar sus planes de vida y proyectos personales.

En la formulación de los Objetivos de Aprendizaje se relacionan habilidades, conocimientos y actitudes y, por medio de ellos, se pretende plasmar de manera clara y precisa cuáles son los aprendizajes esenciales que el alumno debe lograr. Se conforma así un currículum centrado en el aprendizaje, que declara explícitamente cuál es el foco del quehacer educativo. Se busca que los estudiantes pongan en juego estos conocimientos, habilidades y actitudes para enfrentar diversos desafíos, tanto en el contexto de la sala de clases como en la vida cotidiana.

### CONOCIMIENTOS

Los conocimientos de las asignaturas y módulos corresponden a conceptos, redes de conceptos e información sobre hechos, procesos, procedimientos y operaciones que enriquecen la comprensión de los alumnos sobre los fenómenos que les toca enfrentar. Les permiten relacionarse con el entorno, utilizando nociones complejas y profundas que complementan el saber que han generado por medio del sentido común y la experiencia cotidiana. Se busca que sean esenciales, fundamentales para que los estudiantes construyan nuevos aprendizajes y de alto interés para ellos. Se deben desarrollar de manera integrada con las habilidades, porque son una condición para el progreso de estas y para lograr la comprensión profunda.

### HABILIDADES Y ACTITUDES PARA EL SIGLO XXI

La existencia y el uso de la tecnología en el mundo global, multicultural y en constante cambio, ha determinado nuevos modos de acceso al conocimiento, de aplicación de los aprendizajes y de participación en la sociedad. Estas necesidades exigen competencias particulares, identificadas internacionalmente como Habilidades para el siglo XXI.<sup>1</sup>

Las habilidades para el siglo XXI presentan como foco formativo central la formación integral de los estudiantes dando continuidad a los objetivos de aprendizaje transversales de 1° básico a 2° medio. Como estos, son transversales a todas las asignaturas, y al ser transferibles a otros contextos, se convierten en un aprendizaje para la vida. Se presentan organizadas en torno a cuatro ámbitos: maneras de pensar, maneras de trabajar, herramientas para trabajar y herramientas de vivir en el mundo.

<sup>1</sup> El conjunto de habilidades seleccionadas para integrar el currículum de 3° y 4° medio corresponden a una adaptación de distintos modelos (Binkley et al., 2012; Fadel et al., 2016).



## MANERAS DE PENSAR

### Desarrollo de la creatividad y la innovación

Las personas que aprenden a ser creativas poseen habilidades de pensamiento divergente, producción de ideas, fluidez, flexibilidad y originalidad. El pensamiento creativo implica abrirse a diferentes ideas, perspectivas y puntos de vista, ya sea en la exploración personal o en el trabajo en equipo. La enseñanza para la creatividad implica asumir que el pensamiento creativo puede desarrollarse en todas las instancias de aprendizaje y en varios niveles: imitación, variación, combinación, transformación y creación original. Por ello, es importante que los docentes consideren que, para lograr la creación original, es necesario haber desarrollado varias habilidades y que la creatividad también puede enseñarse mediante actividades más acotadas según los diferentes niveles. (Fadel et al, 2016).

### Desarrollo del pensamiento crítico

Cuando aprendemos a pensar críticamente, podemos discriminar entre informaciones, declaraciones o argumentos, evaluando su contenido, pertinencia, validez y verosimilitud. El pensamiento crítico permite cuestionar la información, tomar decisiones y emitir juicios, como asimismo reflexionar críticamente acerca de diferentes puntos de vista, tanto de los propios como de los demás, ya sea para defenderlos o contradecirlos sobre la base de evidencias. Contribuye así, además, a la autorreflexión y corrección de errores, y favorece la capacidad de estar abierto a los cambios y de tomar decisiones razonadas. El principal desafío en la enseñanza del pensamiento crítico es la aplicación exitosa de estas habilidades en contextos diferentes de aquellos en que fueron aprendidas (Fadel et al, 2016).

### Desarrollo de la metacognición

El pensamiento metacognitivo se relaciona al concepto de “aprender a aprender”. Se refiere a ser consciente del propio aprendizaje y de los procesos para lograrlo, lo que permite autogestionarlo con autonomía, adaptabilidad y flexibilidad. El proceso de pensar acerca del pensar involucra la reflexión propia sobre la posición actual, fijar los objetivos a futuro, diseñar acciones y estrategias potenciales, monitorear el proceso de aprendizaje y evaluar los resultados. Incluye tanto el conocimiento que se tiene sobre uno mismo como estudiante o pensador, como los factores que influyen en el rendimiento. La reflexión acerca del propio aprendizaje favorece su comunicación, por una parte, y la toma de conciencia de las propias capacidades y debilidades, por otra. Desde esta perspectiva, desarrolla la autoestima, la disciplina, la capacidad de perseverar y la tolerancia a la frustración.

### Desarrollo de Actitudes

- Pensar con perseverancia y proactividad para encontrar soluciones innovadoras a los problemas.
- Pensar con apertura a distintas perspectivas y contextos, asumiendo riesgos y responsabilidades.
- Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.
- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Pensar con reflexión propia y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.
- Pensar con consciencia de que los aprendizajes se desarrollan a lo largo de la vida y enriquecen la experiencia.
- Pensar con apertura hacia otros para valorar la comunicación como una forma de relacionarse con diversas personas y culturas, compartiendo ideas que favorezcan el desarrollo de la vida en sociedad.

## MANERAS DE TRABAJAR

### Desarrollo de la comunicación

Aprender a comunicarse ya sea de manera escrita, oral o multimodal, requiere generar estrategias y herramientas que se adecuen a diversas situaciones, propósitos y contextos socioculturales, con el fin de transmitir lo que se desea de manera clara y efectiva. La comunicación permite desarrollar la empatía, la autoconfianza, la valoración de la interculturalidad, así como la adaptabilidad, la creatividad y el rechazo a la discriminación.

### Desarrollo de la colaboración

La colaboración entre personas con diferentes habilidades y perspectivas faculta al grupo para tomar mejores decisiones que las que se tomarían individualmente, permite analizar la realidad desde más ángulos y producir obras más complejas y más completas. Además, el trabajo colaborativo entre pares determina nuevas formas de aprender y de evaluarse a sí mismo y a los demás, lo que permite visibilizar los modos en que se aprende; esto conlleva nuevas maneras de relacionarse en torno al aprendizaje.

La colaboración implica, a su vez, actitudes clave para el aprendizaje en el siglo XXI, como la responsabilidad, la perseverancia, la apertura de mente hacia lo distinto, la aceptación y valoración de las diferencias, la autoestima, la tolerancia a la frustración, el liderazgo y la empatía.

### Desarrollo de Actitudes

- Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.
- Trabajar con responsabilidad y liderazgo en la realización de las tareas colaborativas y en función del logro de metas comunes.
- Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.
- Trabajar con autonomía y proactividad en trabajos colaborativos e individuales para llevar a cabo eficazmente proyectos de diversa índole.

## HERRAMIENTAS PARA TRABAJAR

### Desarrollo de la alfabetización digital

Aprender a utilizar la tecnología como herramienta de trabajo implica dominar las posibilidades que ofrece y darle un uso creativo e innovador. La alfabetización digital apunta a la resolución de problemas en el marco de la cultura digital que caracteriza al siglo XXI, aprovechando las herramientas que nos dan la programación, el pensamiento computacional, la robótica e internet, entre otros, para crear contenidos digitales, informarnos y vincularnos con los demás. Promueve la autonomía y el trabajo en equipo, la creatividad, la participación en redes de diversa índole, la motivación por ampliar los propios intereses y horizontes culturales, e implica el uso responsable de la tecnología considerando la ciberseguridad y el autocuidado.

### Desarrollo del uso de la información

Usar bien la información se refiere a la eficacia y eficiencia en la búsqueda, el acceso, el procesamiento, la evaluación crítica, el uso creativo y ético, así como la comunicación de la información por medio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Implica formular preguntas, indagar y generar estrategias para seleccionar, organizar y comunicar la información. Tiene siempre en cuenta, además, tanto los aspectos éticos y legales que la regulan como el respeto a los demás y a su privacidad.

### Desarrollo de Actitudes

- Aprovechar las herramientas disponibles para aprender y resolver problemas.
- Interesarse por las posibilidades que ofrece la tecnología para el desarrollo intelectual, personal y social del individuo.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.
- Actuar responsablemente al gestionar el tiempo para llevar a cabo eficazmente los proyectos personales, académicos y laborales.
- Actuar de acuerdo con los principios de la ética en el uso de la información y de la tecnología, respetando la propiedad intelectual y la privacidad de las personas.

## MANERAS DE VIVIR EN EL MUNDO

### Desarrollo de la ciudadanía local y global

La ciudadanía se refiere a la participación activa del individuo en su contexto, desde una perspectiva política, social, territorial, global, cultural, económica y medioambiental, entre otras dimensiones. La conciencia de ser ciudadano promueve el sentido de pertenencia y la valoración y el ejercicio de los principios democráticos, y también supone asumir sus responsabilidades como ciudadano local y global. En este sentido, ejercitar el respeto a los demás, a su privacidad y a las diferencias valóricas, religiosas y étnicas cobra gran relevancia; se relaciona directamente con una actitud empática, de mentalidad abierta y de adaptabilidad.

### Desarrollo de proyecto de vida y carrera

La construcción y consolidación de un proyecto de vida y de una carrera, oficio u ocupación, requiere conocerse a sí mismo, establecer metas, crear estrategias para conseguirlas, desarrollar la autogestión, actuar con iniciativa y compromiso, ser autónomo para ampliar los aprendizajes, reflexionar críticamente y estar dispuesto a integrar las retroalimentaciones recibidas. Por otra parte, para alcanzar esas metas, se requiere interactuar con los demás de manera flexible, con capacidad para trabajar en equipo, negociar en busca de soluciones y adaptarse a los cambios para poder desenvolverse en distintos roles y contextos. Esto permite el desarrollo de liderazgo, responsabilidad, ejercicio ético del poder y respeto a las diferencias en ideas y valores.

### Desarrollo de la responsabilidad personal y social

La responsabilidad personal consiste en ser conscientes de nuestras acciones y sus consecuencias, cuidar de nosotros mismos de modo integral y respetar los compromisos que adquirimos con los demás, generando confianza en los otros, comunicándonos de una manera asertiva y empática, que acepte los distintos puntos de vista. Asumir la responsabilidad por el bien común participando activamente en el cumplimiento de las necesidades sociales en distintos ámbitos: cultural, político, medioambiental, entre otros.

### Desarrollo de Actitudes

- Perseverar en torno a metas con miras a la construcción de proyectos de vida y al aporte a la sociedad y al país con autodeterminación, autoconfianza y respeto por sí mismo y por los demás.
- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.
- Tomar decisiones democráticas, respetando los derechos humanos, la diversidad y la multiculturalidad.
- Asumir responsabilidad por las propias acciones y decisiones con consciencia de las implicancias que ellas tienen sobre sí mismo y los otros.

# Consideraciones generales

Las consideraciones que se presentan a continuación son relevantes para una óptima implementación de los Programas de Estudio, se vinculan estrechamente con los enfoques curriculares, y permiten abordar de mejor manera los Objetivos de Aprendizaje de las Bases Curriculares.

## EL ESTUDIANTE DE 3° y 4° MEDIO

La formación en los niveles de 3° y 4° Medio cumple un rol esencial en su carácter de etapa final del ciclo escolar. Habilita al alumno para conducir su propia vida en forma autónoma, plena, libre y responsable, de modo que pueda desarrollar planes de vida y proyectos personales, continuar su proceso educativo formal mediante la educación superior, o incorporarse a la vida laboral.

El perfil de egreso que establece la ley en sus objetivos generales apunta a formar ciudadanos críticos, creativos y reflexivos, activamente participativos, solidarios y responsables, con conciencia de sus deberes y derechos, y respeto por la diversidad de ideas, formas de vida e intereses. También propicia que estén conscientes de sus fortalezas y debilidades, que sean capaces de evaluar los méritos relativos de distintos puntos de vista al enfrentarse a nuevos escenarios, y de fundamentar adecuadamente sus decisiones y convicciones, basados en la ética y la integridad. Asimismo, aspira a que sean personas con gran capacidad para trabajar en equipo e interactuar en contextos socioculturalmente heterogéneos, relacionándose positivamente con otros, cooperando y resolviendo adecuadamente los conflictos.

De esta forma, tomarán buenas decisiones y establecerán compromisos en forma responsable y solidaria, tanto de modo individual como colaborativo, integrando nuevas ideas y reconociendo que las diferencias ayudan a concretar grandes proyectos.

Para ello, lograr este desarrollo en los estudiantes, es necesario que los docentes conozcan sus diversos talentos, necesidades, intereses y preferencias de sus estudiantes y promuevan intencionadamente la su autonomía de los alumnos, con el propósito de incentivar la motivación por aprender y la autorregulación necesarias para que las actividades de este Programa sean instancias significativas para sus desafíos, intereses y proyectos personales.

## APRENDIZAJE PARA LA COMPRESIÓN

La propuesta metodológica de los Programas de Estudio tiene como propósito el aprendizaje para la comprensión. Entendemos la comprensión como la capacidad de usar el conocimiento de manera flexible, lo que permite a los estudiantes pensar y actuar a partir de lo que saben en distintas situaciones y contextos. La comprensión se puede desarrollar generando oportunidades que permitan al alumno ejercitar habilidades como analizar, explicar, resolver problemas, construir argumentos, justificar, extrapolar, entre otras. La aplicación de estas habilidades y del conocimiento a lo largo del proceso de aprendizaje faculta a los estudiantes a profundizar en el conocimiento, que se torna en evidencia de la comprensión.

La elaboración de los Programas de Estudio se ha realizado en el contexto del paradigma constructivista y bajo el fundamento de dos principios esenciales que regulan y miden la efectividad del aprendizaje: el aprendizaje significativo y el aprendizaje profundo.

### ¿Qué entendemos por aprendizaje significativo y profundo?

Un aprendizaje se dice significativo cuando los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del estudiante. Esto se logra gracias a un esfuerzo deliberado del alumno por relacionar los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos y es producto de una implicación afectiva del estudiante; es decir, él quiere aprender aquello que se le presenta, porque lo considera valioso. Para la construcción de este tipo de aprendizaje, se requiere efectuar acciones de mediación en el aula que permitan activar los conocimientos previos y, a su vez, facilitar que dicho aprendizaje adquiera sentido precisamente en la medida en que se integra con otros previamente adquiridos o se relaciona con alguna cuestión o problema que interesa al estudiante.

Un aprendizaje se dice profundo solo si, por un lado, el aprendiz logra dominar, transformar y utilizar los conocimientos adquiridos en la solución de problemas reales y, por otro lado, permanece en el tiempo y se puede transferir a distintos contextos de uso. Para mediar el desarrollo de un aprendizaje de este tipo, es necesario generar escenarios flexibles y graduales que permitan al estudiante usar los conocimientos aplicándolos en situaciones diversas.

### ¿Cómo debe guiar el profesor a sus alumnos para que usen el conocimiento?

El docente debe diseñar actividades de clase desafiantes que induzcan a los estudiantes a aplicar habilidades cognitivas mediante las cuales profundicen en la comprensión de un nuevo conocimiento. Este diseño debe permitir mediar simultáneamente ambos aspectos del aprendizaje, el significativo y el profundo, y asignar al alumno un rol activo dentro del proceso de aprendizaje.

El principio pedagógico constructivista del estudiante activo permite que él desarrolle la capacidad de aprender a aprender. Los alumnos deben llegar a adquirir la autonomía que les permita dirigir sus propios procesos de aprendizaje y convertirse en sus propios mediadores. El concepto clave que surge como herramienta y, a la vez, como propósito de todo proceso de enseñanza-aprendizaje corresponde al pensamiento metacognitivo, entendido como un conjunto de disposiciones mentales de autorregulación que permiten al aprendiz monitorear, planificar y evaluar su propio proceso de aprendizaje.

En esta línea, la formulación de buenas preguntas es una de las herramientas esenciales de mediación para construir un pensamiento profundo.

Cada pregunta hace posible una búsqueda que permite integrar conocimiento y pensamiento; el pensamiento se despliega en sus distintos actos que posibilitan dominar, elaborar y transformar un conocimiento.

## ENFOQUE INTERDISCIPLINAR Y APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

La integración disciplinar permite fortalecer conocimientos y habilidades de pensamiento complejo que faculten la comprensión profunda de ellos. Para lograr esto, es necesario que los docentes incorporen en su planificación instancias destinadas a trabajar en conjunto con otras disciplinas. Las Bases Curriculares plantean el Aprendizaje Basado en Proyecto como metodología para favorecer el trabajo colaborativo y el aprendizaje de resolución de problemas.

Un problema real es interdisciplinario. Por este motivo, en los Programas de Estudio de cada asignatura se integra orientaciones concretas y modelos de proyectos, que facilitarán esta tarea a los docentes y que fomentarán el trabajo y la planificación conjunta de algunas actividades entre profesores de diferentes asignaturas.

Se espera que, en las asignaturas electivas de profundización el docente destine un tiempo para el trabajo en proyectos interdisciplinarios. Para ello, se incluye un modelo de proyecto interdisciplinario por asignatura de profundización.

Existe una serie de elementos esenciales que son requisitos para el diseño de un Proyecto<sup>2</sup> permita maximizar el aprendizaje y la participación de los estudiantes, de manera que aprendan cómo aplicar el conocimiento al mundo real, cómo utilizarlo para resolver problemas, responder preguntas complejas y crear productos de alta calidad. Dichos elementos son:

- **Conocimiento clave, comprensión y habilidades**

El proyecto se enfoca en profundizar en la comprensión del conocimiento interdisciplinario, ya que permite desarrollar a la vez los Objetivos de Aprendizaje y las habilidades del Siglo XXI que se requieren para realizar el proyecto.

- **Desafío, problema o pregunta**

El proyecto se basa en un problema significativo para resolver o una pregunta para responder, en el nivel adecuado de desafío para los alumnos, que se implementa mediante una pregunta de conducción abierta y atractiva.

- **Indagación sostenida**

El proyecto implica un proceso activo y profundo a lo largo del tiempo, en el que los estudiantes generan preguntas, encuentran y utilizan recursos, hacen preguntas adicionales y desarrollan sus propias respuestas.

- **Autenticidad**

El proyecto tiene un contexto del mundo real, utiliza procesos, herramientas y estándares de calidad del mundo real, tiene un impacto real, ya que creará algo que será utilizado o experimentado por otros, y/o está conectado a las propias preocupaciones, intereses e identidades de los alumnos.

- **Voz y elección del estudiante**

El proyecto permite a los estudiantes tomar algunas decisiones sobre los productos que crean, cómo funcionan y cómo usan su tiempo, guiados por el docente y dependiendo de su edad y experiencia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

- **Reflexión**

El proyecto brinda oportunidades para que los alumnos reflexionen sobre qué y cómo están aprendiendo, y sobre el diseño y la implementación del proyecto.

---

<sup>2</sup> Adaptado de John Larmer, John Mergendoller, Suzie Boss. *Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction*, (ASCD 2015).

- **Crítica y revisión**

El proyecto incluye procesos de retroalimentación para que los estudiantes den y reciban comentarios sobre su trabajo, con el fin de revisar sus ideas y productos o realizar una investigación adicional.

- **Producto público**

El proyecto requiere que los alumnos demuestren lo que aprenden, creando un producto que se presenta u ofrece a personas que se encuentran más allá del aula.

## CIUDADANÍA DIGITAL

Los avances de la automatización, así como el uso extensivo de las herramientas digitales y de la inteligencia artificial, traerán como consecuencia grandes transformaciones y desafíos en el mundo del trabajo, por lo cual los estudiantes deben contar con herramientas necesarias para enfrentarlos. Los Programas de Estudio promueven que los alumnos empleen tecnologías de información para comunicarse y desarrollar un pensamiento computacional, dando cuenta de sus aprendizajes o de sus creaciones y proyectos, y brindan oportunidades para hacer un uso extensivo de ellas y desarrollar capacidades digitales para que aprendan a desenvolverse de manera responsable, informada, segura, ética, libre y participativa, comprendiendo el impacto de las TIC en la vida personal y el entorno.

## CONTEXTUALIZACIÓN CURRICULAR

La contextualización curricular es el proceso de apropiación y desarrollo del currículum en una realidad educativa concreta. Este se lleva a cabo considerando las características particulares del contexto escolar (por ejemplo, el medio en que se sitúa el establecimiento educativo, la cultura, el proyecto educativo institucional de las escuelas y la comunidad escolar, el tipo de formación diferenciada que se imparte -Artística, Humanístico-Científica, Técnico Profesional-, entre otros), lo que posibilita que el proceso educativo adquiera significado para los estudiantes desde sus propias realidades y facilita, así, el logro de los Objetivos de Aprendizaje.

Los Programas de Estudio consideran una propuesta de diseño de clases, de actividades y de evaluaciones que pueden modificarse, ajustarse y transferirse a diferentes realidades y contextos.

## ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD Y A LA INCLUSIÓN

En el trabajo pedagógico, es importante que los docentes tomen en cuenta la diversidad entre estudiantes en términos culturales, sociales, étnicos, religiosos, de género, de estilos de aprendizaje y de niveles de conocimiento. Esta diversidad enriquece los escenarios de aprendizaje y está asociada a los siguientes desafíos para los profesores:

- Procurar que los aprendizajes se desarrollen de una manera significativa en relación con el contexto y la realidad de los alumnos.
- Trabajar para que todos alcancen los Objetivos de Aprendizaje señalados en el currículum, acogiendo la diversidad y la inclusión como una oportunidad para desarrollar más y mejores aprendizajes.
- Favorecer y potenciar la diversidad y la inclusión, utilizando el aprendizaje basado en proyectos.



- En el caso de alumnos con necesidades educativas especiales, tanto el conocimiento de los profesores como el apoyo y las recomendaciones de los especialistas que evalúan a dichos estudiantes contribuirán a que todos desarrollen al máximo sus capacidades.
- Generar ambientes de aprendizaje inclusivos, lo que implica que cada estudiante debe sentir seguridad para participar, experimentar y contribuir de forma significativa a la clase. Se recomienda destacar positivamente las características particulares y rechazar toda forma de discriminación, agresividad o violencia.
- Proveer igualdad de oportunidades, asegurando que los alumnos puedan participar por igual en todas las actividades, evitando asociar el trabajo de aula con estereotipos asociados a género, características físicas o cualquier otro tipo de sesgo que provoque discriminación.
- Utilizar materiales, aplicar estrategias didácticas y desarrollar actividades que se adecuen a las singularidades culturales y étnicas de los estudiantes y a sus intereses.
- Promover un trabajo sistemático, con actividades variadas para diferentes estilos de aprendizaje y con ejercitación abundante, procurando que todos tengan acceso a oportunidades de aprendizaje enriquecidas.

Atender a la diversidad de estudiantes, con sus capacidades, contextos y conocimientos previos, no implica tener expectativas más bajas para algunos de ellos. Por el contrario, hay que reconocer los requerimientos personales de cada alumno para que todos alcancen los propósitos de aprendizaje pretendidos. En este sentido, conviene que, al diseñar el trabajo de cada unidad, el docente considere los tiempos, recursos y métodos necesarios para que cada estudiante logre un aprendizaje de calidad. Mientras más experiencia y conocimientos tengan los profesores sobre su asignatura y las estrategias que promueven un aprendizaje profundo, más herramientas tendrán para tomar decisiones pertinentes y oportunas respecto de las necesidades de sus alumnos. Por esta razón, los Programas de Estudio incluyen numerosos Indicadores de Evaluación, observaciones al docente, sugerencias de actividades y de evaluación, entre otros elementos, para apoyar la gestión curricular y pedagógica responsable de todos los estudiantes.

# Orientaciones para planificar

Existen diversos métodos de planificación, caracterizados por énfasis específicos vinculados al enfoque del que provienen. Como una manera de apoyar el trabajo de los docentes, se propone considerar el diseño para la comprensión, relacionado con plantear cuestionamientos activos a los estudiantes, de manera de motivarlos a poner en práctica sus ideas y nuevos conocimientos. En este sentido, y con el propósito de promover el desarrollo de procesos educativos con foco claro y directo en los aprendizajes, se sugiere utilizar la planificación en reversa (Wiggins y McTigue, 1998). Esta mantiene siempre al centro lo que se espera que aprendan los alumnos durante el proceso educativo, en el marco de la comprensión profunda y significativa. De esta manera, la atención se concentra en lo que se espera que logren, tanto al final del proceso de enseñanza y aprendizaje, como durante su desarrollo.

Para la planificación de clases, se considera tres momentos:

## 1. Identificar el Objetivo de Aprendizaje que se quiere alcanzar

Dicho objetivo responde a la pregunta: ¿qué se espera que aprendan? Y se especifica a partir de los Objetivos de Aprendizaje propuestos en las Bases Curriculares y en relación con los intereses, necesidades y características particulares de los estudiantes.

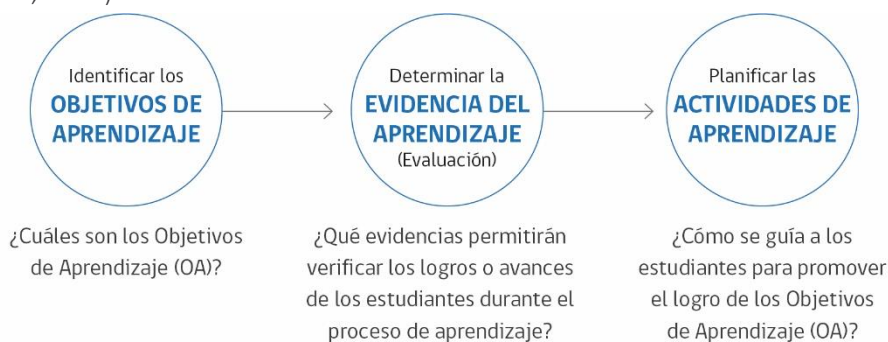
## 2. Determinar evidencias

Teniendo claridad respecto de los aprendizajes que se quiere lograr, hay que preguntarse: ¿qué evidencias permitirán verificar que el conjunto de Objetivos de Aprendizaje se logró? En este sentido, los Indicadores presentados en el Programa resultan de gran ayuda, dado que orientan la toma de decisiones con un sentido formativo.

## 3. Planificar experiencias de aprendizaje

Teniendo en mente los Objetivos de Aprendizajes y la evidencia que ayudará a verificar que se han alcanzado, llega el momento de pensar en las actividades de aprendizaje más apropiadas.

¿Qué experiencias brindarán oportunidades para adquirir los conocimientos, habilidades y actitudes que se necesita? Además de esta elección, es importante verificar que la secuencia de las actividades y estrategias elegidas sean las adecuadas para el logro de los objetivos. (Saphier, Haley-Speca y Gower, 2008).



# Orientaciones para evaluar los aprendizajes

La evaluación, como un aspecto intrínseco del proceso de enseñanza-aprendizaje, se plantea en estos programas con un foco pedagógico, al servicio del aprendizaje de los estudiantes. Para que esto ocurra, se plantea recoger evidencias que permitan describir con precisión la diversidad existente en el aula para tomar decisiones pedagógicas y retroalimentar a los alumnos. La evaluación desarrollada con foco pedagógico favorece la motivación de los estudiantes a seguir aprendiendo; asimismo, el desarrollo de la autonomía y la autorregulación potencia la reflexión de los docentes sobre su práctica y facilita la toma de decisiones pedagógicas pertinentes y oportunas que permitan apoyar de mejor manera los aprendizajes.

Para implementar una evaluación con un foco pedagógico, se requiere:

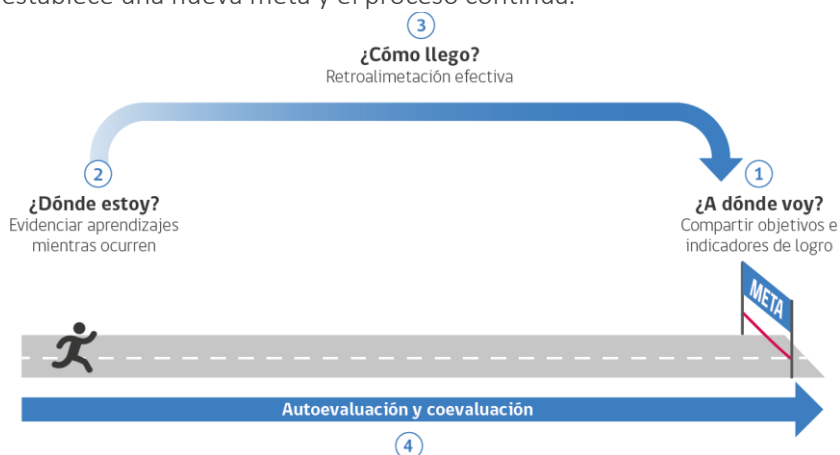
- Diseñar experiencias de evaluación que ayuden a los estudiantes a poner en práctica lo aprendido en situaciones que muestren la relevancia o utilidad de ese aprendizaje.
- Evaluar solamente aquello que los alumnos efectivamente han tenido la oportunidad de aprender mediante las experiencias de aprendizaje mediadas por el profesor.
- Procurar que se utilice diversas formas de evaluar, que consideren las distintas características, ritmos y formas de aprender, necesidades e intereses de los estudiantes, evitando posibles sesgos y problemas de accesibilidad para ellos.
- Promover que los alumnos tengan una activa participación en los procesos de evaluación; por ejemplo: al elegir temas sobre los cuales les interese realizar una actividad de evaluación o sugerir la forma en que presentarán a otros un producto; participar en proponer los criterios de evaluación; generar experiencias de auto- y coevaluación que les permitan desarrollar su capacidad para reflexionar sobre sus procesos, progresos y logros de aprendizaje.
- Que las evaluaciones sean de la más alta calidad posible; es decir, deben representar de la forma más precisa posible los aprendizajes que se busca evaluar. Además, las evidencias que se levantan y fundamentan las interpretaciones respecto de los procesos, progresos o logros de aprendizajes de los estudiantes, deben ser suficientes como para sostener de forma consistente esas interpretaciones evaluativas.

## EVALUACIÓN

Para certificar los aprendizajes logrados, el profesor puede utilizar diferentes métodos de evaluación sumativa que reflejen los OA. Para esto, se sugiere emplear una variedad de medios y evidencias, como portafolios, registros anecdóticos, proyectos de investigación grupales e individuales, informes, presentaciones y pruebas orales y escritas, entre otros. Los Programas de Estudio proponen un ejemplo de evaluación sumativa por unidad. La forma en que se diseñe este tipo de evaluaciones y el modo en que se registre y comunique la información que se obtiene de ellas (que puede ser con calificaciones) debe permitir que dichas evaluaciones también puedan usarse formativamente para retroalimentar tanto la enseñanza como el aprendizaje.

El uso formativo de la evaluación debiera preponderar en las salas de clases, utilizándose de manera sistemática para reflexionar sobre el aprendizaje y la enseñanza, y para tomar decisiones pedagógicas pertinentes y oportunas que busquen promover el progreso del aprendizaje de todos los estudiantes, considerando la diversidad como un aspecto inherente a todas las aulas.

El proceso de evaluación formativa que se propone implica articular el proceso de enseñanza-aprendizaje en función de responder a las siguientes preguntas: ¿A dónde voy? (qué objetivo de aprendizaje espero lograr), ¿Dónde estoy ahora? (cuán cerca o lejos me encuentro de lograr ese aprendizaje) y ¿Qué estrategia o estrategias pueden ayudarme a llegar a donde tengo que ir? (qué pasos tengo que dar para acercarme a ese aprendizaje). Este proceso continuo de establecer un objetivo de aprendizaje, evaluar los niveles actuales y luego trabajar estratégicamente para reducir la distancia entre los dos, es la esencia de la evaluación formativa. Una vez que se alcanza una meta de aprendizaje, se establece una nueva meta y el proceso continúa.



Para promover la motivación para aprender, el nivel de desafío y el nivel de apoyo deben ser los adecuados –en términos de Vygotsky (1978), estar en la zona de desarrollo próximo de los estudiantes–, para lo cual se requiere que todas las decisiones que tomen los profesores y los propios alumnos, se basen en la información o evidencia sobre el aprendizaje recogidas continuamente (Griffin, 2014; Moss & Brookhart, 2009).

# Estructura del programa

## Propósito de la unidad

Resume el objetivo formativo de la unidad, actúa como una guía para el conjunto de actividades y evaluaciones que se diseñan en cada unidad. Se detalla qué se espera que el estudiante comprenda en la unidad, vinculando los contenidos, las habilidades y las actitudes de forma integrada.

## Objetivos de aprendizaje (OA)

Definen los aprendizajes terminales del año para cada asignatura. En cada unidad se explicitan los objetivos de aprendizaje a trabajar.

## Las actividades de aprendizaje

El diseño de estas actividades se caracteriza fundamentalmente por movilizar conocimientos habilidades y actitudes de manera integrada que permitan el desarrollo de una comprensión significativa y profunda de los Objetivos de Aprendizaje. Son una guía para que el profesor o la profesora diseñen sus propias actividades de evaluación.

Programa de Estudio

Unidad 1

## UNIDAD 1

### COMPRENDIENDO LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA CÉLULA

#### PROPÓSITO DE LA UNIDAD

Abordar a la célula desde una perspectiva holística, relacionando la investigación histórica de su estructura y función, con la comprensión de ella como unidad básica de los seres vivos, fruto del aporte de diversas disciplinas científicas. En este sentido, se espera que profundicen su conocimiento en relación a la célula, mediante el estudio y modelamiento de diversos tipos celulares, su relación con el medio y las estructuras y procesos moleculares que le permiten cumplir diversas funciones, las cuales se reflejan en las propiedades que poseen los seres vivos. Para este propósito puede guiarse por preguntas como las siguientes: ¿por qué la célula es considerada la unidad fundamental de los seres vivos? ¿en qué procesos moleculares se basan las funciones de la célula? ¿cómo se organizan estructuralmente las células eucariontes de organismos pluricelulares? ¿qué aportes han realizado diversas disciplinas a la comprensión de la biología celular y molecular?

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- OA1** Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.
- OA2** Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.
- OAa** Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.
- OAb** Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.
- OAc** Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.
- OAd** Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.
- OAe** Construir, usar y comunicar argumentos científicos.
- OAf** Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

Programa de Estudio

Unidad 1

## ACTIVIDAD 1:

Una historia sin fin: la relación entre la biología celular y molecular

Duración: 8 horas pedagógicas

#### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Relacionar las investigaciones, llevadas a cabo tanto por hombres como por mujeres, con los avances científicos en el conocimiento de la biología celular y molecular, tomando en cuenta las evidencias y cambios que han experimentado a lo largo del tiempo, y analizando el aporte de otras disciplinas científicas a su desarrollo propiamente tal.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- OA1** Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.
- OAb** Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.
- OAc** Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.
- OAe** Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

#### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

##### I. REFLEXIONANDO ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE LA BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR EN MI VIDA

- Los estudiantes reflexionan acerca de la importancia de la biología celular y molecular en su vida y la de las personas en general, abarcando su rol en medicina, salud, deporte, alimentación y medio ambiente.
- Registan sus aportes, justificando con una idea o concepto la relación con estas disciplinas.

##### II. INVESTIGANDO LOS HITOS DE LA BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR

- En grupos pequeños, buscan información relacionada con los principales hitos en el conocimiento de la biología celular y molecular, que han sucedido a través del tiempo, a nivel local y global, enfatizando los aportes realizados por otras disciplinas científicas, como la química, la física y la matemática, entre otros.
- Elaboran una línea de tiempo como síntesis de la investigación realizada.
- Argumentan las implicancias sociales, éticas, económicas, ambientales relacionadas con la aplicación de la biología celular y molecular al conocimiento científico tanto a nivel local como global.
- Comparan sus trabajos, con el fin de establecer coincidencias y diferencias, llegando a consenso en los hitos establecidos.

### Indicadores de evaluación

Detallan uno o más desempeños observables, medibles, específicos de los estudiantes que permiten evaluar el conjunto de Objetivos de Aprendizaje de la unidad. Son de carácter sugerido, por lo que el docente puede modificarlos o complementarlos.

### Orientaciones para el docente

Son sugerencias respecto a cómo desarrollar mejor una actividad. Generalmente indica fuentes de recursos posibles de adquirir, (vínculos web), material de consulta y lecturas para el docente y estrategias para tratar conceptos habilidades y actitudes.

### Recursos

Se especifican todos los recursos necesarios para el desarrollo de la actividad. Especialmente relevantes, dado el enfoque de aprendizaje para la comprensión profunda y el de las Habilidades para el Siglo XXI es la incorporación de recursos virtuales y de uso de TIC.

### Actividades de evaluación sumativa de la unidad

Son propuestas de evaluaciones de cierre de unidad que contemplan los aprendizajes desarrollados a lo largo de ellas. Mantienen una estructura similar a las actividades de aprendizaje.

Programa de Estudio Unidad 1

## ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN:

Procesos celulares en acción

<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p><b>OA1</b> Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.</p> <p><b>OA2</b> Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.</p> <p><b>OAa</b> Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.</p> <p><b>OA b</b> Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p><b>OA c</b> Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.</p>	<p><b>INDICADORES DE EVALUACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describen evidencias e interpretaciones de las principales investigaciones que han contribuido al desarrollo de la biología celular y molecular.</li> <li>• Describen la contribución de investigaciones al desarrollo de la biología celular y molecular, reconociendo evidencias científicas e inferencias e interpretaciones que emanan de ellas.</li> <li>• Comparan células fúngicas, protistas, vegetales y animales, desarrollando y usando modelos de la organización de la membrana plasmática, estructuras y organelos.</li> <li>• Analizan la reproducción celular y los procesos moleculares involucrados, distinguiendo su rol en el crecimiento, la mantención y el recambio en organismos.</li> <li>• Relacionan estructuras y mecanismos celulares y moleculares involucrados en el metabolismo energético, la motilidad, la comunicación celular y la apoptosis.</li> <li>• Argumentan la importancia de la célula en la continuidad y la evolución del fenómeno de la vida.</li> </ul>
---	---

**DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN**

**I. REFLEXIONANDO ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE LA BIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR EN MI VIDA**

Los estudiantes reflexionan acerca de los avances de la biología celular y molecular sobre la base de videos y publicaciones seleccionados previamente.

**OBSERVACIONES AL DOCENTE**

Como sugerencia, puede utilizar alguno de los siguientes videos:

- <https://www.youtube.com/watch?v=nEAXij6c3ZE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=0GpQzuxAdfM>

# Biología Celular y Molecular

## Propósitos Formativos

Biología celular y molecular promueve en los estudiantes el aprendizaje y la profundización de conocimientos de biología, junto con el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para entender y relacionarse con y en el mundo que los rodea, abordando problemas de forma integrada con base en el análisis de evidencia. Se espera que, al finalizar este curso, los estudiantes hayan profundizado en tópicos de biología celular, genética, biotecnología y procesos moleculares que los sustentan, lo que favorecerá su comprensión integral del desarrollo y la evolución del conocimiento científico, y la elaboración de explicaciones sobre metabolismo celular, expresión génica, posibles condiciones de salud, aplicaciones biotecnológicas en el ámbito de la industria y la salud. Asimismo, se espera que valoren el estudio de la biología celular y molecular y su contribución a la calidad de vida de las personas, al bienestar social, al desarrollo del conocimiento científico y al cuidado del ambiente. Del mismo modo, se pretende que desarrollen habilidades científicas como analizar, investigar, experimentar, comunicar y formular explicaciones con argumentos. Finalmente, se espera que asuman actitudes que les permitan abordar problemas contingentes de forma integrada, basándose en el análisis de evidencia y considerando la relación entre ciencia y tecnología en la sociedad y el ambiente.

## Enfoques de las asignaturas científicas

A continuación, se presenta las principales definiciones conceptuales y didácticas en que se sustenta la asignatura de Biología celular y molecular.

## Naturaleza de la Ciencia

El aprendizaje de disciplinas científicas se fortalece cuando se relaciona, además, con una comprensión acerca de la construcción del conocimiento científico, sus aplicaciones e implicancias en la tecnología y en la sociedad. La ciencia es una forma de conocimiento universal y transversal a culturas y personas, que asume múltiples interrelaciones entre fenómenos y que se amplía a través del tiempo y de la historia, evolucionando a partir de evidencia empírica de modo que se logre comprender que lo que se sabe hoy es producto de una construcción no lineal de saberes y podría modificarse en el futuro.

## Grandes ideas y conocimientos en ciencias

Para contribuir a la alfabetización científica, es fundamental comprender conceptos e ideas nucleares de las ciencias que permitan construir otros conocimientos. Las Grandes Ideas, como construcción conceptual, permiten explicar eventos y fenómenos importantes para la vida de los estudiantes durante y después de su etapa escolar. Son relaciones y patrones observados en un amplio rango de fenómenos. Estas relaciones permiten una visión integrada de las ciencias, con lo cual se adquiere aprendizajes profundos sobre objetos, materiales, fenómenos y relaciones del mundo natural.

En las Bases Curriculares de 1° básico a 2° medio se trabaja Grandes Ideas de la Ciencia en conjunto con los Objetivos de Aprendizaje, que integran conocimientos de Biología, Física y Química. En el ciclo de 3° y 4° medio se incorporan, además, Grandes Ideas “acerca de” la ciencia, las que tienen relación con aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Se presenta a continuación las Grandes Ideas de la Ciencia y las Grandes Ideas acerca de la Ciencia (Harlen et al., 2012).

### Grandes Ideas de la Ciencia

- GI.1 Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medio ambiente.
- 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.
- GI.3 La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.
- GI.4 La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos.
- GI.5 Todo material del Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.
- GI.6 La cantidad de energía en el Universo permanece constante.
- GI.7 El movimiento de un objeto depende de las interacciones en que participa.
- GI.8 Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tienen las condiciones necesarias para la vida.

### Grandes Ideas acerca de la Ciencia

- GI.9 La ciencia supone que por cada efecto hay una o más causas.
- GI.10 Las explicaciones, las teorías y modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de los hechos conocidos en su momento.
- GI.11 Las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicancias éticas, sociales, económicas y políticas.
- GI.12 El conocimiento producido por la ciencia se utiliza en algunas tecnologías para crear productos que sirven a propósitos humanos.



Las asignaturas de formación diferenciada humanístico-científica profundizan en conocimientos específicos que pueden enmarcarse en las Grandes Ideas de la Ciencia.

El aprendizaje de las Grandes Ideas se logra por medio del estudio de fenómenos, identificando patrones comunes entre ellos mediante el uso de evidencias, generando hipótesis y contrastando resultados, inferencias y conclusiones. Por ende, el logro de comprensiones esenciales en la ciencia implica poner en práctica habilidades científicas.

### Habilidades y actitudes para la investigación científica

Las habilidades y actitudes científicas son comunes a las disciplinas de las ciencias, conforman el centro del quehacer científico y se desarrollan gradualmente desde 1° básico hasta 4° medio de manera transversal a los conocimientos. El aprendizaje de las ciencias se relaciona íntimamente con el proceso de investigación. En este sentido, se considera que la investigación científica permite construir nuevos conocimientos, responder a preguntas que emanan de la curiosidad y la observación de fenómenos del entorno, resolver problemas y argumentar. En definitiva, son prácticas que todos los estudiantes deben manejar, y se reconoce la importancia de fortalecer el desarrollo de estas tanto en hombres como en mujeres por igual.

A continuación, se describe las habilidades de investigación científica que enmarcan los Objetivos de Aprendizaje propuestos:

#### **Planificar y conducir una investigación**

Esta pericia refleja el ejercicio de la investigación basado en la observación, la formulación de preguntas, el razonamiento, el planteamiento de hipótesis y la recolección de evidencias teóricas y/o empíricas que se utilizarán para respaldar las conclusiones de una investigación, la que puede ser experimental, no experimental, documental y/o bibliográfica. Esta práctica se relaciona con la curiosidad, la rigurosidad, el compromiso y la responsabilidad.

#### **Analizar e interpretar datos**

Procesar y analizar evidencias son un conjunto de pericias que requieren establecer relaciones entre variables e identificar tendencias y patrones que explican su comportamiento, facilitando la interpretación y construcción de modelos, sean estos físicos, conceptuales, gráficos o matemáticos, para probar hipótesis y elaborar las conclusiones de la investigación. El uso de herramientas matemáticas y la creación y uso de TIC son claves en esta etapa. Esta práctica se relaciona con la rigurosidad, la honestidad y la ética.

#### **Construir explicaciones y diseñar soluciones**

Se desarrollan y comunican resultados, interpretaciones, conclusiones y argumentos con vocabulario científico, y se elaboran y usan modelos. Se proponen soluciones creativas e innovadoras a los problemas de la realidad local y/o global, diseñando proyectos y llevando a cabo investigaciones. Se relaciona con la rigurosidad, el respeto, la flexibilidad y la perseverancia.

## Evaluar

Para el desarrollo de esta pericia, se considera la validez de la información y el proceso de investigación, según la calidad y la confiabilidad de resultados obtenidos, sus alcances y limitaciones. Asimismo, se consideran diversas implicancias de problemas científicos y tecnológicos. Esta práctica se relaciona con el respeto, la ética y la rigurosidad.

## Aprendizaje Basado en Proyecto y Resolución de Problemas

Toda asignatura ofrece oportunidades para que los estudiantes aborden problemas vinculados con su vida cotidiana. El *Aprendizaje Basado en Proyectos* promueve que los estudiantes se organicen durante un periodo extendido de tiempo en torno a un objetivo basado en una pregunta compleja, problema, desafío o necesidad –normalmente surgida desde sus propias inquietudes– que pueden abordar desde diferentes perspectivas y áreas del conocimiento, fomentando la interdisciplinariedad. El proyecto culmina con la elaboración de un producto o con la presentación pública de los resultados. En el *Aprendizaje Basado en Problemas*, en cambio, se parte de la base de preguntas, problemas y necesidades cotidianas, sobre los cuales los estudiantes investigan y proponen soluciones.

La metodología STEM (del inglés ciencia-tecnología-ingeniería-matemáticas) permite al estudiante aprender que las matemáticas y las ciencias, junto a la tecnología, son herramientas necesarias para ayudar a identificar problemas, recopilar y analizar datos, modelar fenómenos, probar las posibles soluciones y resolver los problemas, tanto los que se presentan en la vida profesional como en la vida diaria.

El desarrollo de saberes científicos desde una perspectiva integrada constituye una oportunidad para comprender alcances, limitaciones e implicancias de la ciencia y la tecnología en la sociedad (CTS). Esta perspectiva permite visibilizar los diversos procesos que relacionan el conocimiento científico y tecnológico con la construcción de la sociedad y viceversa, y permite involucrarse con pensamiento crítico en la vida cotidiana y contribuir al ejercicio de una ciudadanía participativa y consciente. Generar conocimiento científico y desarrollo tecnológico en el marco del desarrollo sostenible es fundamental para el bienestar futuro de la sociedad, pues las innovaciones en este ámbito permitirán avanzar en medidas apropiadas de conservación y protección del ambiente. Con esto, una la visión integradora CTS-A (Ambiente) permite abordar de mejor manera preguntas complejas y problemas vinculados a la vida cotidiana y a los fenómenos del entorno.

## Ciudadanía digital

Las habilidades de alfabetización digital y de uso de tecnologías que se promueve en las Bases Curriculares de 3° y 4° medio, como parte de las Habilidades para el siglo XXI, son fundamentales para generar instancias de colaboración, comunicación, creación e innovación en los estudiantes mediante el uso de TIC. También contribuyen a desarrollar la capacidad de utilizarlas con criterio, prudencia y responsabilidad.

En las asignaturas de Ciencias, estas habilidades pueden abordarse por medio del uso de las TIC. Ellas permiten acercarse a una amplia variedad de fuentes para abordar problemas científicos y fundamentar opiniones, acceder a herramientas y recursos para desarrollar investigaciones, y comunicar y difundir trabajos y proyectos. Además, generan la necesidad de reflexionar sobre su alcance.

## Orientaciones para el docente

### Orientaciones Didácticas

En esta sección, se sugiere orientaciones didácticas de trabajo para la enseñanza de las ciencias, que son clave para el aprendizaje significativo de conocimientos y prácticas científicas, sin perjuicio de las alternativas didácticas propias que el docente o el establecimiento decida poner en práctica.

### Curiosidad, Motivación y Sensibilización

Para promover el interés y la curiosidad de los estudiantes por las ciencias y la sensibilización frente a problemas contingentes, se sugiere la consideración y el respeto por los saberes populares y las ideas previas de los estudiantes, junto con la observación y el análisis de fenómenos naturales y situaciones cotidianas desde una perspectiva integral. El docente debiese guiarlos para que reflexionen, cuestionen y resignifiquen su forma de interpretar el mundo natural y social sobre la base de preguntas desafiantes y situaciones reales.

### Investigación e Indagación en Ciencias

Para favorecer una comprensión más completa del quehacer científico, el docente no debiese limitarse a presentar resultados, sino también detenerse y valorar el proceso y contexto de las investigaciones y descubrimientos científicos que desarrollaron mujeres y hombres. Así, se sugiere implementar actividades de investigación e indagación en que los estudiantes sean desafiados con preguntas y problemas científicos, involucrándolos en la búsqueda de respuestas, mediante el diseño y la ejecución de prácticas científicas escolares que permitan relacionar y contrastar ideas previas, hipótesis, principios y teorías con resultados. Esto favorece, a su vez, el uso y el desarrollo de modelos, explicaciones y argumentos científicos para la construcción de su propio entendimiento, y promueve la concientización propositiva de las etapas, obstáculos, incertidumbres y nuevas preguntas que surgieron en el proceso.

### Grandes Ideas

Para abarcar el amplio espectro del conocimiento científico, entregar una visión integrada de los fenómenos y aprovechar mejor el limitado tiempo de aprendizaje, es conveniente organizar y concluir las experiencias educativas en torno a Grandes Ideas; es decir, ideas clave de la Ciencia y acerca de la Ciencia que, en su conjunto, permitan explicar los fenómenos naturales. Al comprenderlas, se hace más fácil predecir fenómenos, evaluar críticamente la evidencia científica y tomar conciencia de la estrecha relación entre ciencia y sociedad (Ver Anexo 1).

## **Ciencia y Tecnología en la Sociedad y el Ambiente**

Para favorecer una visión más humana y realista de los alcances de las ciencias, el docente debiese mostrar cómo los conocimientos científicos contribuyen al desarrollo de tecnologías e innovaciones que, a su vez, generan impactos en el desarrollo científico, la sociedad y el ambiente. Estas relaciones debiesen ser objeto de reflexión y debate por medio del estudio de diversos casos históricos y contingentes en el ámbito nacional e internacional. Esto permite tomar conciencia de que el desarrollo y las aplicaciones científicas y tecnológicas tienen consecuencias en los ámbitos social, ambiental, económico, político, ético y moral.

## **Territorialidad y Sostenibilidad**

Para promover la conciencia frente a la emergencia planetaria en la que nos encontramos, es clave que los estudiantes profundicen en el conocimiento natural y social del territorio en el que viven. Además, que participen de manera responsable y colaborativa en el diseño y la ejecución de actividades y proyectos que se enmarquen en el desarrollo sostenible y la restauración de la naturaleza, junto con otros actores u organismos locales.

## **Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje**

Algunas estrategias que permiten cultivar el interés y la curiosidad por las ciencias pueden ser: Observación de imágenes, videos y animaciones; Trabajo en terreno con informe de observaciones, mediciones y registros de evidencias; Lectura y análisis de textos de interés científico, noticias científicas, biografías de científicos; Actividades prácticas con registro de observaciones del medio o experiencias con el cuerpo; Juegos o simulaciones; Elaboración y uso de modelos concretos (como maquetas, esquemas, dibujos científicos rotulados, organizadores gráficos) y abstractos (como modelos matemáticos y juegos didácticos); Trabajo cooperativo experimental o de investigación en diversas fuentes de información; Uso de software para el procesamiento de datos; Uso de aplicaciones tecnológicas o internet en proyectos de investigación; Uso de simuladores y animaciones virtuales de procesos científicos; Presentación de resultados o hallazgos de investigaciones experimentales o bibliográficas; Participación en espacios de expresión y debates; Actividades que conducen a establecer conexiones con otros sectores; Espacios y actividades de participación y convivencia de los estudiantes con el entorno y la comunidad, entre otros.

## **Orientaciones para la evaluación**

De acuerdo con los propósitos formativos de la asignatura, se evalúa tanto los conocimientos científicos como las habilidades, las actitudes y la capacidad para usar todos estos aprendizajes para resolver problemas cotidianos. Precisamente, se promueve la evaluación de los Objetivos de Aprendizaje del Programa mediante desafíos o contextos de evaluación que den a los estudiantes la oportunidad de demostrar lo que saben y son capaces de hacer.

### **Diversidad de instrumentos y contextos de evaluación**

Mientras mayor es la diversidad de los instrumentos a aplicar y de sus contextos de aplicación, mayor es la información y mejor es la calidad de los datos que se obtienen de la evaluación, lo que permite conocer con más precisión los verdaderos niveles de aprendizaje logrados por los estudiantes. Asimismo, la retroalimentación de los logros a los estudiantes será más completa mientras más amplia sea la base de evidencias de sus desempeños. Por otra parte, es recomendable que los estudiantes participen en la confección de instrumentos de evaluación o como evaluadores de sus propios trabajos o del de sus compañeros. Esto les permite entender qué desempeño se espera de ellos y tomar conciencia y responsabilidad progresiva de sus propios procesos de aprendizaje.

Algunos instrumentos de evaluación que se sugiere usar en ciencias: Informe de laboratorio; Rúbricas; Formulario KPSI (*Knowledge and Prior Study Inventory*); V de Gowin; Escala de valoración; Lista de cotejo; Modelos (concreto, esquemas y dibujos científicos rotulados, organizadores gráficos y matemáticos).

### **Orientaciones para la contextualización**

La asignatura de Biología celular y molecular ha de promover entornos de aprendizaje motivadores para los estudiantes, enmarcando la comprensión y aplicación de conceptos y temas de la Biología celular y molecular en contextos reales y significativos; las prácticas científicas en problemas de salud, genética y biotecnología, y el razonamiento lógico con mirada sistémica en el análisis y la discusión de problemas reales y relevantes. Por lo tanto, se busca fomentar el aprendizaje significativo en el proyecto personal de los estudiantes con orientaciones vocacionales científicas.

Para la contextualización de la asignatura de Biología celular y molecular, el docente puede considerar:

- El entorno cercano de salud en el ámbito familiar y de la comunidad escolar en contexto local.
- El entorno natural cercano.
- El cuerpo humano y sus sistemas.
- Análisis de exámenes clínicos asociados a condiciones genéticas y enfermedades metabólicas.
- Aplicaciones tecnológicas al estudio de las células y las moléculas.
- Investigaciones en el área desarrolladas en Chile.

## Objetivos de Aprendizaje

### Objetivos de Aprendizaje para 3° y 4° medio

El electivo de Biología celular y molecular presenta Objetivos de Aprendizaje de dos naturalezas: unos de habilidades<sup>3</sup>, comunes a todas las asignaturas científicas del nivel, y otros de objetivos enfocados en el conocimiento y la comprensión. Ambos tipos de objetivos se entrelazan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, junto con las actitudes propuestas desde el marco de Habilidades para el siglo XXI.

Se espera que los estudiantes sean capaces de:

### Habilidades

#### Planificar y conducir una investigación

- a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.
- b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

#### Analizar e interpretar datos

- c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.
- d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

#### Construir explicaciones y diseñar soluciones

- e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.
- f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.
- g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.

#### Evaluar

- h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.
- i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

<sup>3</sup> Cabe señalar que no es necesario seguir un orden lineal al enseñar el proceso de investigación, y que es posible trabajar cada uno de los Objetivos de Aprendizaje en forma independiente.

## Objetivos de Aprendizaje para 3° o 4° medio

Se espera que los estudiantes sean capaces de:

### Conocimiento y comprensión

**OA 1.** Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.

**OA 2.** Explicar la estructura y organización de la célula basado en biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

**OA 3.** Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación al flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.

**OA 4.** Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

**OA 5.** Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

**OA 6.** Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

**OA 7.** Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

## VISIÓN GLOBAL DEL AÑO

<b>UNIDAD 1</b> Comprendiendo la estructura y la función de la célula	<b>UNIDAD 2</b> Estudiando la versatilidad de las proteínas	<b>UNIDAD 3</b> Analizando la relación entre expresión y regulación génica	<b>UNIDAD 4</b> Analizando aplicaciones en biología celular y molecular
<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 1. Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.</p> <p>OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.</p> <p>OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.</p> <p>OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p>OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.</p> <p>OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas</p>	<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.</p> <p>OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.</p> <p>OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.</p> <p>OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p>OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</p>	<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 3. Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación al flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.</p> <p>OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.</p> <p>OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p>OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.</p> <p>OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p> <p>OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y</p>	<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.</p> <p>OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.</p> <p>OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.</p> <p>OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p> <p>OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p>OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.</p>



<p>de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.</p> <p>OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p> <p>OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p>		<p>explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p>OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.</p> <p>OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</p>	<p>OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.</p> <p>OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</p>
<b>Actitudes</b>	<b>Actitudes</b>	<b>Actitudes</b>	<b>Actitudes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar con autonomía y proactividad en trabajos colaborativos e individuales para llevar a cabo eficazmente proyectos de diversa índole.</li> <li>• Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.</li> <li>• Interesarse por las posibilidades que ofrece la tecnología para el desarrollo intelectual, personal y social del individuo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.</li> <li>• Trabajar con responsabilidad y liderazgo en la realización de las tareas colaborativas y en función del logro de metas comunes.</li> <li>• Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.</li> <li>• Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.</li> <li>• Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar con apertura a distintas perspectivas y contextos, asumiendo riesgos y responsabilidades.</li> <li>• Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.</li> <li>• Perseverar en torno a metas con miras a la construcción de proyectos de vida y al aporte a la sociedad y al país con autodeterminación, autoconfianza y respeto por sí mismo y por los demás.</li> </ul>
<b>Tiempo estimado</b> 10 semanas	<b>Tiempo estimado</b> 9 semanas	<b>Tiempo estimado</b> 10 semanas	<b>Tiempo estimado</b> 9 semanas

# Unidad 1

# Unidad 1. Comprendiendo la estructura y la función de la célula

## Propósito de la unidad

Abordar a la célula desde una perspectiva holística, relacionando la investigación histórica de su estructura y función, con la comprensión de ella como unidad básica de los seres vivos, fruto del aporte de diversas disciplinas científicas. En este sentido, se espera que profundicen su conocimiento en relación con la célula, mediante el estudio y modelamiento de diversos tipos celulares, su relación con el medio y las estructuras y procesos moleculares que le permiten cumplir diversas funciones, las cuales se reflejan en las propiedades que poseen los seres vivos. Para este propósito, puede guiarse por preguntas como las siguientes: ¿por qué la célula es considerada la unidad fundamental de los seres vivos?, ¿en qué procesos moleculares se basan las funciones de la célula?, ¿cómo se organizan estructuralmente las células eucariontes de organismos pluricelulares?, ¿qué aportes han realizado diversas disciplinas a la comprensión de la biología celular y molecular?

## Objetivos de Aprendizaje

OA 1. Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

## Actividad 1. Una historia sin fin: la relación entre la biología celular y molecular

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Relacionar las investigaciones, llevadas a cabo tanto por hombres como por mujeres, con los avances científicos en el conocimiento de la biología celular y molecular, tomando en cuenta las evidencias y los cambios que han experimentado a lo largo del tiempo, y analizando el aporte de otras disciplinas científicas a su desarrollo propiamente tal.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1. Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

### ACTITUDES

Trabajar con autonomía y proactividad en trabajos colaborativos e individuales para llevar a cabo eficazmente proyectos de diversa índole.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

Para iniciar la unidad se recomienda al docente evaluar aprendizajes relevantes, que servirán como base para profundizar en el estudio de la biología celular y molecular. Para ello, el docente invita a los estudiantes a realizar un mapa mental sobre conocimientos acerca de la célula, sus principales estructuras y organelos, células eucariontes y procarionte; células animales y vegetales, procesos de división celular, entre otros.

### I. Reflexionando acerca de la importancia de la biología celular y molecular en mi vida

- Los estudiantes reflexionan acerca de la importancia de la biología celular y molecular en su vida y la de las personas en general, abarcando su rol en ámbitos como medicina, salud, deporte, alimentación y medio ambiente.
- Registran sus aportes, justificando con una idea o concepto la relación con estas disciplinas.

### II. Investigando los hitos de la biología celular y molecular

- En grupos pequeños, planifican y desarrollan una investigación bibliográfica relacionada con los principales hitos en el conocimiento de la biología celular y molecular, que han sucedido a través del tiempo, en el ámbito local y global, enfatizando los aportes realizados por otras disciplinas científicas, como la química, la física y la matemática, entre otros.
- Elaboran una línea de tiempo como síntesis de la investigación realizada.
- Argumentan las implicancias sociales, éticas, económicas y ambientales relacionadas con la aplicación de la biología celular y molecular al conocimiento científico tanto en el ámbito local como global.
- Comparan sus trabajos, con el fin de establecer coincidencias y diferencias, llegando a consenso en los hitos establecidos.

### Observaciones al docente

Los estudiantes pueden trabajar los hitos sobre el conocimiento de la biología celular y molecular en una línea de tiempo integrada. Para ello, se puede elaborar una línea de tiempo consensuada que integre ambas disciplinas.

### III. Analizando los aportes de la biología celular y molecular

➤ Sobre la base de la lectura de un texto como el siguiente, los estudiantes reflexionan sobre el origen de la biología molecular y su relación con otras disciplinas científicas, guiados por las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los principales aportes que presenta la biología molecular al conocimiento científico?
- ¿Por qué la biología molecular tuvo un origen posterior a la biología celular?
- ¿Qué disciplinas contribuyeron al desarrollo de la biología molecular?
- ¿Cuáles serían los aportes de estas disciplinas?
- ¿Por qué el estudio del gusano *C. elegans* marcó un hito en el desarrollo de la biología celular y molecular?
- Mediante el ejemplo de un caso puntual, explique brevemente los aportes de la biología molecular en el ámbito local y global.
- Teniendo en cuenta el texto leído, sintetice en una frase o idea propia la importancia de la biología molecular y sus aportes al conocimiento científico.
- De acuerdo al texto, explique los alcances y limitaciones que presentan los postulados modernos de la teoría celular.

Conexión interdisciplinaria:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°)

#### Biología molecular: la nueva frontera

*Parece que el término de Biología Molecular fue acuñado por W. Weaver de la Rockefeller Foundation en 1938. Estaba preparando un plan de apoyo a la investigación para la aplicación de la ciencia física a áreas seleccionadas de la Biología, como son la Bioquímica, la Biología Celular y la Genética.*

*El programa de la Fundación tuvo un éxito espectacular. Pero el término Biología Molecular no se consolidó. Quizá fuese porque pudo parecer demasiado presuntuoso, pero más probablemente se debió a la interrupción del estudio de las macromoléculas, que supuso el inicio de la Segunda Guerra Mundial. Fue después del término de la contienda, cuando se popularizó el término y se llegó a perfilar su contenido. Desde el primer momento surgieron dos escuelas que se disputaron la hegemonía. G. S. Stent las ha descrito como escuela informacionista y escuela estructuralista. La primera, americana, era hostil a la Bioquímica; la segunda, inglesa, estaba en cambio plenamente integrada en ella. Las dos en estrecha conexión con la Física, pero entendiendo la relación de formas contrapuestas. Algunos pioneros de la escuela informacionista creían en la idea realmente fantástica de que la Biología podía proporcionar contribuciones significativas al progreso de la Física, incluso nuevas leyes y fenómenos. Los pioneros de la escuela estructuralista mantenían el punto de vista perfectamente razonable, de que la Física podía hacer aportaciones muy valiosas a la Biología. (Stent, 1968).*

*En 1950, Atsbury decía: "Parece que el término Biología Molecular se está popularizando bastante y estoy contento de que así sea, porque, aunque es improbable que haya sido yo quien la ha inventado, me gusta y he tratado de propagarlo durante mucho tiempo". (Atsbury, 1950). A continuación señalaba lo que caracteriza esta forma de ver la Biología "implica no tanto una técnica, sino más bien un nuevo enfoque desde el punto de vista de las llamadas ciencias básicas, con la intención de buscar bajo las manifestaciones a gran escala de la Biología clásica, el plan molecular correspondiente". Por fin, señalaba claramente el objeto de estudio: "Se ocupa*

*particularmente de las formas de las moléculas biológicas y de la evolución, explotación y ramificaciones de esas formas en su ascenso hacia niveles de organización cada vez más altos". Para terminar definiéndola: "la Biología Molecular es predominantemente tridimensional y estructural, pero esto no quiere decir que sea un mero refinamiento de la morfología. Al mismo tiempo, tiene que inquirir forzosamente sobre génesis y función".*

*El estudio de los ácidos nucleicos descubiertos el siglo pasado se vio impulsado con fuerza en dos ocasiones, como consecuencia del conocimiento de su función biológica. Recién descubiertos, se localizaron en el núcleo celular (de ahí su nombre). Como consecuencia del trabajo de los citólogos, se concluyó que el material genético tenía su sede en este orgánulo celular.*

*Decisivo fue el esfuerzo realizado por Watson y Crick, quienes, convencidos de que el ADN es el material genético, se propusieron establecer su estructura, con la ilusión de que quizá la estructura, una vez conocida, pudiera revelar cómo esta sustancia ejerce las diversas funciones que corresponden al material genético celular. (Watson y Crick, 1953).*

*Antes de que se lograra probar que el ADN es el material genético, las proteínas habían sido el candidato generalmente aceptado por su importancia y variedad y la diversidad de las funciones que ejercen en la célula. La presencia universal de la proteína en los seres vivos llevó a Johannes Mulder a proponer el siglo pasado el nombre que hoy tienen, queriendo indicar que son de la mayor importancia. Pero su estudio adquirió un ímpetu arrollador solo después de que, tras larga polémica, se logró demostrar que las enzimas son proteínas. Desde entonces, profundizar en el conocimiento de la estructura de las proteínas era lo mismo que ahondar en la comprensión de cómo ejercen su función estos catalizadores biológicos, de los que dependen todas las actividades vitales.*

*En 1963, Sydney Brenner propuso al Medical Research Council desde su Laboratorio de Biología Molecular, un proyecto para estudiar la biología molecular del desarrollo de organismo pluricelular más sencillo posible: el gusano de 1 mm de longitud y con una vida de 3 días y medio *Caenorhabditis elegans*. Como decía en el proyecto: "Nos gustaría atacar el problema del desarrollo celular..., eligiendo el organismo diferenciado más sencillo posible y sometiénolo a los métodos analíticos de la genética microbiana". El organismo consta de 959 células somáticas, de las cuales 302 forman el sistema nervioso. Cuando se propuso el trabajo, muchos investigadores pensaron que estaba adelantado para la época. Watson llegó a decir que en 20 años. Pero el proyecto se completó en 1983 (Lewin, 1984).*

*Ahora se conoce el camino seguido en el desarrollo por cada una de las células de *C. elegans*, incluidas las conexiones de las neuronas en su sistema nervioso. Y no parece tener plan sencillo alguno.*

*Al concluir el proyecto, Brenner comentaba que al comienzo se dijo que la respuesta para la comprensión del desarrollo iba a provenir de un conocimiento de los mecanismos moleculares del control genético. Pero los mecanismos moleculares son monótonos de tan simples y no nos van a decir lo que queremos saber. Tenemos que intentar descubrir los principios de organización.*

*En el caso de la biología molecular, todos coinciden en que encierra la posibilidad de la comprensión de los sistemas biológicos a su nivel básico, que es el molecular. Como ha dicho Brenner: "La biología molecular es el arte de lo inevitable: si trabajas en ella, es inevitable que encuentres cómo funciona, por lo menos al final".*

*(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/https://web.ua.es/es/protocolo/documentos/lecciones/leccion-inaugural-86-87.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://web.ua.es/es/protocolo/documentos/lecciones/leccion-inaugural-86-87.pdf))*

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Explican los postulados modernos de la teoría celular, analizando sus alcances y limitaciones.
- Argumentan la necesidad de interdisciplinaridad para el desarrollo de la biología celular y molecular.
- Describen la contribución de investigaciones al desarrollo de la biología celular y molecular, reconociendo evidencias científicas e inferencias e interpretaciones que emanan de ellas.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### La célula

- [www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-descubrimiento.php](http://www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-descubrimiento.php)

### Biología molecular

- [www.curriculumnacional/link/https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/av\\_bma/apuntes/T1/t1\\_nacim.htm](http://www.curriculumnacional/link/https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/av_bma/apuntes/T1/t1_nacim.htm)
- [www.curriculumnacional/link/https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/ediciones-anteriores/7-vol-57-num-3-julio-septiembre-2006/comunicaciones-libres58/14-la-fisica-en-el-origen-de-la-biologia-molecular](http://www.curriculumnacional/link/https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/ediciones-anteriores/7-vol-57-num-3-julio-septiembre-2006/comunicaciones-libres58/14-la-fisica-en-el-origen-de-la-biologia-molecular)



### Biología celular

- [www.curriculumnacional/link/http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/biologiacelular desarrollo historico.pdf](http://www.curriculumnacional/link/http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/biologiacelular desarrollo historico.pdf)



## Actividad 2. Paisajes celulares

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Elaborar diversas representaciones y modelos de diversos tipos celulares, con la finalidad de caracterizar y describir su estructura, función y relación con el medio, representando la diversidad celular que existe en la naturaleza.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

### ACTITUDES

Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.

### DURACIÓN

16 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. ¿Qué es la diversidad celular?

- A partir de la siguiente pregunta: **¿cuántos tipos de células existen?**, los estudiantes plantean sus preconcepciones y conocimientos previos relacionados con la diversidad celular.
- Sus respuestas son registradas en la pizarra y se agrupan según sugerencias dadas por ellos, orientados por el docente.

#### Observaciones al docente

Puede potenciar la actividad, mostrando imágenes seleccionadas de diferentes tipos celulares, sin clasificarlas o que tengan una organización evidente.

Lo más probable es que señalen los tipos aprendidos en años anteriores; por ejemplo: células procariontes y eucariontes (animal y vegetal). Sobre la base de estas categorías, mencione o muestre células de hongos, protistas (algas, paramecio, dinoflagelados, giardia, etc.) y arqueas, para que traten de incluirlas en sus categorías, de tal manera que surja la necesidad de ampliar su clasificación y diversidad celular.

- Posteriormente, en pequeños grupos (2 a 3 personas) buscan información relacionada con los diversos tipos de células, sus estructuras, características y su relación con otras células, organizando su información en tablas comparativas.
- Utilizando diversos medios visuales, presentan sus resultados a sus compañeros.

### II. Modelando células del cuerpo en diversos contextos

- Los estudiantes escogen y dibujan una célula del cuerpo humano, tomando en cuenta su composición molecular, membranas, organelos, reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, indicando cada una de sus estructuras.

Conexión interdisciplinar:  
**Artes Visuales 3° o 4°**  
**Medio:** OA 3; OA 7

- Comparan sus dibujos y, en conjunto, elaboran un modelo estándar con cada uno de sus aportes.
- Observan imágenes reales de células de distintos tipos de tejidos humanos, comparando esas células con el modelo que elaboraron en conjunto, estableciendo semejanzas y diferencias.
- Formulan preguntas acerca de las características distintivas de las células y que podrían ser investigadas en forma bibliográfica o experimental.

#### Observaciones al docente

La actividad tiene su foco en el modelamiento (es decir, la representación personal de procesos y estructuras con un objetivo específico); en este caso, generar un modelo de célula del cuerpo humano. En este contexto, oriente el análisis que realizarán sus estudiantes para que determinen la validez y las limitaciones del modelo de célula que elaboraron, el cual es explicativo de funciones generales, por lo que, si se quiere conocer sobre

la diversidad celular y las relaciones que establecen las células con otras, es necesario profundizar en determinados aspectos de la estructura y la función de células especializadas, tema abordado en 8° básico. Tenga en cuenta que los modelos desarrollados por los estudiantes se irán completando con los trabajos que vayan realizando, por lo que evalúe con antelación de qué forma los van a elaborar, teniendo en cuenta los recursos materiales de que disponen.

- En grupos pequeños, buscan información relacionada con la estructura y la función que presenta la matriz extracelular, de manera de completar y complementar sus modelos de células realizados en la actividad anterior.
- Usando sus conocimientos previos y apoyados por textos escolares y científicos, más información de páginas web confiables, los estudiantes elaboran un mapa mental sobre la estructura y la función de las células del cuerpo humano, teniendo en cuenta la matriz extracelular, la membrana plasmática, uniones celulares, citosol, citoesqueleto, organelos y núcleo.
- Finalmente, los estudiantes elaboran una creación artística donde se represente un tipo de célula del cuerpo humano en su contexto celular, asociándolo con un texto descriptivo sobre la estructura y la función de dicha célula y su importancia en la continuidad y la evolución del fenómeno de la vida.
- Comparten sus trabajos con la comunidad escolar, por medio de la divulgación.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7

### Observaciones al docente

Un mapa mental es una representación física de la imagen que la persona se forma acerca del significado de un conocimiento. Una misma información puede ser representada de muchas maneras, ya que refleja la organización cognitiva individual o grupal, dependiendo de la forma en que los conceptos o conocimientos fueron captados. Es una estrategia que permite desarrollar también la creatividad. El mapa mental consiste en una representación en forma de diagrama, que organiza una idea o concepto central rodeado por ramas conectadas a otras ideas o tópicos asociados. Y cada uno de ellos, a su vez, se considera como central de otras ramas.

Para realizarlo, se requiere uso de vocabulario preciso (técnico o científico), colores, imágenes, eventualmente software si se prefiere.

Para usar este recurso como evaluación formativa durante esta actividad, se sugiere establecer criterios de construcción y posterior evaluación como:

- Conceptos clave
- Jerarquía de conceptos e ideas
- Uso de ejemplos
- Interrelaciones

### Referencias:

Frías, B. S. L., & Kleen, E. M. H. (2005). Evaluación del aprendizaje: alternativas y nuevos desarrollos. MAD. [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)  
[www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Comparan células fúngicas, protistas, vegetales y animales, desarrollando y usando modelos de la organización de la membrana plasmática, estructuras y organelos.
- Analizan la reproducción celular y los procesos moleculares involucrados, distinguiendo su rol en el crecimiento, la mantención y el recambio en organismos.
- Relacionan estructuras y mecanismos celulares y moleculares involucrados en el metabolismo energético, la motilidad, la comunicación celular y la apoptosis.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Diversidad celular

- [www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-diversidad.php](http://www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-diversidad.php)

### Atlas digital de Histología

- [www.curriculumnacional/link/http://www.facmed.unam.mx/deptos/bi-ocetis/atlas2013A/index.html](http://www.curriculumnacional/link/http://www.facmed.unam.mx/deptos/bi-ocetis/atlas2013A/index.html)

### Estructura celular

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell#tour-of-organelles](https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell#tour-of-organelles)



### Artículo modelos para la enseñanza de las ciencias

- [www.curriculumnacional/link/https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/view/2626/2275](https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/view/2626/2275)

### Elaboración mapas mentales

- [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)
- [www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

### Actividad 3. ¿Qué es primero: la estructura o la función celular?

#### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Describir la estructura de la célula con las funciones que ésta realiza en el organismo, explicando las moléculas, estructuras y organelos que participan y se relacionan con cada uno de los siguientes procesos: secreción, motilidad, transporte de sustancias, metabolismo, soporte y comunicación celular.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA d: Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

#### ACTITUDES

Trabajar con autonomía y proactividad en trabajos colaborativos e individuales para llevar a cabo eficazmente proyectos de diversa índole.

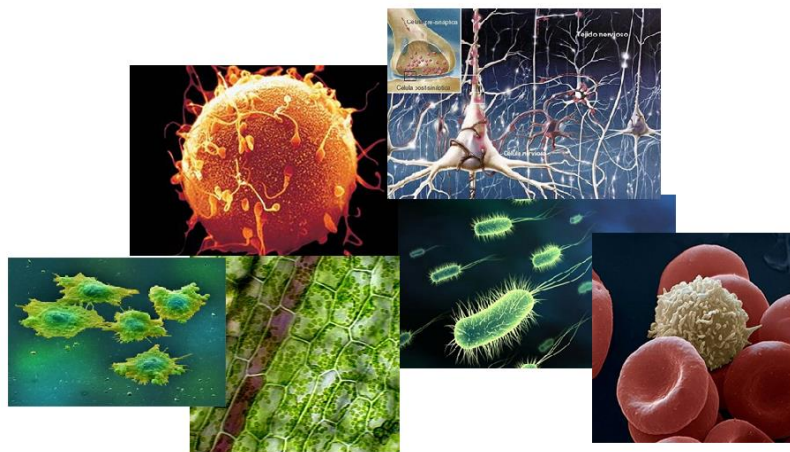
#### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Analizando la estructura y funcionamiento celular

- Los estudiantes observan las siguientes imágenes y reflexionan acerca de la relación entre la estructura y la función celular, respondiendo las siguientes preguntas:



(Fuente: elaboración propia)

- ¿Qué es primero, la estructura o la función celular? Explique.
  - ¿Por qué existen diversos tipos celulares?
  - ¿Qué tipos de células se observan en la imagen?
  - ¿Cuáles son algunas de las funciones que cumplen las células de la imagen?
  - ¿Qué determina que una célula pueda secretar una sustancia, eliminar un patógeno por fagocitosis o sintetizar una proteína? Explique.
- En grupos pequeños, desarrollan una descripción de cada una de las funciones que realizan las células del cuerpo humano, entre las que se encuentran secreción, motilidad, transporte de sustancias, metabolismo energético y anabólico, soporte y comunicación, relacionándolas con estructuras presentes en la célula.
- Elaboran un mapa conceptual y preguntas de investigación sobre fenómenos cotidianos, con las relaciones establecidas entre la estructura y la función celular.

## II. Modelando procesos celulares en células especializadas

- Colaborativamente, los estudiantes buscan en fuentes confiables, información relacionada con células especializadas de animales, plantas, hongos y protistas.

Luego se organizan y seleccionan solamente una célula especializada y desarrollan las siguientes actividades:

- Describen las funciones de la célula, determinando las estructuras involucradas en dichas funciones.
- Elaboran un modelo de los procesos celulares y moleculares que participan en dichas funciones.
- Explican el efecto que tendría en el organismo la ausencia o alteración de las funciones descritas, con énfasis en las estructuras y moléculas involucradas.
- Elaboran una infografía con la célula seleccionada, destacando sus funciones y los procesos celulares que desarrolla en el organismo.

### Observaciones al docente

La actividad permite indagar en las preconcepciones de los estudiantes sobre la relación entre la estructura y el funcionamiento celular.

Al respecto, es común que piensen que la función de una célula determina el desarrollo de una estructura y no al revés, lo cual constituye un obstáculo conceptual para el trabajo a realizar en toda la unidad, ya que las moléculas presentes en una célula (producto de la expresión genética y de su relación con otras células) son las que determinan qué funciones cumplirá ésta.

Puede poner a prueba esta idea analizando casos de enfermedades producidas por fallas en algún componente celular, para que analicen las consecuencias que tiene en su función.

Esta actividad propicia que los estudiantes revisen conceptos como mecanismo y proceso. Entendiendo el proceso como una secuencia de fases sucesivas de un fenómeno natural y el mecanismo como un sistema de partes que interactúan y producen uno o más efectos.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Relacionan estructuras y mecanismos celulares y moleculares involucrados en el metabolismo energético, la motilidad, la comunicación celular y la apoptosis.
- Comparan células fúngicas, protistas, vegetales y animales, desarrollando y usando modelos de la organización de la membrana plasmática, estructuras y organelos.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Recurso TIC, la célula

- [www.curriculumnacional/link/http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena5/4quincena5\\_contenidos\\_5.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena5/4quincena5_contenidos_5.htm)

### Catálogo de células del organismo

- [www.curriculumnacional/link/https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24337/1/CatalogoCelulasJDJ.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/24337/1/CatalogoCelulasJDJ.pdf)



### Atlas de histología vegetal y animal

- [www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada\\_v\\_inicio.php](https://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada_v_inicio.php)

### Hongos

- [www.curriculumnacional/link/https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/intro.htm](https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/intro.htm)

### Protistas

- [www.curriculumnacional/link/http://cnaturales.cubaeduca.cu/protistas-diversidad-y-distribucion](http://cnaturales.cubaeduca.cu/protistas-diversidad-y-distribucion)



## Actividad 4. Reproducirse, especializarse o morir

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Utilizando su imaginación y creatividad, diseñar un modelo integrado de los procesos de reproducción, diferenciación y muerte celular, para poder relacionarlos con el ciclo de vida de las células y su rol en el desarrollo y funcionamiento de los organismos.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

### ACTITUDES

Interesarse por las posibilidades que ofrece la tecnología para el desarrollo intelectual, personal y social del individuo.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Reflexionando acerca de los principales eventos reproductivos, desde cigoto a un organismo completo

- Los estudiantes reflexionan acerca del desarrollo del ser humano como organismo (fecundación, desarrollo embrionario y fetal), describiendo los principales eventos que ocurren durante este proceso.
- Formulan preguntas sobre el desarrollo del ser humano que puedan ser investigadas de manera bibliográfica.
- Elaboran un esquema o afiche de los principales eventos implicados en ellos, relacionándolos con los procesos de reproducción, diferenciación y muerte celular.
- Responden preguntas como las siguientes:
  - ¿Cuál es la importancia de la célula en el proceso reproductivo de los organismos?
  - ¿Qué importancia se le asigna a la diferenciación celular en el fenómeno de la reproducción?
  - ¿Cuál es el rol de la célula en la continuidad y evolución del fenómeno de la vida?
  - ¿Por qué ocurre la muerte celular?
  - En un dibujo o esquema, explique cada una de las etapas que conllevan a este proceso biológico.

### II. Modelando el ciclo celular

- En grupos pequeños, modelan las etapas del ciclo celular, su regulación y el proceso de apoptosis para determinados tipos celulares, como hepatocitos, neuronas, leucocitos, células epiteliales intestinales, entre otros.
- Comunican sus resultados a los otros grupos, estableciendo relaciones y diferencias entre las células representadas y los procesos de reproducción celular, su regulación y la muerte producto de fallas o el envejecimiento celular.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4°**  
**Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4°**  
**Medio:** OA 3; OA 7

### III. Analizando el cáncer y la desregulación de la reproducción y muerte celular

- Los estudiantes reflexionan acerca del cáncer, respondiendo preguntas como las siguientes:
  - ¿Qué es el cáncer?
  - ¿Cuáles son las causas o factores que podrían provocar esta enfermedad?
  - ¿Qué consecuencias a nivel del organismo se producen ante la presencia de células cancerosas?
  - ¿De qué forma se puede diagnosticar esta enfermedad en la población? Explique.
  - ¿Qué tipos de tratamientos existen actualmente para las personas que presentan esta enfermedad?
  
- Observan un video como el siguiente: **¿Qué es la enfermedad del cáncer?** (Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=74vGtHSfCT0](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=74vGtHSfCT0), Academia play), el cual contextualiza al cáncer en cuanto a su relación histórica, social y biológica.
  
- Contrastan las principales ideas del video con las registradas anteriormente en las preguntas iniciales.
  
- Buscan información relacionada con los eventos celulares y moleculares necesarios para la generación y propagación de las células cancerosas, poniendo énfasis en la alteración de la reproducción y muerte celular.
  
- Elaboran una infografía que represente la secuencia de los procesos implicados en el origen del cáncer en el organismo.

#### Observaciones al docente

Una página que pueden utilizar los estudiantes para elaborar sus infografías es Canva, que se encuentra disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es\\_es/crear/infografias/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es_es/crear/infografias/)  
Una guía orientadora para crear infografías se puede consultar en el Blog de Piktochart, cuyo enlace es [www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/](http://www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Formulan preguntas acerca de las características distintivas de las células a partir de la observación de muestras histológicas y preparaciones.
  
- Analizan la reproducción celular y los procesos moleculares involucrados, distinguiendo su rol en el crecimiento, la mantención y el recambio en organismos.
  
- Argumentan la importancia de la célula en la continuidad y la evolución del fenómeno de la vida.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Ciclo celular

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/cellular-molecular-biology/mitosis/a/cell-cycle-phases](https://es.khanacademy.org/science/biology/cellular-molecular-biology/mitosis/a/cell-cycle-phases)

### Regulación ciclo celular

- [www.curriculumnacional/link/https://www.scielo.org/article/spm/1997.v39n5/451-462/es/](https://www.scielo.org/article/spm/1997.v39n5/451-462/es/)



### Atlas de histología vegetal y animal (apoptosis)

- [www.curriculumnacional/link/https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/ampliaciones/8-apoptosis.php](https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/ampliaciones/8-apoptosis.php)

### Cáncer

- [www.curriculumnacional/link/https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica](https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica)

### Artículo sobre construcción y uso de modelos en ciencias naturales

- [www.curriculumnacional/link/https://www.magisterio.com.co/articulo/la-construccion-y-uso-de-los-modelos-en-las-ciencias-naturales-y-su-didactica](https://www.magisterio.com.co/articulo/la-construccion-y-uso-de-los-modelos-en-las-ciencias-naturales-y-su-didactica)

## Actividad de Evaluación: “Procesos celulares en acción”

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1. Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula en base a biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

OA a. Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Describen la contribución de investigaciones al desarrollo de la biología celular y molecular, reconociendo evidencias científicas e inferencias e interpretaciones que emanan de ellas.
- Comparan células fúngicas, protistas, vegetales y animales, desarrollando y usando modelos de la organización de la membrana plasmática, estructuras y organelos.
- Analizan la reproducción celular y los procesos moleculares involucrados, distinguiendo su rol en el crecimiento, la mantención y el recambio en organismos.
- Relacionan estructuras y mecanismos celulares y moleculares involucrados en el metabolismo energético, la motilidad, la comunicación celular y la apoptosis.
- Argumentan la importancia de la célula en la continuidad y la evolución del fenómeno de la vida.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

La evaluación consta de tres partes, las cuales pueden ser desarrolladas en conjunto o en forma independiente, según estime el docente y de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

### I. Reflexionando acerca de los avances en biología celular y molecular

- Los estudiantes reflexionan acerca de los avances de la biología celular y molecular sobre la base de videos y publicaciones seleccionados previamente.
- Construyen preguntas y problemas sobre los avances de la biología celular y molecular.
- En grupos de trabajo, planifican una investigación sobre los avances a lo largo de la Historia sobre la biología celular y molecular, estableciendo encargados y tareas para cada integrante del grupo.

### Observaciones al docente

Puede utilizar alguno de los siguientes videos:

- [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=nEAXlj6c32E](https://www.youtube.com/watch?v=nEAXlj6c32E)
- [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=0GpQzuxAdfM](https://www.youtube.com/watch?v=0GpQzuxAdfM)

Se debe dar énfasis no a la mera exposición de datos sobre investigaciones, sino a su importancia en la construcción del conocimiento científico. En este sentido, es relevante abordar aspectos de Naturaleza de las Ciencias (NoS), entre los que destacan los cambios que experimentan las ideas científicas, el uso de evidencias y la mezcla de imaginación y lógica.

- Elaboran infografías, utilizando TIC, centradas en algún aspecto de la historia de la biología celular y molecular, líneas de investigación o los aportes realizados por otras disciplinas al conocimiento en el área.

### Observaciones al docente

Una página que pueden utilizar los estudiantes para elaborar sus infografías es Canva, que se encuentra disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es\\_es/crear/infografias/](https://www.canva.com/es_es/crear/infografias/)

Una guía orientadora para crear infografías que puede consultar en el Blog de Piktochart, cuyo enlace es [www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/](https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/)

### II. Modelos celulares en acción

- En parejas, los estudiantes escogen un tipo de célula y elaboran un modelo o maqueta que represente cada uno de sus aspectos estructurales y funcionales que les permitan caracterizar a la célula escogida.

**Observaciones al docente**

Se aconseja realizar una revisión taxonómica de los seres vivos, lo que permite revisar la diversidad de organismos y células existentes, para que los estudiantes tengan variadas opciones para escoger. Por ejemplo, el siguiente enlace muestra ejemplos y descripciones de numerosos organismos organizados en dominios y reinos:

[www.curriculumnacional/link/http://objetos.unam.mx/biologia/diversidadSeresVivos/index.html](http://www.curriculumnacional/link/http://objetos.unam.mx/biologia/diversidadSeresVivos/index.html)

Dé libertad a los estudiantes de elegir los materiales y la forma en que elaborarán sus modelos, retroalimentando constantemente su trabajo para que este no se reduzca a una copia de otro modelo de célula.

- Exponen su trabajo al curso, explicando las estructuras que consideran relevantes para entender la función de la célula modelada, qué énfasis le dieron a la elaboración del modelo y justificar el uso de materiales empleados.
- En conjunto, organizan sus modelos celulares según criterios evolutivos y taxonómicos (dominios, reinos y clases biológicas), estableciendo semejanzas y diferencias entre ellas.
- Sus trabajos son compartidos con la comunidad escolar.

**III. Procesos celulares en acción**

- En grupos pequeños, los estudiantes representan de manera actuada los procesos celulares que permiten la integración de su estructura y funcionamiento celular, teniendo en cuenta para ello:
  - La finalidad del proceso.
  - Los componentes moleculares implicados.
  - Los mecanismos involucrados y la secuencia en que se realizan.
  - El número de participantes y qué molécula y evento van a representar.
  - Los materiales que le ayudarán a la representación.
- Muestran su representación a los otros grupos, los cuales retroalimentan con aportes para su mejora.

**Observaciones al docente**

Si bien se sugiere que los grupos elijan el proceso a representar (lo que favorece su apropiación), oriente para que este integre la mayor parte de los componentes celulares. Ejemplos de procesos a utilizar en esta actividad son la síntesis y secreción de colágeno a la matriz extracelular, la oxidación de un nutriente ingerido (respiración celular aeróbica), la síntesis de glucosa (fotosíntesis), la regulación de la glicemia mediante la liberación de insulina o glucagón (señalización celular), la reproducción de una célula epitelial (ciclo celular y citoesqueleto) o la muerte de una célula infectada por un virus del resfrío (apoptosis).

La siguiente rúbrica es una sugerencia para retroalimentar los aprendizajes logrados por los estudiantes:

Criterio	Destacado	Bueno	Requiere reforzamiento
Descripción de principales investigaciones en el desarrollo de la Biología Celular y Molecular	<p>Describen las características de las investigaciones que han contribuido al desarrollo de la Biología Celular y Molecular.</p> <p>Identifican las evidencias que aportan las investigaciones en el desarrollo de la Biología Celular y Molecular.</p> <p>Describen los aportes al desarrollo de la Biología Celular y Molecular, de al menos dos áreas diferentes a la Biología.</p>	<p>Describen las características de las investigaciones que han contribuido al desarrollo de la Biología Celular y Molecular.</p> <p>Identifican algunas evidencias que aportan las algunas investigaciones en el desarrollo de la Biología Celular y Molecular.</p>	<p>Describen las características de las investigaciones que han contribuido al desarrollo de la Biología Celular y Molecular.</p>
Explicación de la relación entre estructura y funcionamiento de la célula.	<p>Identifican las estructuras celulares con sus respectivas funciones en la célula.</p> <p>Construyen argumentos que explican la relación entre estructura y mecanismos celulares y moleculares, involucrados en los procesos celulares.</p> <p>Construyen modelos celulares que comparan diferentes tipos de células, incluyendo todas sus estructuras.</p>	<p>Identifican las estructuras celulares con algunas de sus respectivas funciones en la célula.</p> <p>Construyen modelos celulares de un tipo de células, con sus respectivas estructuras.</p>	<p>Identifican las estructuras celulares en la célula.</p> <p>Construyen modelos celulares con algunas estructuras.</p>



## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Naturaleza de la ciencia

- [www.curriculumnacional/link/http://users.df.uba.ar/sgil/tutoriales1/fisica\\_tutoriales/proyecto2061/chap1.htm](http://users.df.uba.ar/sgil/tutoriales1/fisica_tutoriales/proyecto2061/chap1.htm)

### Artículo revista investigación y ciencia

- [www.curriculumnacional/link/https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-cuerpo-contra-el-cncer-672/clula-14258](https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-cuerpo-contra-el-cncer-672/clula-14258)



### Historia biología molecular

- [www.curriculumnacional/link/https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/av\\_bma/apuntes/T1/t1\\_hist.htm](https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/av_bma/apuntes/T1/t1_hist.htm)

### Biología molecular y genética

- [www.curriculumnacional/link/https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-siglo-del-gen-biologia-molecular-y-genetica/](https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-siglo-del-gen-biologia-molecular-y-genetica/)

### Diversidad de seres vivos

- [www.curriculumnacional/link/http://objetos.unam.mx/biologia/diversidadSeresVivos/historia.html](http://objetos.unam.mx/biologia/diversidadSeresVivos/historia.html)

# Unidad 2

## Unidad 2. Estudiando la versatilidad de las proteínas

### Propósito de la unidad

Abordar la importancia de las proteínas en la estructura y la función celular, esperando que logren comprender su constitución molecular y sus niveles de organización y participación en variados procesos fisiológicos, como metabolismo de nutrientes, comunicación celular, motilidad y contracción muscular. Para este propósito, puede guiarse por preguntas como las siguientes: ¿qué rol tienen las proteínas en los distintos procesos celulares?, ¿qué factores afectan la actividad de las enzimas?, ¿qué son las enzimas y por qué son tan importantes en el metabolismo?, ¿qué relación existe entre los cambios conformacionales de las proteínas, la motilidad celular y la contracción muscular?

### Objetivos de Aprendizaje

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

## Actividad 1. ¿Qué importancia presentan las proteínas en mi vida?

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Explicar las funciones de las proteínas en el organismo, asociarlas con diversos ejemplos concretos y analizar lo que ocurre en los organismos, cuando ellas fallan: surgen diversos trastornos o enfermedades, que deben contar con un tratamiento médico específico, de los que se deriva una serie de controversias éticas, sociales, económicas y ambientales a los cuales deben ser sometidas las personas afectadas.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

Para comenzar la unidad se sugiere que el docente evalúe los conocimientos previos de los estudiantes sobre proteínas. Para ello, el docente invita a los estudiantes a realizar una lluvia de ideas, acerca de las características y funciones de las proteínas, por ejemplo en el proceso de nutrición, o en la estructura de la membrana plasmática, entre otras.

### I. Analizando las funciones de las proteínas

- Los estudiantes analizan colaborativamente qué procesos se realizan a diario en su organismo para mantenerse con vida, y los registran en la pizarra.
- Relacionan los procesos anteriormente enunciados con las diversas funciones de las proteínas, buscando información relacionada con ejemplos de diversas proteínas que estén involucradas en dichos procesos.
- Los estudiantes escogen y dibujan una proteína del cuerpo humano, modelando su nivel estructural y su relación con los procesos celulares en los que participan.

### Observaciones al docente

Las funciones de las proteínas son diversas, aunque pueden ser clasificadas en estructurales (colágeno, elastina, queratina, etc.), enzimáticas (lactasa, fosfofructoquinasa 1, ADN polimerasa, ATP sintasa, etc.), defensivas (inmunoglobulinas o anticuerpos, sistema de complemento, etc.), hormonales (hormona del crecimiento, vasopresina, etc.), contráctil y movimiento (actina, miosina, tubulina, etc.), receptoras y de transporte de sustancias (canal de sodio, proteínas G, bomba sodio/potasio, hemoglobina, etc.) y homeostáticas (albúmina, fibrina, etc.)

- Elaboran un mapa mental relacionado con ejemplos de diversas proteínas presentes en los organismos, su estructura y función.

### II. ¿Qué ocurre en el organismo cuando las proteínas fallan?

- Individualmente o en parejas, los estudiantes buscan información relacionada con las enfermedades, trastornos o síndromes producidos por la alteración o falla de una proteína en el organismo, señalando características, signos y síntomas, tratamiento, entre otros.
- Analizan críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales relacionadas con los tratamientos médicos utilizados para cada una de las enfermedades, trastornos o síndromes, a los cuales se deben someter las personas.

- Elaboran infografías o afiches científicos con la información recolectada y la exponen a sus compañeros. A partir de la retroalimentación de sus compañeros, identifican y reflexionan sobre aspectos no considerados en la infografía.

### Observaciones al docente

Puede utilizar como referencia las proteínas ejemplificadas anteriormente, aunque se recomienda tener un listado de aquellas más comunes que se asocian directamente a un trastorno de fácil caracterización, como la intolerancia a la lactosa (lactasa), anemia (hemoglobina), fibrosis quística (canal de cloro), hemofilia (factor de coagulación), hipotiroidismo (tiroxina), enanismo (hormona del crecimiento) y la osteogénesis imperfecta (colágeno).

La insulina será estudiada en mayor detalle en la unidad 4, por su relación con la biotecnología.

Un mapa mental es una representación física de la imagen que la persona se forma acerca del significado de un conocimiento. Una misma información se puede representar de muchas maneras, ya que refleja la organización cognitiva individual o grupal, dependiendo de la forma en que los conceptos o conocimientos fueron captados. Es una estrategia que permite desarrollar también la creatividad. El mapa mental consiste en una representación en forma de diagrama que organiza una idea o concepto central, rodeado por ramas conectadas a otras ideas o tópicos asociados. Y cada uno de ellos, a su vez, se considera como central de otras ramas.

Para realizarlo, se requiere uso de vocabulario preciso (técnico o científico), colores, imágenes, eventualmente software si se prefiere.

Para usar este recurso como evaluación formativa durante esta actividad, se sugiere establecer criterios de construcción y posterior evaluación como:

- Conceptos clave
- Jerarquía de conceptos e ideas
- Uso de ejemplos
- Interrelaciones

### Referencias:

Frías, B. S. L., & Kleen, E. M. H. (2005). Evaluación del aprendizaje: alternativas y nuevos desarrollos. MAD.  
[www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)  
[www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Modelan los niveles estructurales de las proteínas y su relación con distintos procesos celulares en los que participan.
- Relacionan, mediante el uso de modelos, los niveles estructurales de las proteínas con sus propiedades, y distintos procesos y estructuras celulares en los que participan.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Video sobre los objetivos de desarrollo sostenible

- [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=k0Ypj3vFrlw](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=k0Ypj3vFrlw)

### Artículo tipos de proteínas y sus funciones

- [www.curriculumnacional/link/https://psicologiaymente.com/nutricion/tipos-de-proteinas](http://www.curriculumnacional/link/https://psicologiaymente.com/nutricion/tipos-de-proteinas)

### Intolerancia a la lactosa

- [www.curriculumnacional/link/https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/intolerancia-lactosa/sintomas-causas](http://www.curriculumnacional/link/https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/intolerancia-lactosa/sintomas-causas)

### Osteogénesis

- [www.curriculumnacional/link/https://kidshealth.org/es/parents/osteogenesis-imperfecta-esp.html](http://www.curriculumnacional/link/https://kidshealth.org/es/parents/osteogenesis-imperfecta-esp.html)



### Artículo sobre deficiencia de la hormona del crecimiento

- [www.curriculumnacional/link/https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001176.htm](http://www.curriculumnacional/link/https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001176.htm)

### Hemofilia

- [www.curriculumnacional/link/https://portal.alemana.cl/wps/wcm/connect/Internet/Home/blog-de-noticias/Ano+2012/09/Todo+sobre+la+hemofilia](http://www.curriculumnacional/link/https://portal.alemana.cl/wps/wcm/connect/Internet/Home/blog-de-noticias/Ano+2012/09/Todo+sobre+la+hemofilia)

### Fibrosis quística

- [www.curriculumnacional/link/https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/cystic-fibrosis/symptoms-causes/syc-20353700](http://www.curriculumnacional/link/https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/cystic-fibrosis/symptoms-causes/syc-20353700)

### Elaboración mapas mentales

- [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)
- [www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](http://www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

## Actividad 2. Desnaturalizando proteínas en la cocina

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Mediante modelos, explicar la importancia de las enzimas en los organismos, analizando cómo diversas técnicas y procesos de cocción, utilizados en la manipulación de los alimentos, producen la alteración de la estructura y la función de las proteínas, asociándolos a la desnaturalización de éstas e identificando los factores que influyen en la actividad enzimática.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

### ACTITUDES

Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas



## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Reflexionando acerca de la ciencia y la tecnología al cocinar proteínas

- Sobre la base de sus experiencias y conocimientos previos, los estudiantes reflexionan sobre las técnicas básicas que se emplean al cocinar los diferentes alimentos y el efecto en ellos, en particular los ricos en proteínas, como carnes, legumbres, leche, huevo, entre otros. Registran sus aportes en su cuaderno.
- Registran en la pizarra sus ideas y los complementan con información recolectada de otras fuentes. En su cuaderno reelaboran las reflexiones desarrolladas al comienzo.

#### Observaciones al docente

Existen variadas técnicas básicas utilizadas en la cocina que pueden mencionar sus estudiantes, las que puede consultar en [www.curriculumnacional/link/https://www.proximaati.com/hogar/recetas/10-tecnicas-de-cocina-que-debes-conocer](http://www.curriculumnacional/link/https://www.proximaati.com/hogar/recetas/10-tecnicas-de-cocina-que-debes-conocer)

Se sugiere reflexionar sobre otras técnicas que se emplean y que no fueron mencionadas en la página, como la cocción con olla de presión, cortar los alimentos, batir, etc.

Actualmente existe la cocina molecular, que emplea técnicas usadas en los laboratorios científicos para alterar de maneras novedosas los alimentos. Un ejemplo de sus técnicas los puede consultar en [www.curriculumnacional/link/https://www.gediscovery.edu.pe/blog/las-siete-tecnicas-de-la-cocina-molecular-mas-conocidas/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.gediscovery.edu.pe/blog/las-siete-tecnicas-de-la-cocina-molecular-mas-conocidas/)

Al respecto, no pierda la oportunidad de incluirlos dentro de las técnicas mencionadas por sus estudiantes.

En cualquiera de los dos casos, evalúe qué técnica está produciendo la desnaturalización de proteínas, ya que será el ejercicio que deberán realizar los estudiantes a continuación.

- Relacionan las diversas técnicas que se emplean al cocinar los alimentos con la desnaturalización de las proteínas, mediante preguntas orientadoras como las siguientes, buscando información al respecto:
  - ¿Qué se entiende por desnaturalización?
  - ¿Qué relación se puede establecer entre la desnaturalización, la estructura y la función de las proteínas?
  - ¿Cuál es la relación que se establece entre proteínas y enzimas?
  - Explique el rol que presentan las enzimas en los procesos metabólicos de los organismos.
  - ¿Qué relación existe entre la desnaturalización y las técnicas de cocina empleadas habitualmente en la cocción de los alimentos?
  - ¿Qué efecto(s) tiene la técnica de cocina empleada en la estructura del alimento?
  - Este efecto, ¿se podría revertir? Explique.
  - ¿Qué relación se establece entre la temperatura y la desnaturalización? ¿De qué forma se puede graficar dicha relación?

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7

- El alimento, ¿habrá perdido sus propiedades biológicas? Fundamente utilizando argumentos científicos.
- Elaboran infografías que expliquen el uso de una técnica de cocina específica y su relación con la desnaturalización de las proteínas, utilizando alimentos concretos y ricos en proteínas, como carnes, huevo, leche, crema, legumbres, frutos secos.

#### Observaciones al docente

Una página que pueden utilizar los estudiantes para elaborar sus infografías es Canva, que se encuentra disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es\\_es/crear/infografias/](https://www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es_es/crear/infografias/)

Una guía orientadora para crear infografías que puede consultar en el Blog de Piktochart, cuyo enlace es [www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/](https://www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Planifican y desarrollan investigaciones relacionadas con actividad enzimática, analizando los factores que influyen en ella.
- Explican el rol de las enzimas en los organismos, argumentando su participación en diferentes procesos metabólicos.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- **Estructura de las proteínas**

[www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/orders-of-protein-structure](https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/orders-of-protein-structure)

- **Desnaturalización de proteínas**

- [www.curriculumnacional/link/https://www.lifeder.com/desnaturalizacion-proteinas/](https://www.curriculumnacional/link/https://www.lifeder.com/desnaturalizacion-proteinas/)

## Actividad 3. Investigando la acción de las toxinas, venenos y fármacos en la inhibición enzimática

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Comprobar el rol de las enzimas, mediante prácticas científicas, de manera de analizar sus propiedades y mecanismos de acción, para relacionarlos con los diversos mecanismos de inhibición enzimática aplicados, por ejemplo, a la industria farmacéutica o bioquímica y su evaluación crítica de las respectivas controversias sociales, económicas, éticas y ambientales que surgen de su aplicación.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Trabajar con responsabilidad y liderazgo en la realización de las tareas colaborativas y en función del logro de metas comunes.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Analizando el rol de las enzimas

- Los estudiantes leen y analizan un texto como el siguiente, que describe la importancia del rol de las enzimas en el metabolismo y algunas de sus propiedades.
  
- Para guiar el análisis, responden las siguientes preguntas:
  - ¿Qué es una enzima?
  - ¿Cuál es la importancia de las enzimas para los seres vivos?
  - Investigue las diferentes características de las enzimas.
  - ¿Qué propiedades de las enzimas se mencionan en el texto?
  - ¿Qué factores podrían afectar la actividad enzimática?
  - ¿Conoces alguna enzima presente en el organismo? En caso de ser afirmativa tu respuesta, ¿sabes el lugar donde actúa y la función específica que cumple en el organismo?

#### Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan?

*Si pudiéramos describir nuestra existencia en términos de reacciones químicas, usaríamos la palabra “autocatalítica”. A cada instante, dentro de nuestro organismo ocurren cientos de reacciones químicas necesarias para la vida, que deben ocurrir en una escala de tiempo razonable. Por ejemplo, todos hemos escuchado que los carbohidratos (o azúcares) tienen muchas calorías y que nos dan mucha energía. En efecto, un azúcar muy simple, como la glucosa, nos puede proporcionar una gran cantidad de energía al oxidarse o “quemarse” hasta formar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O); puede producir hasta 3.8 kcal/g de glucosa, lo que equivale a la energía suficiente para mantener encendida una pequeña lámpara de 1 watt durante más de un mes. Entonces, ¿por qué no vemos que el azúcar de mesa se transforma violentamente en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O al estar en contacto con el aire, liberando energía? La razón es que, a temperatura ambiente, esta transformación ocurre a una velocidad muy baja. Nuestro cuerpo, para poder extraer la energía de los azúcares en un tiempo útil (es decir, que nos mantenga vivos, pestañeando, caminando, pensando o leyendo este artículo), utiliza catalizadores que aceleran esa misma reacción y provocan que ocurra miles de veces más rápido. Los catalizadores de los seres vivos son las enzimas, proteínas que nuestro propio cuerpo produce. De ahí lo de autocatalítico.*

*Las enzimas tienen una enorme variedad de funciones dentro de la célula: degradan azúcares, sintetizan grasas y aminoácidos, copian fielmente la información genética, participan en el reconocimiento y la transmisión de señales del exterior y se encargan de degradar subproductos tóxicos para la célula, entre muchas otras funciones vitales. La identidad y el estado fisiológico de un ser vivo está determinado por la colección de enzimas que estén funcionando con precisión de cirujano y con la velocidad de un rayo en un momento dado dentro de las células. Así, a lo largo de millones de años de evolución, la naturaleza ha desarrollado una gran diversidad de enzimas para mantener el complejo fenómeno de la vida.*

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art91/](http://www.curriculumnacional/link/http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art91/))

- Consultando textos y fuentes científicas confiables en internet, elaboran un mapa mental sobre la estructura, las propiedades, los mecanismos de acción de las enzimas y los factores que afectan su actividad.

### Observaciones al docente

Un mapa mental es una representación física de la imagen que la persona se forma acerca del significado de un conocimiento. Una misma información puede representarse de muchas maneras, ya que refleja la organización cognitiva individual o grupal, dependiendo de la forma en que los conceptos o conocimientos fueron captados. Es una estrategia que permite desarrollar también la creatividad. El mapa mental consiste en una representación en forma de diagrama que organiza una idea o concepto central, rodeado por ramas conectadas a otras ideas o tópicos asociados. Y cada uno de ellos, a su vez, se considera como central de otras ramas.

Para realizarlo, se requiere uso de vocabulario preciso (técnico o científico), colores, imágenes, eventualmente software si se prefiere.

Para usar este recurso como evaluación formativa durante esta actividad, se sugiere establecer criterios de construcción y posterior evaluación como:

- Conceptos clave
- Jerarquía de conceptos e ideas
- Uso de ejemplos
- Interrelaciones

Referencias:

Frías, B. S. L., & Kleen, E. M. H. (2005). Evaluación del aprendizaje: alternativas y nuevos desarrollos. MAD. [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)  
[www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

## II. Comprobando la acción de las enzimas

- Organizados en grupos de trabajos, los estudiantes desarrollan una actividad experimental de la acción enzimática.
- Para ello, deben contar con los siguientes materiales y reactivos de laboratorio y realizar el procedimiento que se describe a continuación.

### Materiales

- Clara de huevo hervida
- 4 tubos de ensayo
- 3 pipetas
- Gradilla para tubos de ensayo

### Reactivos

- Ácido clorhídrico 0,1 M
- Pepsinógeno

1. Coloque 1 mL de clara de huevo en cada tubo de ensayo.
2. Rotule los tubos de ensayo como A, B, C y D y colóquelos en la gradilla para tubos.

## 3. Agregue:

- 5 mL de agua destilada al tubo A.
- 5 mL ácido clorhídrico al tubo B.
- 5 mL agua destilada + la puntita de una cuchara con pepsinógeno al tubo C.
- 5 mL de ácido clorhídrico 0,1 M + la puntita de una cuchara con pepsinógeno al tubo D.

4. Deje su gradilla en la sala de preparaciones del laboratorio. Observe y registre sus resultados durante cuatro días.

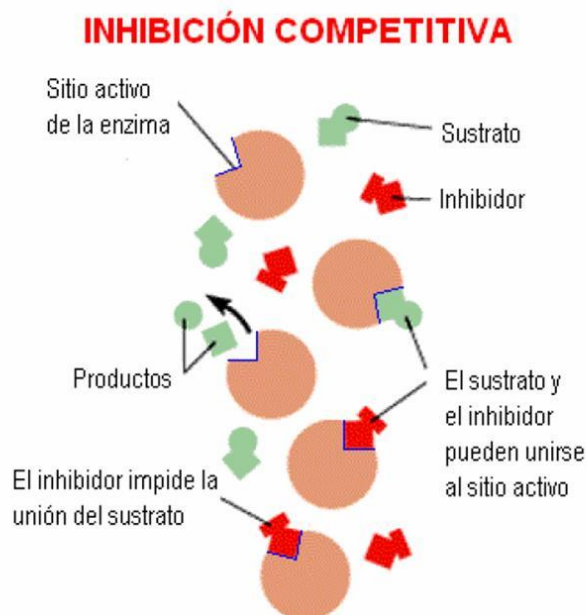
- Una vez finalizado el experimento, los estudiantes completan la siguiente tabla y responden las siguientes preguntas:

Tubo de ensayo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4		
A					++	No se observa clara de huevo (cambio completo).
B					+	Clara de huevo un tanto transparente y solo un poco cambiada en cuanto a tamaño (cambio parcial).
C					0	Sin cambio en la condición de la clara de huevo.
D						

- ¿Qué nombre recibe la proteína que se encuentra en la clara de huevo?
- ¿Cuál es la diferencia entre pepsinógeno y pepsina?
- ¿Cómo se activa el pepsinógeno?
- ¿Cuál es el rol de la pepsina en el organismo?
- ¿Qué ocurre cuando las proteínas de la clara de huevo son degradadas? ¿Qué se origina?
- ¿Por qué se agregaron distintas cantidades de ácido clorhídrico y agua destilada en cada tubo de ensayo?
- ¿Cuál podría ser la hipótesis en esta actividad experimental?
- Identifique las variables dependiente e independiente involucradas en el experimento.
- ¿Cómo cambiaría este experimento para analizar otro factor que pueda tener influencia sobre la actividad enzimática? Explique.

### III. Investigando la inhibición enzimática

- Los estudiantes analizan las siguientes imágenes relacionadas con la inhibición enzimática y responden las preguntas y realizan las actividades propuestas a continuación.



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/http://bioquimicadenitrogeno.blogspot.com/2015/12/321-inhibicion.html](http://www.curriculumnacional/link/http://bioquimicadenitrogeno.blogspot.com/2015/12/321-inhibicion.html))



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/http://bioquimicadenitrogeno.blogspot.com/2015/12/321-inhibicion.html](http://www.curriculumnacional/link/http://bioquimicadenitrogeno.blogspot.com/2015/12/321-inhibicion.html))

- Investigue los tipos de inhibición enzimática que existen.
- ¿Cuál es el mecanismo de acción que presenta la inhibición enzimática tanto competitiva como no competitiva? Explique.
- ¿Cuál es el rol que tiene el inhibidor competitivo?
- Distinga las ventajas y desventajas que presentan estos mecanismos en el metabolismo celular, señalando ejemplos concretos en el organismo.
- Investigue ejemplos concretos de mecanismos de inhibición enzimática que se presenten en los organismos. Explique con dibujos o esquemas.
- ¿En qué se basa la regulación alostérica? Explique con un esquema o dibujo.

## II. Aplicaciones de la inhibición enzimática en la farmacología y la industria

- Los estudiantes analizan casos de fármacos usados para el tratamiento de las personas portadoras de VIH y su efecto inhibitor de enzimas, necesarias para evitar la replicación del virus en el organismo.
- Con un dibujo o esquema, modelan la acción de dichos fármacos y su relación con la inhibición de las enzimas a nivel del organismo.
- En grupos, investigan el uso de inhibidores enzimáticos en la industria bioquímica; por ejemplo: para el desarrollo de insecticidas, herbicidas y desinfectantes.
- Discuten las implicancias éticas, económicas, sociales y ambientales relacionadas con el uso de estos inhibidores en farmacología y en la industria bioquímica.
- Comunican el resultado de sus investigaciones a los otros grupos.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7  
**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

### Observaciones al docente

La industria bioquímica se encarga de transformar materiales biológicos para la generación de productos con valor social y comercial. Dentro de los sistemas biológicos utilizados podemos encontrar microorganismos (bacterias, hongos, levaduras y algas), enzimas (proteasas, lipasas, ligasas) y anticuerpos.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Explican el rol de las enzimas en los organismos, argumentando su participación en diferentes procesos metabólicos.
- Planifican y desarrollan investigaciones relacionadas con actividad enzimática, analizando los factores que influyen en ella.



## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Farmacología de los antirretrovirales

- [www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-farmacologia-de-los-antirretrovirales-S0716864016300943](https://www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-farmacologia-de-los-antirretrovirales-S0716864016300943)

### Tratamiento VIH

- [www.curriculumnacional/link/https://infosida.nih.gov/understanding-hiv-aids/fact-sheets/21/58/medicamentos-contr-el-vih-autorizados-por-la-fda](https://www.curriculumnacional/link/https://infosida.nih.gov/understanding-hiv-aids/fact-sheets/21/58/medicamentos-contr-el-vih-autorizados-por-la-fda)



### Insecticidas y biopesticidas

- [www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/publication/270273582\\_Insecticidas\\_clasicos\\_y\\_biopesticidas\\_modernos\\_avances\\_en\\_el\\_entendimiento\\_de\\_su\\_mecanismo\\_de\\_accion](https://www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/publication/270273582_Insecticidas_clasicos_y_biopesticidas_modernos_avances_en_el_entendimiento_de_su_mecanismo_de_accion)

### Herbicidas

- [www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/publication/259175751\\_Herbicidas\\_Modos\\_y\\_mecanismos\\_de\\_accion\\_en\\_plantas](https://www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas)

### Elaboración mapas mentales

- [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)
- [www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

## Actividad 4. La importancia de la forma de las proteínas en la contracción muscular

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Modelar el proceso de la contracción muscular, asociándolo, por una parte, a la función de las proteínas contráctiles, de transporte de sustancias, enzimática y de comunicación celular, y por otro lado, a la importancia de la integración nerviosa en la ejecución de este proceso.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

### ACTITUDES

Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Modelando el proceso de contracción muscular

- Los estudiantes reflexionan acerca de la contracción muscular, mediante preguntas orientadoras como las siguientes:
  - ¿De qué forma mi organismo puede llevar a cabo diversas actividades que involucren a los músculos de mi cuerpo?
  - Distinga la clasificación de los músculos al interior del organismo.
  - ¿Qué estructuras son necesarias para que se produzca la contracción muscular a nivel celular?
  - ¿Qué tipo de control regula este proceso?, ¿quién lo realiza?
  - ¿Qué elementos son necesarios para la contracción muscular?
  - ¿Cuál es el rol del ATP en la contracción muscular?
- Elaboran un esquema o dibujo con sus ideas, el cual irán completando o reelaborando a medida que se desarrolla la actividad.
- Observan un video como el siguiente, que representa la contracción del sarcómero en el músculo esquelético: **Contracción Muscular - Ciclo de Puentes Cruzados** [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=GxVCizHS4jY](https://www.youtube.com/watch?v=GxVCizHS4jY) (Fuente: Alila Medical Media en español)
- Modelan el proceso de contracción muscular en el sarcómero y su relación con los cambios conformacionales e interacciones de proteínas involucradas (actina, miosina, troponina y tropomiosina), representando el proceso mediante esquemas y dibujos.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7  
**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

### II. Investigando la integración nerviosa en la contracción muscular

- En grupos pequeños, buscan información relacionada con el control nervioso del proceso de la unión neuromuscular, representando los eventos involucrados junto con la participación de proteínas (canales iónicos de calcio y sodio, receptor de acetilcolina, la enzima acetilcolinesterasa y las bombas de calcio del retículo sarcoplásmico).
- Integran ambas representaciones para realizar un modelo completo del proceso.
- Investigan casos de enfermedades que afectan la contracción muscular, y las tecnologías para abordar estas dificultades.
- Comparten los principales hallazgos de la actividad con sus compañeros.

**Observaciones al docente**

Permita que los estudiantes elijan de qué manera quieren realizar el modelo integrado de la contracción muscular. Para evitar la copia directa del modelo desde alguna imagen, puede monitorear el proceso de modelamiento, realizando constantes consultas sobre las decisiones que tomaron, qué problemas se les suscitaron y cómo los resolvieron.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Desarrollan y usan modelos de proteínas y estructuras celulares para explicar procesos de motilidad y contracción muscular.
- Relacionan las funciones de las proteínas a nivel de membrana celular con el flujo de iones que se produce a través de ellas, en contexto de comunicación celular.

**RECURSOS Y SITIOS WEB****Músculos**

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/human-biology#muscles](https://es.khanacademy.org/science/biology/human-biology#muscles)

**Placa neuromuscular**

- [www.curriculumnacional/link/https://www.lifeder.com/placa-neuromuscular/](https://www.lifeder.com/placa-neuromuscular/)

**Neurotransmisores y receptores**

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/human-biology/neuron-nervous-system/a/neurotransmitters-their-receptors](https://es.khanacademy.org/science/biology/human-biology/neuron-nervous-system/a/neurotransmitters-their-receptors)

**Artículo modelos para la enseñanza de las ciencias**

- [www.curriculumnacional/link/https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/view/2626](https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/view/2626)

## Actividad de Evaluación: “Modelando una proteína”

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 5. Explicar las relaciones entre estructuras y funciones de proteínas en procesos como la actividad enzimática, flujo de iones a través de membranas y cambios conformacionales en procesos de motilidad celular y contracción muscular.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Modelan los niveles estructurales de las proteínas y su relación con distintos procesos celulares en los que participan.
- Relacionan, mediante el uso de modelos, los niveles estructurales de las proteínas con sus propiedades, y distintos procesos y estructuras celulares en los que participan.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

La evaluación consta de dos partes, las cuales pueden ser desarrolladas en conjunto o en forma independiente, según estime el docente y de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

### I. Modelando una proteína

- Los estudiantes elaboran un mapa conceptual sobre la estructura de las proteínas, teniendo en cuenta los tipos de aminoácidos que existen, los niveles estructurales de las proteínas y los enlaces químicos implicados en estos niveles, las funciones de las proteínas y su clasificación según su forma.
- Luego, escogen una proteína para modelar su estructura, representándola físicamente mediante un modelo molecular casero.

Conexión interdisciplinar:  
**Artes Visuales 3° o 4°**  
**Medio:** OA 3; OA 7

### Observaciones al docente

Se recomienda el trabajo en conjunto con la asignatura de Química, con el fin de potenciar los conceptos e ideas relacionados con la estructura de la materia y biopolímeros.

Si requiere de ideas para la elaboración de modelos moleculares caseros, consulte el siguiente enlace:

[www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=YprClvf-edM](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=YprClvf-edM)

Se sugiere elaborar una rúbrica para evaluar el modelo de su estructura proteica, que incluya diferentes niveles de desempeño que los estudiantes deben ser capaces de desarrollar en esta actividad.

### II. Analizando el efecto en la alteración de la proteína modelada

- En grupos pequeños, buscan información relacionada con las causas y consecuencias de la alteración de una de las proteínas modeladas anteriormente en la función celular.
- Exponen sus resultados a los otros grupos.

Cuando se usan mapas conceptuales para la evaluación, es esencial determinar las características esperadas en ellos, y compartirlas con las y los estudiantes antes de la evaluación. Para este fin se recomienda una rúbrica de evaluación para mapas conceptuales como la que se presenta a continuación.

Criterios a evaluar	Muy bueno 4	Bien 3	Suficiente 2	Insuficiente 1	Ponderación
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equilibrada.</li> <li>• Se interpreta fácilmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere pequeños ajustes para el equilibrio.</li> <li>• Requiere leerse nuevamente para interpretarlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No equilibrado, desorden evidente.</li> <li>• Se requiere ayuda para interpretarlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completamente desorganizado.</li> <li>• No se puede interpretar.</li> </ul>	15 %

Concepto principal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuado y pertinente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuado pero requiere algunas precisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No adecuado, se requieren explicaciones adicionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No presenta.</li> <li>• Si está, no corresponde al tema en estudio.</li> </ul>	20%
Conceptos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están todos los que explican el tema en estudio.</li> <li>• No se repiten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está la mayoría de los que explican el tema en estudio.</li> <li>• No se repiten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faltan algunos conceptos importantes que explican el tema en estudio.</li> <li>• Se repite uno o más conceptos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta la mayoría de los conceptos importantes que explican el tema en estudio.</li> </ul>	25%
Conectores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionan correctamente los conceptos.</li> <li>• Son precisos y concisos.</li> <li>• Permiten una lectura fluida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionan los conceptos, pero se requiere precisiones.</li> <li>• Algunos no son adecuados, pero no desvirtúan el tema.</li> <li>• La lectura no es fluida, pero se puede realizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere ayuda para entender cómo relacionan los conceptos.</li> <li>• Pocos son adecuados para conectar conceptos.</li> <li>• Se requiere ayuda para leerlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No relacionan los conceptos.</li> <li>• No son adecuados para conectar los conceptos.</li> <li>• No se puede leer o resulta muy difícil hacerlo.</li> </ul>	15%
Jerarquía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los conceptos están bien jerarquizados.</li> <li>• Están los niveles de jerarquización necesarios.</li> <li>• Se incluye un nivel con ejemplos para los conceptos.</li> <li>• Están las ramificaciones necesarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los conceptos están bien jerarquizados, pero en algunos se requiere una explicación.</li> <li>• Están los niveles de jerarquización, pero se requiere alguna precisión.</li> <li>• Incluyen un nivel con ejemplos, pero falta uno más.</li> <li>• Requiere alguna ramificación adicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos conceptos están jerarquizados.</li> <li>• Hay niveles de jerarquización, pero se requiere al menos uno más.</li> <li>• Hay un nivel con ejemplos, pero faltan algunos.</li> <li>• Hay pocas ramificaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los conceptos no están jerarquizados.</li> <li>• No se observan niveles de jerarquización o están mal jerarquizados.</li> <li>• No hay un nivel con ejemplos.</li> <li>• No hay ramificaciones, es lineal.</li> </ul>	25%

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Macromoléculas

- [www.curriculumnacional/link/http://www.biologia.edu.ar/macromoleculas/structup.htm](http://www.curriculumnacional/link/http://www.biologia.edu.ar/macromoleculas/structup.htm)

### Video sobre objetivos de desarrollo sostenible

- [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=42034hq-zJ4](https://www.youtube.com/watch?v=42034hq-zJ4)



### Tipos de proteínas

- [www.curriculumnacional/link/https://www.hsnstore.com/blog/tipos-de-proteinas/](https://www.hsnstore.com/blog/tipos-de-proteinas/)

### Estructura de las proteínas

- [www.curriculumnacional/link/http://biomodel.uah.es/model1j/prot/contents.htm](http://biomodel.uah.es/model1j/prot/contents.htm)

### Artículo sobre modelos científicos

- [www.curriculumnacional/link/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X17301519](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X17301519)



# Unidad 3

## Unidad 3. Analizando la relación entre expresión y regulación génica

### Propósito de la unidad

Profundizar en los procesos que permiten la expresión genética para que los alumnos puedan relacionar los genes con el ADN, la síntesis de ARN y producción de proteínas, así como la influencia ambiental en el proceso. Asimismo, en esta unidad se analiza causas y consecuencias de mutaciones génicas, y también los mecanismos que permiten la reparación del ADN. De esta manera, se busca que los estudiantes comprendan y analicen el rol de la expresión genética durante el desarrollo del organismo, la generación del cáncer, la muerte celular, el comportamiento de los seres humanos y la generación de enfermedades. Para este propósito, puede guiarse por preguntas como las siguientes: ¿cómo se almacena el material genético?, ¿qué relación existe entre el ADN, el ARN y las proteínas?, ¿cómo se regula la expresión genética en eucariontes y procariontes?, ¿cómo se codifica la información genética?, ¿mediante qué mecanismos se expresa la información genética?

### Objetivos de Aprendizaje

OA 3. Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación al flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.

OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

## Actividad 1. Estudiando la estructura y la expresión de la información genética

### PROPOSITO DE LA ACTIVIDAD

Analizar la estructura de la información genética por medio de la elaboración de un modelo de expresión del material genético, centrado en la relación que existe entre una secuencia genética, presente en el ADN, el ARN mensajero asociado a éste, el código genético y la síntesis de un péptido-proteína.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3. Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación al flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

Se recomienda iniciar la unidad recordando conocimientos de años anteriores, sobre genética y herencia. Para ello, el docente puede invitar a sus estudiantes a realizar un mapa conceptual utilizando programas digitales disponibles en la web en forma gratuita.

### I. Analizando la estructura del material genético

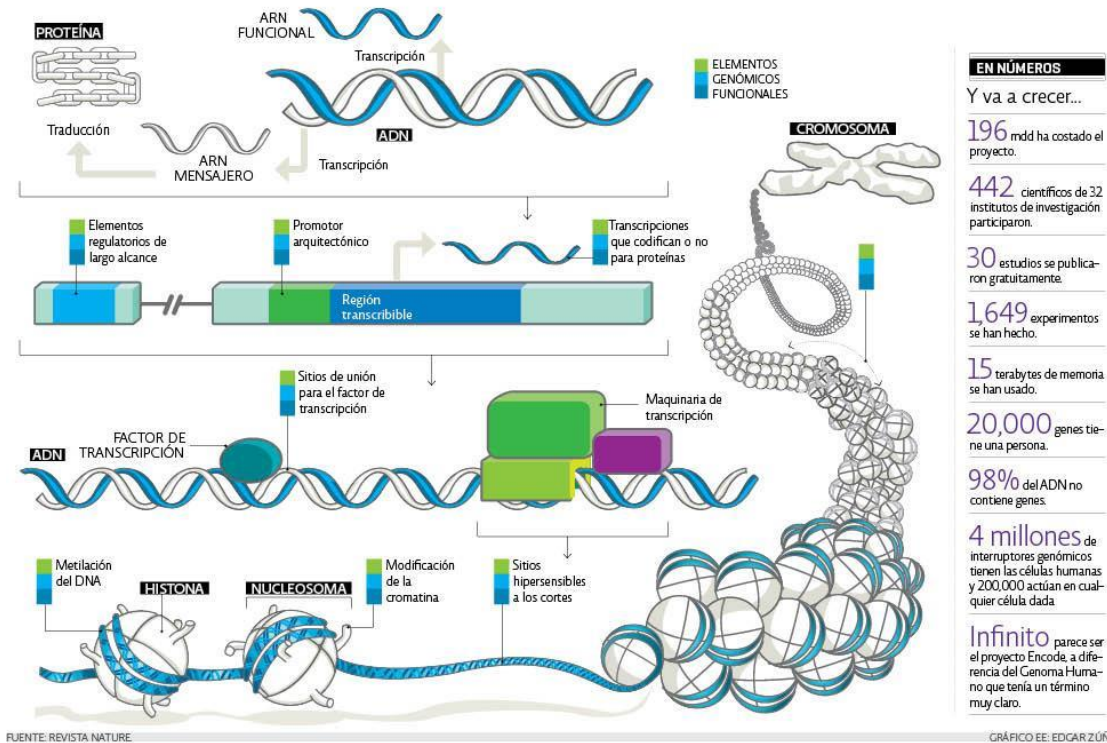
- Los estudiantes reflexionan con preguntas orientadoras como las siguientes relacionadas con la estructura del material genético:
  - ¿Cuáles son las diferencias que distinguen a un organismo de una especie en particular de otra especie?
  - ¿Dónde y cómo se encuentra la mayor parte de la información hereditaria en las células?
  - ¿Cuáles son las características estructurales que presenta la molécula de ADN?
  - ¿Cuáles son las funciones que cumple esta molécula en los seres vivos?

### II. Análisis de infografía

- Los estudiantes analizan la siguiente infografía relacionada con la estructura y la función del material genético en los organismos.
- Luego responden preguntas como las siguientes, utilizando vocabulario y conocimiento científico y buscando información en diversas fuentes.

## MUCHO MÁS ALLÁ DE LA SECUENCIA

Hace no muchos años, la Biología Molecular tenía un "dogma": Un gen es la porción de Ácido Desoxirribonucleico (ADN) que contiene la información para generar una proteína. Después se descubrió que la mayor parte del ADN no está formado por ese tipo de genes. Ahora sabemos que alrededor del 80% de ese material es un complejo sistema que, entre otras cosas, regula la expresión de los genes. Encode es la sistematización de la información sobre ese sistema regulador que permitirá, quizá, comprenderlo.



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://elcomercio.pe/blog/expresiongenetica/2014/11/que-proporcion-de-nuestro-adn-es-funcional/](http://www.curriculumnacional/link/https://elcomercio.pe/blog/expresiongenetica/2014/11/que-proporcion-de-nuestro-adn-es-funcional/))

- ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas que se establecen entre ADN, gen y cromosoma?
- ¿Qué son las histonas?
- ¿Qué diferencias se establecen entre cromatina y cromosoma?
- Con un dibujo, explique cuáles son los niveles de compactación que presenta el material genético en los organismos.
- ¿Qué características presenta el nucleosoma?
- ¿Cuál es la importancia que presenta la molécula del ADN desde el punto de vista de la biología molecular?
- ¿Qué importancia presenta el proceso de replicación del ADN en los organismos?
- ¿Qué relación se establece entre la replicación del ADN y el ciclo celular?
- ¿Qué procesos moleculares están involucrados en la replicación del ADN y el ciclo celular?
- Explique brevemente cada uno de los procesos de transcripción y traducción del mensaje genético hasta la síntesis de una proteína.
- ¿Cuál es el rol que presenta un promotor?
- ¿Qué diferencias existen entre un ARN funcional y un ARN mensajero?
- ¿Cuál es la diferencia que existe entre intrones y exones?
- Explican y discuten el "dogma de la biología molecular", utilizando argumentos científicos, que expliquen sus alcances y limitaciones a través de la historia.

- Elaboran una línea de tiempo con las evidencias e investigaciones de científicos/as relacionados con el estudio y el conocimiento del ADN.

Conexión interdisciplinar:  
**Artes Visuales 3° o 4°**  
**Medio:** OA 3; OA 7

### Observaciones al docente

La actividad constituye una excelente instancia para abordar aspectos de la Naturaleza de las Ciencias, como que la ciencia exige evidencias, requiere de lógica e imaginación, y necesita de la cooperación de numerosas personas y no está exenta de conflictos, entre otros aspectos.

Es particularmente interesante la controversia sobre Rosalind Franklin, en especial si Watson y Crick le “robaron” su trabajo para elaborar el modelo de ADN, así como cuestiones sobre género y ciencia; puede adentrarse en el tema en el siguiente enlace: [www.curriculumnacional/link/https://www.bbc.com/mundo/noticias-44225714](http://www.curriculumnacional/link/https://www.bbc.com/mundo/noticias-44225714)

### III. ¿Qué sabemos acerca de la función de los genes?

- Basados en la lectura de un texto como el siguiente y guiados por preguntas que se plantean a continuación, los estudiantes reflexionan sobre la función de los genes en el fenotipo.
  - ¿Qué relación existe entre el sabor del tomate y los genes?
  - ¿Dónde se encuentra el gen TomLoxC en la célula?
  - ¿Qué información presenta este gen en el tomate?
  - ¿Por qué se perdió el gen TomLoxC?
  - ¿Cómo definirías un gen?
  - ¿Qué implicancias económicas y ambientales derivan de este tipo de tecnologías en la producción de alimentos?

#### **Identificados los genes que podrían devolverle el sabor a los tomates**

*Un nuevo estudio del genoma encuentra las diferencias entre las variedades de cultivo y las silvestres. Existen hasta 5.000 genes que se habrían perdido en el proceso de domesticación de la planta.*

*La historia del tomate vuelve a dar un vuelco. Si hasta ahora los productores habían trabajado para seleccionar aquellas variedades que dieran lugar a más frutos, más grandes y más jugosos, el nuevo reto es devolverle el gusto original a este versátil ingrediente. Para ello, un equipo de científicos ha mapeado el pangenoma del tomate en busca de los ‘genes perdidos’ de su sabor.*

*El estudio, publicado este mismo lunes en la revista ‘Nature Genetics’, desvela casi 5.000 genes hasta ahora desconocidos que diferenciarían las 725 variedades de tomates de cultivo estudiadas de sus homólogas silvestres. Este hallazgo, según argumentan los responsables del estudio, promete ayudar a los agricultores a desarrollar variedades más sabrosas y sostenibles.*

*"Durante la domesticación y la mejora del tomate, los agricultores se centraron en potenciar los rasgos que aumentarían la producción, como el tamaño de la fruta y la vida útil, por lo que algunos genes involucrados en otros rasgos importantes de la calidad de la fruta y la tolerancia al estrés se perdieron durante este proceso", explica Zhangjun Fei, investigador del Boyce Thompson Institute (BTI).*

Entre los hallazgos más sorprendentes derivados de esta investigación estaría el conocido como 'TomLoxC', uno de los genes que marca la diferencia entre las variedades comerciales y las silvestres. Este gen podría influir en el sabor de la fruta al catalizar la biosíntesis de varios lípidos, unos compuestos volátiles que se evaporan fácilmente y que, por lo tanto, contribuyen al aroma del tomate.

"TomLoxC parece, según su secuencia, estar involucrado en la producción de estos compuestos a partir de grasas", explica Giovannoni. "También descubrimos que produce compuestos de sabor a partir de carotenoides, que son los pigmentos que hacen que un tomate sea rojo", añade el investigador.

A partir de este hallazgo, los investigadores consideran que el pangenoma del tomate podría beneficiar a la producción agrícola y al propio consumidor. "¿Cuántas veces han escuchado a alguien decir que los tomates de la tienda simplemente no están a la altura de las variedades tradicionales? Este estudio explica por qué se produce este fenómeno y, sobre todo, cómo conseguir que los tomates vuelvan a tener un mejor sabor", dictamina Clifford Weil, director del programa del Programa de Investigación del Genoma de Plantas de la NSF.

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/https://www.elperiodico.com/es/ciencia/20190513/genes-devolver-sabor-tomates-7452905](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elperiodico.com/es/ciencia/20190513/genes-devolver-sabor-tomates-7452905))

### Observaciones al docente

Una de las preconcepciones recurrentes sobre el tema del sabor del tomate tiene relación con que los tomates que venden en los supermercados fueron modificados genéticamente para durar más tiempo; es decir, corresponde a una planta transgénica. Al respecto, el texto explicita que se produjo la selección de características específicas, lo cual no implica la introducción o eliminación de genes por técnicas de ADN recombinante; es decir, el tomate de supermercado, llamado "larga vida" no es transgénico.

En cualquier caso, aproveche la instancia para analizar el origen de las preconcepciones de sus estudiantes y reflexione cómo puede resultar un obstáculo para los Objetivos de Aprendizaje de la unidad.

### III. Expresión de una secuencia genética

- En grupos pequeños (2 a 3 personas), los estudiantes desarrollan un ejercicio de expresión genética a partir de una secuencia que representa un gen.
- De acuerdo a la siguiente secuencia de ADN:

3' - TACGCTTTTACGTCTCAGATC - 5'  
5' - ATGCGAAAATGCAGAGTCTAG - 3'

- Determinan la hebra molde y la hebra codificante, argumentando su elección.
- Transcriben la secuencia del ADN anterior para representar la síntesis del ARNm.
- Comparan las secuencias de ADN y ARNm, determinando semejanzas y diferencias en cuanto al número de hebras de cada molécula, la presencia de timina y uracilo, el sentido de las secuencias de nucleótidos y su función.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

- Utilizando el código genético, traducen la secuencia de ARNm producida para representar la síntesis de un péptido.
- Comparan los péptidos generados a raíz de sus secuencias de ADN, señalando semejanzas y diferencias.
- Analizan los efectos que tendría, en la síntesis del péptido, si el codón de inicio o el codón de término no se encontrasen en su secuencia del ARNm.
- Buscan información acerca de los tipos de ARN que se utilizan para la síntesis de proteínas, describiendo sus características estructurales y sus funciones específicas en el proceso de expresión génica. Luego, registran sus hallazgos en una tabla comparativa.

### Observaciones al docente

Al entregar ambas hebras a los estudiantes, les permitirá evaluar de mejor manera el modelo que tienen sobre expresión genética, ya que implica discriminar cuál es la hebra codificante (5'→3') y cuál es la hebra molde (3'→5').

La secuencia del ARNm que se genera es: 5' - AUGCGAAAUGCAGAGUCUAG - 3'

La transcripción del ADN implica el uso de la hebra molde (3'→5') para producir una molécula de ARNm, que tiene el sentido 5'→3'.

Note la semejanza entre secuencia de la hebra 5'→3' del ADN (hebra codificante) y el ARNm, diferenciándose solo en que el ARN posee uracilo en vez de timina.

Desarrolle diversas secuencias de ADN para cada grupo, de tal forma que los estudiantes comparen los productos que van generando.

La secuencia de aminoácidos del péptido que se genera es: **Met- Arg – Lys – Cys – Arg – Val** - (Término).

Note que la secuencia comienza con un codón de inicio, que equivale al aminoácido metionina (AUG) y culmina con uno de tres codones de término existentes. Así, todas las secuencias de ADN entregadas a los estudiantes deben incluirlas. Para facilitar su representación, el ejercicio implica solo la síntesis de péptidos y no de proteínas.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Modelan el flujo de la información genética, que considera ADN, genes, diversos tipos de ARN, código genético y proteínas.
- Evalúan la validez del dogma central de la biología molecular desde una perspectiva histórica y funcional, analizando sus alcances y limitaciones.
- Relacionan la replicación del ADN y su relación con el ciclo celular, describiendo sus procesos moleculares.
- Analizan las relaciones entre los procesos de transcripción y de traducción, en el contexto de la expresión genética.



## RECURSOS Y SITIOS WEB



### Estructura del ADN

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/dna-as-the-genetic-material/dna-discovery-and-structure/a/discovery-of-the-structure-of-dna](https://es.khanacademy.org/science/biology/dna-as-the-genetic-material/dna-discovery-and-structure/a/discovery-of-the-structure-of-dna)
- [www.curriculumnacional/link/https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-56185/02-Estructura%20de%20los%20%C3%A1cidos%20nucl%C3%A9icos.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-56185/02-Estructura%20de%20los%20%C3%A1cidos%20nucl%C3%A9icos.pdf)

### Transcripción

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/overview-of-transcription](https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/overview-of-transcription)

### Diversidad biológica

- [www.curriculumnacional/link/https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/expresion-genica/](https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/expresion-genica/)

## Actividad 2. ¿Por qué si tenemos el mismo origen, desarrollamos diversos tipos celulares?

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Analizar los diferentes puntos de control que poseen las células eucariontes para regular la expresión genética, relacionados con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta, por ejemplo, a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer y que permitirán comprender las distintas funciones que presentan las células en el organismo, a pesar de tener el mismo origen.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

### ACTITUDES

Pensar con autorreflexión y autonomía para gestionar el propio aprendizaje, identificando capacidades, fortalezas y aspectos por mejorar.

### DURACIÓN

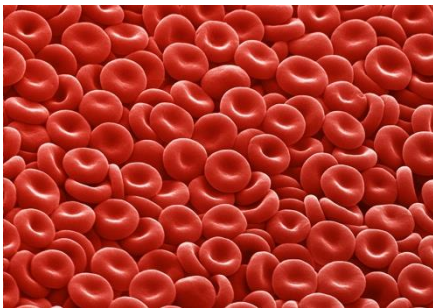
10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

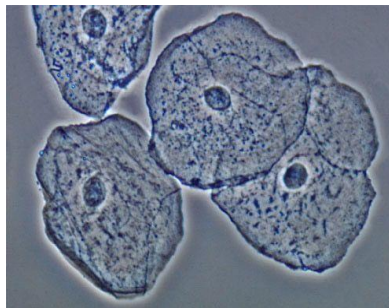
### I. Identificando el origen y la diferenciación celular

- Tomando como referencia los distintos péptidos producidos en la actividad anterior (actividad 1: “Estructura y expresión de la información genética”), los estudiantes reflexionan respondiendo a la siguiente pregunta: **¿qué consecuencias se podrían presentar, tanto en la estructura como en la función celular de los organismos, si los péptidos cumplen distintas funciones?**
- Observan las siguientes imágenes, que muestran la forma de tres tipos de células del cuerpo humano y reflexionan mediante preguntas orientadoras sobre las posibles causas de dichas diferencias.

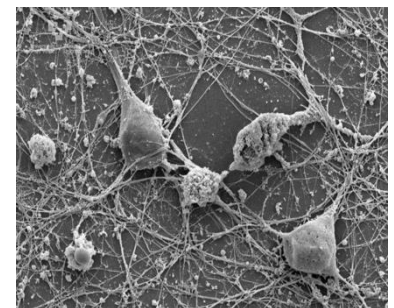
#### ¿Por qué son distintas las células de mi cuerpo?



Eritrocitos (Fuente: John kalekos of Massachusetts image distribution for Science and Learning)



Células epiteliales de la mucosa bucal (Fuente: celulasepiteliales.com)



Neuronas (Fuente: Asier Ruiz)

- Responden preguntas como las siguientes:
  - ¿Qué funciones cumple cada una de las células de las imágenes anteriores?
  - ¿Qué factores determinan las diferencias celulares en cuanto a estructura y función?
  - ¿Qué tipo de relación se puede establecer entre la estructura y la función celular?

#### Observaciones al docente

La actividad permite indagar las preconcepciones de los estudiantes sobre la diferenciación celular. Al respecto, es común que antepongan la función sobre la estructura, es decir, que la función celular determina que tengan una estructura específica y no lo contrario. Si se presenta esta idea, tenga en cuenta las orientaciones entregadas en la unidad 1, ya que puede constituir un obstáculo importante en el aprendizaje de sus estudiantes.

- Establecidas las diferencias entre las células, los estudiantes observan un video donde se muestra el origen de un ser humano desde la fecundación hasta el desarrollo embrionario y fetal.
- Responden las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el origen de las células de un organismo?
- ¿Por qué, si provenimos de una única célula, se van generando diferentes tipos de ellas a medida que nos desarrollamos?
- Investigue el proceso de expresión genética en organismos procariontes y eucariontes, distinguiendo los procesos moleculares y la influencia de factores ambientales.

### Observaciones al docente

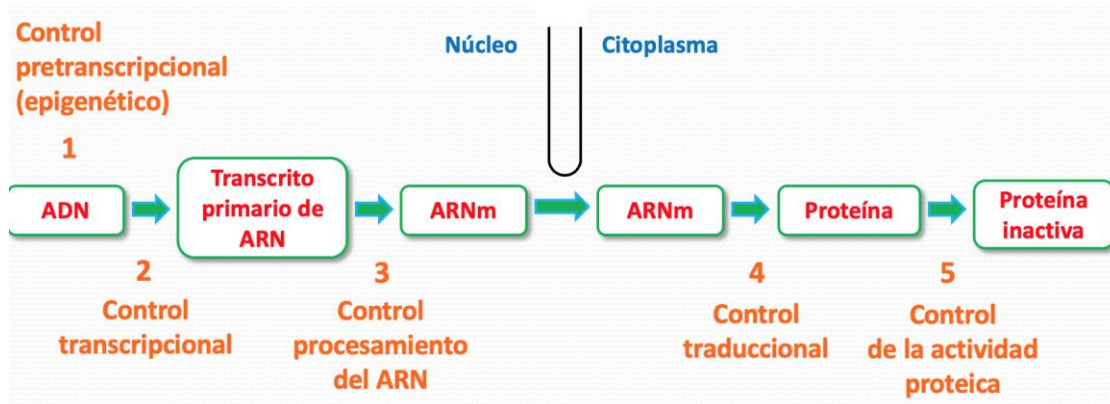
Un ejemplo de video que puede utilizar es el siguiente de origen francés: *L'odyssée de la vie* de Nils Tavernier, disponible en [www.curriculumnacional/link/https://vimeo.com/4015435](http://www.curriculumnacional/link/https://vimeo.com/4015435) (ver hasta 5' 08").

El foco de la actividad es determinar el origen único de las células del cuerpo, lo que genera un potencial conflicto cognitivo, ya que los estudiantes suelen pensar que las células son distintas porque tienen diferente información genética, por ejemplo, porque su ADN es distinto, sin considerar que provienen de una única célula (cigoto) y que las células de un mismo organismo poseen la misma información genética, siendo clave qué información se expresa y cómo lo hace para la diferenciación celular: esto da pie para la segunda parte de la actividad.

## II. La expresión genética está determinada por diversos puntos de control

- Usando los conocimientos de los procesos y estructuras implicados en la expresión génica de la actividad 1 de la unidad, los estudiantes elaboran un esquema con las principales fases del proceso, determinando posibles puntos de control ayudados por la orientación del docente.
- Como referencia, los puntos de control de la expresión genética son diversos y pueden representarse de la siguiente forma:

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Ciencias de la Salud 3° o 4° Medio:** OA 2.  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7.



- Expliquen la importancia que presentan los diferentes puntos de control de la regulación y la expresión genética en el organismo.

- Explique la relación que se establece entre la regulación de la expresión genética con la generación de enfermedades como el cáncer.

### III. Cada punto de control tiene un rol en la expresión genética

- En grupos, planifican y desarrollan una investigación bibliográfica sobre regulación de la expresión genética en el funcionamiento celular y el proceso de diferenciación celular, teniendo en cuenta:
  - Rol del punto de control en la expresión genética.
  - Estructuras involucradas.
  - Procesos involucrados.
  - Relación con otros puntos de control.
  - Participación en el origen de patologías o el proceso de diferenciación celular, como: ARN de interferencia, proteosomas y enfermedades neurodegenerativas, células troncales y factores de transcripción, splicing alternativo, apoptosis y cáncer; cáncer no familiar y epigenética.

#### Observaciones al docente

Para la investigación que realizarán los estudiantes, se sugiere considerar:

- Lenguaje y vocabulario científico apropiado.
  - Citar al menos tres fuentes confiables con autor, mediante formato APA por ejemplo.
  - Concretar la investigación en una presentación, usando los medios de que dispongan.
  - Definir el tiempo de presentación máximo que pueden emplear.
- El resultado de su investigación es presentado al curso mediante el uso de TIC y recursos audiovisuales.
  - Revisan su investigación de acuerdo a la retroalimentación recibida por el curso, identificando fortalezas y debilidades.
  - En grupos pequeños, generan una idea que resume cada punto de control y su relación con el proceso de diferenciación celular y patologías investigadas.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Investigan la expresión genética en organismos procariontes y eucariontes distinguiendo sus procesos moleculares y la influencia de factores ambientales.
- Relacionan la regulación de la expresión genética con los procesos de diferenciación y proliferación celular en contextos como el cáncer.
- Describen procesos celulares implicados en la reparación del ADN.
- Argumentan el rol de la regulación de la expresión genética en la ontogenia, la senescencia celular, el comportamiento y la generación de enfermedades.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Artículo sobre ideas previas y saberes de los estudiantes

- [www.curriculumnacional/link/https://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias/article/view/4309](http://www.curriculumnacional/link/https://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias/article/view/4309)

### Regulación Génica

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-regulation/gene-regulation-in-eukaryotes/a/overview-of-eukaryotic-gene-regulation](http://www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-regulation/gene-regulation-in-eukaryotes/a/overview-of-eukaryotic-gene-regulation)
- [www.curriculumnacional/link/http://fbio.uh.cu/sites/genmol/confs/conf7/index\\_euc.htm](http://www.curriculumnacional/link/http://fbio.uh.cu/sites/genmol/confs/conf7/index_euc.htm)

### Splicing alternativos y enfermedad

- [www.curriculumnacional/link/https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/76/splicing\\_alternativos\\_y\\_enfermedad](http://www.curriculumnacional/link/https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/76/splicing_alternativos_y_enfermedad)

### Epigenética y cáncer

- [www.curriculumnacional/link/https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/47/epigenetica\\_y\\_cancer](http://www.curriculumnacional/link/https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/47/epigenetica_y_cancer)

### Aplicaciones terapéuticas

- [www.curriculumnacional/link/https://www.medigraphic.com/pdfs/bioquimica/bq-2009/bq091e.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://www.medigraphic.com/pdfs/bioquimica/bq-2009/bq091e.pdf)

### Control diferenciación celular

- [www.curriculumnacional/link/https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/view/815](http://www.curriculumnacional/link/https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/view/815)



### Actividad 3. La biología de los mutantes

#### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Analizar la importancia y la relación de las mutaciones en la genética molecular, mendeliana y evolución, describiendo los tipos de mutaciones génicas, así como también sus causas y consecuencias en el fenotipo de los organismos y la generación de enfermedades, asociando su origen y permanencia a mecanismos de reparación del ADN.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3. Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación al flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.

OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

#### ACTITUDES

Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.

#### DURACIÓN

12 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Reflexionando acerca de los mutantes en la cultura popular

- Los estudiantes describen ejemplos sobre las mutaciones, tomando como referencia casos de mutantes en el cine y la televisión, describiendo el origen y consecuencias de cada uno de ellos, con el fin de establecer semejanzas, diferencias y relaciones entre ellos.
- De acuerdo a las respuestas de la actividad anterior, los estudiantes evalúan la validez de la información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizando sus alcances y limitaciones para el conocimiento científico.

#### Observaciones al docente

Los estudiantes pueden escoger sus ejemplos favoritos; son particularmente famosos los de la empresa Marvel. También pueden consultar páginas como la siguiente:

[www.curriculumnacional/link/https://www.vix.com/es/btg/cine/65953/los-9-mejores-mutantes-del-cine](http://www.curriculumnacional/link/https://www.vix.com/es/btg/cine/65953/los-9-mejores-mutantes-del-cine)

El tema de las mutaciones en la cultura popular y sus adaptaciones (la mayoría superpoderes) se enlaza con los conceptos e ideas de evolución, selección natural, adaptaciones biológicas y especiación, y tienen además un marcado componente ético y legal por temas de discriminación y derechos humanos. Se sugiere promover instancias de discusión sobre temas como diversidad, discriminación e inclusión, aprovechando que el contexto resulta muy interesante para los estudiantes.

- Reflexionan sobre el fundamento biológico de los mutantes abordados anteriormente, planificando y desarrollando una breve investigación sobre los tipos de mutaciones, sus causas y los efectos que tienen en el fenotipo, recopilando evidencias de estos casos.
- Su trabajo es compartido a la comunidad, ya sea a través de medios digitales (Blog, redes sociales, página web del colegio o asignatura) o físicos.

### II. Análisis de casos: los mutantes en la realidad

- Los estudiantes leen y analizan un texto que describe un caso estudiado de un mutante, relacionado con el efecto de las mutaciones en el fenotipo y su posible rol en la evolución biológica, y a continuación responden las siguientes preguntas, construyendo argumentos científicos:

- ¿Qué es una mutación?
- ¿Cuáles podrían ser las causas que dan origen a una mutación?
- ¿Qué tipo de mutaciones existen?
- ¿Qué consecuencias presentan las mutaciones en general?  
¿Cuál es el origen y la causa de la mutación descrita?

Conexión interdisciplinar:

**Ciencias de la Salud**

OA 2, 3° o 4° Medio.

**Matemáticas 3° Medio:**

OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

**Lengua y Literatura 3° o**

**4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).



- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias de la mutación de la miostatina con aquellas que generan una patología genética (como la anemia falciforme) o una condición como el albinismo?
- ¿Incluirías al individuo de esta mutación como un mutante presente en las películas o series de televisión revisados en la primera parte de la actividad? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Qué implicancias éticas, médicas y sociales se derivan del estudio de este caso?
- ¿Qué relación se puede establecer entre las mutaciones y la evolución de los organismos?

### **Un bebé excesivamente musculoso padece una mutación genética**

*Este descubrimiento puede llevar a nuevos tratamientos para enfermedades que conllevan pérdida de masa muscular*

*Un bebé alemán nacido con unos músculos inusualmente desarrollados ha llevado a los investigadores a estudiar los genes del bebé y seguir su crecimiento y desarrollo.*

*La esperanza es que el perfil genético del niño pueda dar pistas que ayuden a desarrollar tratamientos para enfermedades que conllevan pérdida de masa muscular, como la distrofia muscular. De hecho, los investigadores alemanes ya han descubierto que el niño tiene una mutación en el gen que produce la miostatina.*

*"La miostatina es un factor del crecimiento que regula la masa muscular durante el desarrollo embrional, así como después del nacimiento. La miostatina evita que los músculos crezcan excesivamente", afirmó el doctor Markus Schuelke, uno de los investigadores del estudio, profesor de genética molecular e investigador principal del departamento de neuropediatría del Centro Médico de la Universidad Charite de Berlín. Los científicos presentaron este descubrimiento en junio de 2004 en la revista New England Journal of Medicine.*

*Lo que resulta potencialmente atractivo del descubrimiento de esta mutación en los seres humanos es que esta investigación puede contribuir a desarrollar tratamientos contra las enfermedades que conllevan la pérdida de masa muscular. Otros estudios han revelado que, cuando los ratones tienen inactivos sus genes de miostatina, sus músculos crecen el doble que en ratones normales, afirmó Schuelke. Sin embargo, advirtió que los datos de seguridad a largo plazo todavía son una incógnita; por eso, cualquier posible terapia para seres humanos puede tardar todavía años en aparecer.*

*"Se debe realizar estudios en animales a largo plazo y con mucho cuidado, y observaciones de seres humanos con mutaciones de miostatina durante un largo periodo de tiempo antes de comenzar a realizar pruebas clínicas seguras que puedan servir para encontrar [algún tipo de terapia]", señaló.*

*La buena noticia es que Schuelke y sus colegas han podido realizar un seguimiento al niño durante casi cinco años, y parece que no sufre ningún efecto negativo a causa de su falta de miostatinas.*

*Schuelke examinó por primera vez al niño de recién nacido y comprobó los enormes músculos que tenían en la parte superior de las piernas y los brazos. Un examen con ultrasonidos confirmó que los músculos del niño eran casi el doble de grandes de lo esperado. Por otra parte, el bebé era totalmente normal.*

*Otros miembros de la familia del bebé también presentan una musculatura mayor a la media, pero sólo la madre se sometió a pruebas de ADN. Su madre había sido atleta profesional antes de quedar embarazada. Los investigadores estudiaron las posibles causas del excesivo desarrollo muscular del niño, como podrían ser un exceso de testosterona o un factor de crecimiento similar a la insulina, pero no hallaron niveles anormales.*

*Dado que el aumento muscular del bebé era similar al que se encontró en los ratones y en el ganado que no tenían el gen que produce la miostatina, los investigadores comprobaron el perfil genético de la madre y del bebé. Descubrieron que la madre tenía una mutación en una copia del gen de la miostatina y que ambas copias del gen de la miostatina del bebé eran defectuosas. Los humanos heredan una copia de cada gen de cada uno de sus padres.*

*El niño tenía 4 años y medio cuando se completó el estudio actual. Los investigadores están preocupados por los efectos en la salud del músculo cardíaco que puede tener esta mutación, pero por ahora su sistema cardiovascular parece normal.*

*Sin embargo, la doctora Elizabeth McNally, directora de investigación cardiovascular de la Universidad de Chicago, afirmó que el niño es todavía demasiado joven y que estos problemas podrían aparecer más adelante.*

*"Nuestra esperanza es que todo va a ir bien. En modelos de animales grandes, todo parece estar bien", señaló.*

*En un editorial que acompaña al estudio en la misma edición de la publicación, McNally afirmó que "este estudio documenta la efectividad que puede tener esta vía para el crecimiento muscular de los seres humanos y mi esperanza es que, por esta vía, podremos tratar a las personas que sufren desórdenes degenerativos".*

*Sin embargo, McNally también expresó su preocupación por el hecho de que la gente pueda utilizar cualquier potencial tratamiento para desarrollar su masa muscular para usos no terapéuticos.*

*"No conocemos las consecuencias médicas a largo plazo. Si padece una enfermedad como la distrofia muscular, los beneficios son mayores que los potenciales riesgos", apuntó McNally. Sin embargo, añadió que éste no es el caso de los atletas o de otras personas que quieran desarrollar su masa muscular. "Viendo los problemas que ha dado el uso de esteroides, sabemos que la gente hará lo que sea para que sus músculos crezcan, aunque tenga consecuencias negativas".*

### **Observaciones al docente**

El texto y las preguntas tienen un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), debido a las implicancias científicas y sociales del desarrollo excesivo de la musculatura y el rendimiento en el ejercicio, las competencias deportivas y el tratamiento de las personas con distrofia muscular.

Este enfoque propone la necesidad de considerar la ciencia y la tecnología como dos sistemas que interactúan intelectual y socialmente, así como la necesidad de seleccionar problemas y ejemplos de la vida cotidiana y no una enseñanza que enfatice la ciencia "pura", básica y descontextualizada (Prieto et al., 2012). Este propósito

exige la contextualización simultánea de los aspectos científicos, tecnológicos y sociales; puede profundizar en sus objetivos e implicancias en las referencias que se entrega al final de esta actividad.

- En pequeños grupos (2 a 3 personas), buscan información relacionada con casos de mutaciones génicas que generan trastornos en el funcionamiento del organismo (patologías), adaptaciones biológicas o con aplicaciones en la agricultura y ganadería.
- Analizan implicancias éticas, económicas, sociales y ambientales relacionadas con patologías o trastornos relacionados con las mutaciones y/o con aplicaciones en la agricultura y ganadería.
- Comunican sus resultados a la comunidad mediante afiches de divulgación científica.

### III. Ensayo sobre mutaciones y evolución

- Los estudiantes redactan individualmente un ensayo científico que aborda la siguiente pregunta: ***“¿Qué influencia tienen las mutaciones en la evolución de las especies?”***

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).

#### Observaciones al docente

Puede ayudar a sus estudiantes a profundizar en los aspectos que involucran los ensayos científicos, accediendo a la guía práctica elaborada por Miguel Benito para la editorial científica Elsevier, disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.com/es-es/connect/educacion-medica/guia-practica-como-hacer-un-ensayo-cientifico](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.com/es-es/connect/educacion-medica/guia-practica-como-hacer-un-ensayo-cientifico).

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Analizan mutaciones génicas, describiendo sus causas y consecuencias en el fenotipo.
- Explican los mecanismos que regulan la expresión génica, analizando las relaciones entre factores ambientales y el origen de patologías o condiciones genéticas hereditarias.
- Explican la relación entre gen, proteína y enfermedades genéticas, argumentando la importancia de la universalidad del código genético en el contexto de mutaciones.
- Analizan críticamente implicancias éticas, económicas, sociales y ambientales al presentar ciertas condiciones genéticas derivadas de mutaciones.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



### Mutaciones

- [www.curriculumnacional/link/https://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIIC1Mutations.shtml.html](http://www.curriculumnacional/link/https://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIIC1Mutations.shtml.html)
- [www.curriculumnacional/link/https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/noticia/tipos-mutaciones](http://www.curriculumnacional/link/https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/noticia/tipos-mutaciones)
- [www.curriculumnacional/link/https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0\\_0\\_0/evo\\_18\\_sp](http://www.curriculumnacional/link/https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_18_sp)
- [www.curriculumnacional/link/http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/169148-Mutaciones-utiles-para-la-mejora-genetica-de-hortícolas.html](http://www.curriculumnacional/link/http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/169148-Mutaciones-utiles-para-la-mejora-genetica-de-hortícolas.html)

### Alimentos transgénicos

- [www.curriculumnacional/link/https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/14625/4\\_Prieto\\_et\\_al\\_2012.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://www.curriculumnacional/link/https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/14625/4_Prieto_et_al_2012.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

### Artículo sobre educación científica con enfoque CTSA

- [www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v7n5/art04.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v7n5/art04.pdf)

## Actividad 4. La epigenética: un cambio de paradigma

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Analizar cómo el ambiente influye en la expresión de los genes de un individuo a través de la epigenética, así como el posible impacto que tiene en la descendencia y en el desarrollo de trastornos y enfermedades, mediante el uso de modelos que expliquen la influencia de la epigenética en el ser humano.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

### ACTITUDES

Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. ¿Son idénticos los gemelos?

- Los estudiantes observan las siguientes imágenes y responden las preguntas a continuación.



(Fuente: elaboración propia)

- ¿Cómo se originan los gemelos?
  - ¿Por qué se dice que los gemelos son idénticos?
  - ¿Qué características presentan los gemelos que los distinguen de los mellizos?
- Luego leen y analizan un texto sobre las diferencias de los gemelos monocigóticos y la influencia del ambiente en su desarrollo, guiados por las siguientes preguntas relacionadas con la expresión genética y su efecto en el fenotipo.
- ¿Por qué los gemelos monocigóticos son utilizados en el estudio y la expresión de sus genes?
  - ¿Cuál es la importancia de la epigenética?
  - ¿Cuál es la relación que se establece entre los gemelos monocigóticos y la epigenética?
  - ¿Con qué punto de control de la expresión genética se relaciona la epigenética?
  - ¿De qué manera mi cuerpo regula el efecto del ambiente sobre mis genes?
  - ¿Qué diferencia tendría la epigenética con la genética tradicional o mendeliana?
  - ¿Por qué la idea de “herencia de caracteres adquiridos” propuesta por Lamarck para explicar la evolución se está revisando sobre la base del conocimiento de la epigenética?

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Ciencias de la Salud 3° o 4° Medio:** OA 2.

### La clave que distingue a los gemelos

*El ambiente y el envejecimiento causan cambios diferenciales en la activación de los genes de dos hermanos idénticos*

*Los gemelos idénticos u monocigóticos son auténticos clones naturales, puesto que nacen con los mismos genes. Pero esta identidad genética no da lugar a dos personas iguales: con los años disminuye su parecido físico, tienen diferente susceptibilidad a las enfermedades, desarrollan personalidades distintas y hasta puede ocurrir que un gemelo sufra una enfermedad genética como el cáncer y el otro no. ¿Qué origina estas diferencias? "El ambiente" es una respuesta demasiado burda para un científico, pero hasta ahora no había otra. Un grupo de investigadores ha encontrado que la clave está en el epigenoma y la epigenética.*

*Las diferencias observadas en los gemelos (1 de cada 250 nacimientos) se deben a las variaciones de pequeñas marcas químicas del ADN, que en la especie humana contiene unos 25.000 genes. Los gemelos tienen el mismo genoma (los 25.000 genes iguales), pero difieren en su epigenoma (el patrón de marcas químicas), según ha constatado el equipo de Manel Esteller, director del Laboratorio de Epigenética del Cáncer del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO). La importancia de estas variaciones epigenéticas es que pueden activar o inhibir la expresión de algunos genes y esto es lo que explicaría, según los científicos, las diferencias físicas o de susceptibilidad a enfermedades.*

*"La epigenética", explica Esteller, "son los vestidos que cubren el ADN desnudo: vestidos transparentes que permiten ver el ADN y expresar los genes, o bien vestidos gruesos y opacos que protegen el ADN y no dejan ver los genes, reprimiendo su expresión". Las distintas características físicas y biológicas (fenotipo) que distinguen a dos gemelos se deben, según este investigador, a que sus genes (genotipo) estén más o menos tapados por el ropaje epigenético.*

*La investigación del grupo de Esteller se basa en la comparación del ADN de 80 gemelos españoles, 30 varones y 50 mujeres, de entre 3 y 74 años. Uno de los hallazgos clave es que las variaciones epigenéticas entre una pareja de gemelos son mayores cuanto más diferente sea su estilo de vida y mayor sea su edad, de acuerdo con el trabajo que publican hoy en Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).*

*La epigenética se revela, sobre todo a partir de esta investigación, como un puente entre el medio ambiente y la biología, como el mecanismo bioquímico que explica cómo actúan sobre los genes los factores ambientales, ya sea la contaminación, la dieta o el tabaquismo. Gracias a la epigenética, es posible entender cómo a partir de un mismo genotipo se pueden originar diversos fenotipos. "He aquí algo en lo que no repararon ni Mendel ni Watson y Crick [los pioneros de la genética]", ha dicho a propósito del trabajo de Esteller el director de la iniciativa pública del Proyecto Genoma Humano, Francis Collins.*

*Los gemelos tienen al nacer el mismo genoma y el mismo epigenoma, y lo que provoca la individualidad epigenética son los factores ambientales y el envejecimiento, "ambos por igual con nuestros datos actuales", según Esteller. Esto significa que, si el genoma es el libro de la especie y de nuestros antepasados, el epigenoma serían las anotaciones al margen que explican la vida de un individuo concreto.*

*Muchas enfermedades, desde el cáncer hasta trastornos mentales como la esquizofrenia, tienen un componente hereditario (genético) y otro ambiental (epigenético), y por eso en algunas parejas de gemelos, uno desarrolla esquizofrenia y el otro no. Para el desarrollo de un cáncer, cuentan por igual las*

*alteraciones genéticas (mutaciones) como las epigenéticas, según Esteller, pues "todos los tumores humanos tienen alterado su genoma y su epigenoma".*

*Las mutaciones que se pueden producir en los genes se transmiten siempre por la herencia, y ésta ha sido la base de la evolución biológica. Ahora, la epigenética aborda la herencia de los patrones de expresión de los genes, y en este sentido "rescata alguna de las viejas ideas del denostado Lamarck sobre la herencia de los caracteres adquiridos", afirma Esteller.*

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/https://elpais.com/diario/2005/07/12/salud/1121119204\\_850215.html](http://www.curriculumnacional/link/https://elpais.com/diario/2005/07/12/salud/1121119204_850215.html))

### Observaciones al docente

Las preguntas de reflexión permiten indagar las preconcepciones o ideas previas de los estudiantes sobre el origen de los gemelos, sus semejanzas y diferencias. Tenga en cuenta que es recurrente que piensen que provienen de la fecundación de un óvulo por dos espermatozoides al mismo tiempo, o que son idénticos en su fenotipo toda su vida. Las implicancias de las ideas previas en el aprendizaje de conceptos e ideas científicas fueron abordadas en la actividad 2 de esta unidad (revise el artículo sugerido).

## II. Analizando procesos epigenéticos

- Basados en recursos audiovisuales como *“¿Qué es la epigenética?”* de Carlos Guerrero-Bosagna, los estudiantes elaboran colaborativamente un modelo relacionado con los mecanismos epigenéticos y sus efectos en la expresión genética; el docente los orienta en su elaboración.

### Observaciones al docente

El recurso audiovisual sugerido se encuentra disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=\\_aAhcNjmvhc](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=_aAhcNjmvhc) y es parte de una lección de TED-Ed sobre qué es la epigenética. Está en inglés, pero puede habilitar los subtítulos en español.

Otra interesante analogía sobre el tema, referida al epigenoma, la presenta la revista científica Nature en el video *“Epigenome: The symphony in your cells”*, disponible en [www.curriculumnacional/link/https://youtu.be/W3Kg9w-srFk](http://www.curriculumnacional/link/https://youtu.be/W3Kg9w-srFk). Ahí se establece una similitud entre una sinfonía y la expresión genética: el ADN es la partitura, los instrumentos son las diferentes células, etc. Dado que se encuentra en inglés, puede trabajarlo en conjunto con la asignatura para aprovechar su relevancia pedagógica. Asimismo, ya que la analogía es principalmente musical, sería pertinente que también aproveche la conexión interdisciplinaria para potenciar la efectividad didáctica del recurso.

También puede desarrollar la analogía antes mencionada y profundizar conceptualmente en el tema en el Blog de la Revista Genética Médica, disponible en [www.curriculumnacional/link/https://revistageneticamedica.com/blog/que-es-epigenetica/](http://www.curriculumnacional/link/https://revistageneticamedica.com/blog/que-es-epigenetica/)



### III. ¿Cómo influye la regulación epigenética en los seres humanos?

- En grupos pequeños (2 a 3 personas), leen y analizan un artículo de divulgación científica que aborda un caso investigado de la influencia de la epigenética en las personas, reflexionan sobre las implicancias en sus vidas y en la sociedad, y responden preguntas orientadoras como las siguientes, construyendo argumentos científicos:
- ¿Qué relaciones podrían establecerse entre la epigenética, la psicología y la psiquiatría, teniendo como antecedentes la información aportada en el artículo?
  - ¿De qué manera se podrían profundizar los efectos en generaciones posteriores de los cambios epigenéticos en los seres humanos?

#### ¿Qué es la epigenética y cómo explica que los hijos hereden los traumas de los padres?

*En 1864, cerca del final de la Guerra Civil de Estados Unidos, las condiciones en los campos de prisioneros de guerra de la Confederación estaban en su peor momento. Hubo tal hacinamiento en algunos campamentos que los prisioneros, soldados del Ejército de la Unión del norte, tenían el espacio en metros cuadrados equivalente a una tumba. La cifra de muertes de los presos se disparó.*

*Para muchos de los que sobrevivieron, la desgarradora experiencia los marcó de por vida. Cuando la guerra acabó, volvieron con problemas de salud, peores perspectivas laborales y menor esperanza de vida. Pero el impacto de todos estos problemas no se limitó únicamente a quienes los sufrieron en primera persona. Los efectos se extendieron a los hijos y los nietos de los prisioneros, en una herencia que parecían pasar a través de la línea masculina de las familias.*

*Si bien los hijos y nietos no estuvieron en ningún campo de prisioneros de guerra, y pese a que no les faltó nada durante su infancia, sufrieron tasas de mortalidad más altas que el resto de la población en general.*

*Al parecer, los prisioneros transmitieron parte de su trauma a sus descendientes. Pero a diferencia de la mayoría de las enfermedades hereditarias, esto no se produjo como consecuencia de mutaciones en el código genético.*

#### **Herencia oscura**

*Los investigadores analizaron un tipo de herencia mucho más oscura: cómo las cosas que le pasan a alguien a lo largo de su vida pueden cambiar la forma en que se expresa su ADN, y cómo ese cambio puede transmitirse a la próxima generación.*

*Este es el proceso llamado científicamente epigenética, donde la legibilidad o expresión de los genes se modifica sin que se produzca un cambio en el código del ADN. Es decir, existen pequeñas etiquetas químicas que se agregan o eliminan de nuestro ADN en respuesta a los cambios en el entorno en el que vivimos.*

*Estas etiquetas activan o desactivan los genes, posibilitando la adaptación a las condiciones del entorno sin causar un cambio más permanente en nuestros genomas. El hecho de que estos cambios epigenéticos puedan transmitirse a las generaciones posteriores tendría unas implicaciones enormes. Supone que las*

*experiencias vividas por una persona, especialmente las traumáticas, tendrían un impacto muy real en su árbol genealógico.*

*Existe un número creciente de estudios que apoyan la idea de que los efectos de un trauma pueden transmitirse a las siguientes generaciones a través de la epigenética.*

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/ https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-48073817](http://www.curriculumnacional/link/https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-48073817))

#### IV. Ensayo sobre epigenética

- Los estudiantes redactan un ensayo científico que aborda la siguiente pregunta: **“¿Cambió la epigenética la comprensión de la relación entre los genes y el ambiente?”**

Conexión interdisciplinar:

**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).

**Ciencias de la Salud 3° o 4° Medio:** OA 2.

#### Observaciones al docente

Puede ayudar a sus estudiantes y profundizar en los aspectos que involucran los ensayos científicos, accediendo a la guía práctica elaborada por Miguel Benito para la editorial científica Elsevier, disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.com/es-es/connect/educacion-medica/guia-practica-como-hacer-un-ensayo-cientifico](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.com/es-es/connect/educacion-medica/guia-practica-como-hacer-un-ensayo-cientifico).

Un mapa mental es una representación física de la imagen que la persona se forma acerca del significado de un conocimiento. Una misma información puede representarse de muchas maneras, ya que refleja la organización cognitiva individual o grupal, dependiendo de la forma en que los conceptos o conocimientos fueron captados. Es una estrategia que permite desarrollar también la creatividad. El mapa mental consiste en una representación en forma de diagrama que organiza una idea o concepto central, rodeado por ramas conectadas a otras ideas o tópicos asociados. Y cada uno de ellos, a su vez, se considera como central de otras ramas.

Para realizarlo, se requiere uso de vocabulario preciso (técnico o científico), colores, imágenes, eventualmente software si se prefiere.

Para usar este recurso como evaluación formativa durante esta actividad, se sugiere establecer criterios de construcción y posterior evaluación como:

- Conceptos clave
- Jerarquía de conceptos e ideas
- Uso de ejemplos
- Interrelaciones

#### Referencias:

Frías, B. S. L., & Kleen, E. M. H. (2005). Evaluación del aprendizaje: alternativas y nuevos desarrollos. MAD. [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)  
[www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Describen la influencia de la epigenética, en la expresión génica, y su relación con los conceptos de fenotipo, genotipo y ambiente.
- Explican los mecanismos que regulan la expresión génica, analizando las relaciones entre factores ambientales y el origen de patologías o condiciones genéticas hereditarias.
- Argumentan el rol de la regulación de la expresión génica en la ontogenia, la senescencia celular, el comportamiento y la generación de enfermedades.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Epigenética y estudio de gemelos

- [www.curriculumnacional/link/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33252008000300009](http://www.curriculumnacional/link/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252008000300009)
- Documento PDF:  
[www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v138n3/art18.pdf](https://www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v138n3/art18.pdf)

### Video sobre regulación de la expresión génica

- [www.curriculumnacional/link/https://youtu.be/d86lztZ2yrY](https://www.curriculumnacional/link/https://youtu.be/d86lztZ2yrY)

### Artículo sobre modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales

- [www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf](https://www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf)

### Elaboración mapas mentales

- [www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping](http://www.curriculumnacional/link/http://www.inspiration.com/visual-learning/mind-mapping)
- [www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/](https://www.curriculumnacional/link/https://trabajoypersonal.com/que-es-un-mapa-mental/)



## Actividad de Evaluación: “El rol del ambiente en el origen de patologías”

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3. Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación con el flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.

OA 4. Describir, sobre la base de evidencia, los mecanismos de regulación génica y explicar su relación con los procesos de diferenciación y proliferación celular en respuesta a estímulos ambientales, el envejecimiento y las enfermedades como el cáncer.

OA b. Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA d. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Relacionan la regulación de la expresión genética con los procesos de diferenciación y proliferación celular en contextos como el cáncer.
- Describen procesos celulares implicados en la reparación del ADN.
- Argumentan el rol de la regulación de la expresión genética en la ontogenia, la senescencia celular, el comportamiento y la generación de enfermedades.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

La evaluación consta de tres partes, las cuales pueden ser desarrolladas en conjunto o en forma independiente, según estime el docente y de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

### I. Analizando la genética del cáncer

- Los estudiantes leen y analizan el siguiente párrafo relacionado con la genética del cáncer, guiados por las siguientes preguntas:
  - Señalan las posibles causas de esta patología, indicando los principales factores de riesgo.
  - Explican cómo los genes y el ambiente inducen al desarrollo de esta enfermedad, con argumentos científicos.
  - ¿Cómo se relaciona la regulación de la expresión génica con la aparición de cáncer en las personas?

#### La genética del cáncer

*“El cáncer engloba un conjunto de enfermedades complejas que a nivel clínico se diferencian en aspectos como la edad de aparición, la tasa de crecimiento del tumor, su capacidad invasiva, evolución y respuesta al tratamiento. El cáncer es una enfermedad genética, consecuencia de una alteración del material hereditario, pero no siempre es hereditaria. La mayor parte de las mutaciones implicadas en el desarrollo del cáncer son mutaciones producidas en las células somáticas. La proporción de cánceres con componente hereditario es muy pequeña, menor del 5%. Hasta el momento se ha identificado más de 50 síndromes hereditarios de cáncer, enfermedades que predisponen a las personas portadoras de ciertas mutaciones a padecer ciertos cánceres”.*

(Extraído de: [www.curriculumnacional/link/https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica](http://www.curriculumnacional/link/https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica))

## II. Análisis de datos de cáncer de mama en Chile

- Los estudiantes analizan la siguiente infografía y buscan información relacionada con el desarrollo del cáncer y su influencia genética y/o ambiental. Responden las siguientes preguntas, utilizando vocabulario y argumentos científicos:

El **cáncer de mama** es el más frecuente en mujeres:



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/ https://www.clinicalascondes.cl/CENTROS-Y-ESPECIALIDADES/Centros/Centro-Clinico-del-Cancer/Unidad-de-Prevencion-del-Cancer/Previmama/cifras-estadisticas-cancer-mama](http://www.curriculumnacional/link/https://www.clinicalascondes.cl/CENTROS-Y-ESPECIALIDADES/Centros/Centro-Clinico-del-Cancer/Unidad-de-Prevencion-del-Cancer/Previmama/cifras-estadisticas-cancer-mama))

- ¿De qué manera los genes y el ambiente inducen al desarrollo de esta enfermedad en la población?
- ¿Se puede establecer alguna relación entre los conceptos de penetrancia y expresividad genética con el desarrollo del cáncer de mama en las mujeres?
- En relación con las mutaciones asociadas con esta patología, construyan un modelo que explique:
  - El mecanismo de control del ciclo celular, resaltando la importancia que tienen los reguladores Ras, p53 y Rb, entre otros.
  - El mecanismo de reparación del ADN y el rol de los genes BRCA, entre otros.

- ¿Cuál es la diferencia que se establece entre el diagnóstico genético y el diagnóstico molecular asociados a este tipo de cáncer?
- ¿Cuáles podrían ser las razones por las que el cáncer de mama es la primera causa de muerte en las mujeres en Chile?
- ¿Qué tipos de argumentos científicos evidencian el aumento y riesgo de este tipo de cáncer con la edad de la población?
- ¿Qué factores de riesgos y factores protectores están asociados a este tipo de cáncer en Chile?
- ¿Cómo han ayudado los avances científicos y tecnológicos tanto a la prevención como al tratamiento de este tipo de cáncer en Chile?
- ¿Se puede concluir que el ambiente presenta una mayor influencia, por sobre la genética, en el desarrollo del cáncer de mama?
- ¿Cuáles podrían ser esos factores ambientales que inciden en el desarrollo de este tipo de patologías?

### III. Investigando el rol del ambiente y su influencia en la generación de patologías

- En pequeños grupos (2 a 3 personas), planifican y desarrollan una investigación relacionada con las causas, consecuencias y tratamientos de diversos síndromes, trastornos y enfermedades de predisposición genética con una marcada influencia ambiental, como diabetes mellitus tipo 2, enfermedad de Parkinson, Alzheimer, esquizofrenia, hipertensión arterial, obesidad, entre otras. Evalúan la validez de la información recopilada.
- Analizan las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales que derivan de los tratamientos utilizados en diversos síndromes, trastornos y enfermedades.
- Argumentan el rol de la regulación de la expresión genética en la ontogenia, la senescencia celular, el comportamiento y la generación de enfermedades.
- Divulgan a la comunidad escolar, mediante un póster, los resultados del trabajo realizado, incluyendo un análisis del impacto personal y social del síndrome, trastorno o enfermedad investigada.

### Observaciones al docente

El principal objetivo de la actividad es abordar el principio fundamental de la genética del desarrollo; es decir, que “todo organismo es el resultado de una interacción única entre los genes y las secuencias ambientales, modulada por posibilidades fortuitas de crecimiento y división celular” (Lewontin, 2000). Esto implica que no estamos determinados sólo por los genes, sino que en el desarrollo se producen complejas interacciones entre estos, los factores de regulación del propio ADN y diversos factores ambientales.

El desarrollo de un organismo no depende sólo de los genes heredados de los progenitores, sino en general de factores ambientales, entre los que se incluyen, por ejemplo, la nutrición, la educación y el ambiente en el que los individuos se desarrollan. En otras palabras, el fenotipo no es una mera expresión de la información genética, sino el resultado de esta información y el ambiente, como muestra el aumento de estatura humana por la nutrición. Puede profundizar en estas ideas en el trabajo de Puig y Jiménez Alexandre del año 2015, cuyo enlace se encuentra disponible en los Recursos de esta evaluación.

Para realizar el póster se sugiere el siguiente formato, y la rúbrica que se presenta a continuación:

<b>Identificación</b>	
Título – Integrantes – Profesor – Establecimiento	
<b>Introducción</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen – Abstract</li> <li>• Relevancia del tema que se investiga</li> <li>• Objetivo(s)</li> <li>• Hipótesis</li> <li>• Definiciones conceptuales necesarias</li> </ul>	<b>Resultados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen de los resultados</li> <li>• Selección de los datos más relevantes en función del (de los) objetivo(s)</li> <li>• Tablas, gráficos y fotografías indispensables.</li> </ul>
<b>Metodología</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado de materiales y recursos utilizados</li> <li>• Diagrama o dibujo simple del montaje experimental</li> <li>• Descripción del procedimiento experimental</li> <li>• Variables de trabajo</li> <li>• Descripción de cómo se analizaron las variables</li> <li>• Confiabilidad de las evidencias experimentales</li> </ul>	<b>Conclusiones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comentarios sobre los resultados</li> <li>• Interpretación de los resultados</li> <li>• Conclusión en función del (de los) objetivo(s)</li> </ul>
	<b>Referencias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de las principales referencias bibliográficas y/o la webgrafía utilizada, con un formato establecido, por ejemplo, con las normas APA.</li> </ul>

Algunas de sus características generales que se sugieren son:

- Confeccionado en un pliego de papel de aproximadamente 80 cm x 120 cm.
- Usar un formato de letra pre establecido para todo el póster. Por ejemplo: Título, en negrita, al menos de tamaño 36. Encabezados de secciones, en negrita, de menor tamaño que el título, 24 o más. Texto, no usar negrita, de menor tamaño que encabezados, 20 o más.
- Ser legible al menos desde 1,5 m.
- Pulcro, ordenado y sin errores ortográficos.



- Para comprender la actividad realizada no se requiere información adicional a la contenida en el póster.
- No debe contener información irrelevante.

### Rúbrica para póster

Conceptos	Logrado 4	Medianamente logrado 3	Por lograr 2	No logrado 1
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están todas las secciones, ordenadas en forma lógica.</li> <li>• Las secciones se entienden con claridad.</li> <li>• El lenguaje científico utilizado es apropiado al nivel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están todas las secciones.</li> <li>• Hay que releerlas para entenderlas bien.</li> <li>• El lenguaje científico utilizado es básico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las secciones están incompletas.</li> <li>• Se requiere ayuda para entenderlas.</li> <li>• El lenguaje científico utilizado es deficitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No están las secciones.</li> <li>• Están mal redactadas, no se comprenden.</li> <li>• No se utiliza lenguaje científico.</li> </ul>
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El listado de materiales y recursos está completo y ordenado.</li> <li>• Las variables de trabajo están bien definidas.</li> <li>• El diagrama ilustra correctamente el montaje experimental.</li> <li>• La descripción del procedimiento experimental permite reproducirlo sin ayuda.</li> <li>• Las explicaciones sobre el procesamiento de las evidencias son claras y precisas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El listado de materiales y recursos está completo.</li> <li>• Las variables de trabajo están definidas.</li> <li>• El diagrama se entiende, pero tiene algunas imprecisiones.</li> <li>• La descripción del procedimiento experimental es básica pero se entiende.</li> <li>• Las explicaciones del procesamiento de las evidencias requiere algunas precisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El listado de materiales y recursos está incompleto y/o contiene algunos elementos no utilizados.</li> <li>• Se requiere precisión en la definición de las variables de trabajo.</li> <li>• Se requiere ayuda para entender el diagrama.</li> <li>• La descripción del procedimiento experimental requiere explicaciones adicionales.</li> <li>• Las explicaciones del procesamiento de evidencias es incompleto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No está el listado de materiales y recursos o está muy incompleto o erróneo.</li> <li>• Están mal definidas las variables de trabajo.</li> <li>• El diagrama experimental no está o no se entiende.</li> <li>• La descripción del procedimiento no está o no se entiende.</li> <li>• Las explicaciones del procesamiento de evidencias no está, no se entiende o está con errores.</li> </ul>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan los datos y evidencias relevantes en tablas, gráficos, fotografías u otros medios gráficos.</li> <li>• El resumen de los resultados es claro y preciso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan los datos y evidencias destacadas, en tablas, gráficos fotografías u otros medios, pero algunos no se relacionan con el (los) objetivo(s) de trabajo.</li> <li>• Hay que releer el resumen de resultados para comprenderlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay datos y evidencias relevantes que no se presentan en tablas, gráficos fotografías u otros medios.</li> <li>• Se requiere ayuda para entender el resumen de resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay presentación de datos y evidencias relevantes.</li> <li>• El resumen de los resultados no está o no se entiende.</li> </ul>
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están basadas en evidencias obtenidas en la investigación.</li> <li>• Se refiere(n) al (a los) objetivo(s) de la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay apreciaciones no basadas en evidencias de la investigación.</li> <li>• Hay apreciaciones no referidas al (a los)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay apreciaciones subjetivas no referidas al (a los) objetivo(s) de la investigación.</li> <li>• El lenguaje científico utilizado es deficitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No están o no están basadas en evidencias de la investigación.</li> <li>• No se utiliza lenguaje científico.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Están expresadas en un lenguaje científico apropiado al nivel.</li> </ul>	<p>objetivo(s) de la investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El lenguaje científico utilizado es básico.</li> </ul>		
Referencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencias completas y correctamente presentadas.</li> <li>• Conducen directamente a la información utilizada en la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencias correctamente presentadas, pero una o más que requiere más precisión.</li> <li>• Una o más no conducen directamente a la información utilizada en la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencias incompletas en su presentación.</li> <li>• No conducen directamente a la información utilizada en la investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No están.</li> </ul>

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Dogma central

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma](https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma)

### Genética del cáncer

- [www.curriculumnacional/link/https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica](https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/genetica)
- [www.curriculumnacional/link/https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/81/la\\_genomica\\_del\\_cancer\\_nuevas\\_preguntas](https://www.instituto-roche.es/biotecnologia/81/la_genomica_del_cancer_nuevas_preguntas)



### Artículo sobre modelo de expresión de los genes y el determinismo

- [www.curriculumnacional/link/https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2902](https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2902)

# Unidad 4

## Unidad 4. Analizando aplicaciones en biología celular y molecular

### Propósito de la unidad

Analizar investigaciones relevantes en el ámbito de la biología celular y molecular, permitiendo que los estudiantes reflexionen acerca de su desarrollo en Chile y el mundo, considerando las principales técnicas que han posibilitado el estudio y manipulación de organismos y su relación con la ingeniería genética y la biotecnología, y evaluando sus implicancias y controversias generadas producto de su desarrollo. Para este propósito, puede guiarse por preguntas como las siguientes: ¿de qué manera Chile contribuye al desarrollo de la biología celular y molecular?, ¿qué aplicaciones biotecnológicas actuales tienen mayor impacto en nuestras vidas?, ¿qué controversias existen en aplicaciones biotecnológicas?, ¿qué impacto tiene la investigación de la biología celular y molecular en otras áreas del conocimiento científico, en la tecnología y en la sociedad?

### Objetivos de Aprendizaje

OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

## Actividad 1. Biólogas y biólogos celulares y moleculares chilenos y su aporte al conocimiento

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Investigar los aportes de científicos y científicas chilenas en el área de la biología celular y molecular, evaluando su impacto en la vida de los ciudadanos y las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales que involucran las diversas investigaciones científicas y tecnológicas.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Pensar con apertura a distintas perspectivas y contextos, asumiendo riesgos y responsabilidades.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

El docente puede iniciar la unidad indagando las ideas y conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre aplicaciones biotecnológicas, estudiadas en años anteriores, como por ejemplo la manipulación genética en la producción de alimentos, detergentes, vestuario, fármacos, entre otras. Para ello, el docente puede diseñar y aplicar un instrumento tipo KPSI.

### I. Analizando la investigación hecha en Chile

- Los estudiantes reflexionan sobre la necesidad de realizar investigaciones científicas, utilizando el siguiente video: **“Hacer ciencia en Chile”**. (Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=Uxu6EnygEqY](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=Uxu6EnygEqY) TEDx Talks).
- Adicionalmente, analizan un texto relacionado con el rol de la ciencia en nuestro país, guiados por preguntas orientadoras como las siguientes:
  - ¿Qué objetivos tiene la investigación científica que se realiza en Chile?
  - ¿Qué relación existe entre la educación y la investigación científica?
  - ¿Cuáles son los principales desafíos de la investigación científica en Chile?
  - ¿Cuál es el rol del Estado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país?
  - ¿Cuáles con las implicancias sociales, ambientales y económicas de la ciencia y la tecnología en nuestro país?
  - ¿Cuál es la posición de Chile, en relación con el mundo, de la investigación realizada actualmente en el área de la biología celular y molecular?
  - ¿Qué relación se establece entre ciencia, tecnología y sociedad?
  - ¿Cómo podrían evaluar la validez de la información entregada en el texto?

#### El rol de la ciencia en Chile

*Todos los países, incluso aquellos considerados “desarrollados”, deben enfrentar una serie de desafíos cada vez más complejos, que ocurren de manera simultánea y que aparecen muchas veces sin previo aviso. Situaciones coyunturales nos puede alertar sobre estos desafíos y la necesidad de encontrar nuevas soluciones. Los países han ido aprendiendo que encontrar dichas soluciones es un proceso largo y complejo, y que muchas veces implica la inversión de cuantiosos recursos. Para abordar de manera exitosa este proceso, necesitamos conocimiento en distintas disciplinas del saber, el cual es generado tradicionalmente por los investigadores científicos, en universidades, centros públicos o empresas. La investigación científica, por ende, tiene una relevancia fundamental para todos los países, y Chile no es la excepción.*

*Nuestro país ha experimentado un avance importante en las últimas décadas en materia de desarrollo científico. Hoy contamos con más investigadores, diversos programas para financiar actividades de investigación, y el mundo hoy ofrece herramientas más avanzadas para abordar experimentalmente ciertas preguntas, lo que permite generar más y mejor conocimiento. Sin embargo, la magnitud y complejidad de los desafíos es creciente, y por ende se necesita no sólo mantener, sino potenciar nuestras capacidades en materia de desarrollo científico y de innovación. La ciencia tiene un rol importante que*

*jugar en la solución a nuestros problemas y desafíos, y es por ello que el apoyo del Estado es fundamental, y la participación de las empresas y otros actores del sector privado es también de enorme relevancia.*

*¿De qué manera la ciencia contribuye a resolver los desafíos que enfrentan los países? En primer lugar, permite generar conocimiento que resulta fundamental para tomar decisiones. Y, en aquellos casos en los que no resulta posible generar dicho conocimiento, la ciencia permite probar alternativas de manera sistemática y evaluar sus resultados. Por otro lado, la ciencia genera continuamente nuevas soluciones tecnológicas que pueden ser empleadas para solucionar diversos problemas públicos. Hoy, tecnologías que nacieron en universidades, muchos de ellos como producto de proyectos de ciencia básica o para fines distintos a los pensados originalmente, se emplean para resolver problemas en diversas áreas.*

*La ciencia chilena vive una etapa compleja e importante. La ciencia tiene un rol importante que jugar en el progreso de nuestro país, y muchos jóvenes esperan contribuir desde diversas disciplinas, en las ciencias sociales, biológicas, exactas, de los materiales, desde el campo de la innovación y muchos otros. ¿Qué estamos haciendo para no dejar pasar la gran oportunidad de integrar a estos miles de jóvenes al desafío de hacer de Chile un mejor país?*

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/https://www.redbionova.com/biovoce/el-rol-de-la-ciencia-en-chile/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.redbionova.com/biovoce/el-rol-de-la-ciencia-en-chile/))

### Observaciones al docente

Se sugiere revisar artículos sobre ideas que tienen los estudiantes acerca de la ciencia. Por ejemplo, el artículo propuesto por Fernández y colaboradores en 2002, que se puede revisar en [www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p477.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p477.pdf)

Al respecto, se puede invitar a los estudiantes a reflexionar sobre este tema, analizando la relación entre la educación y la investigación científica, para lo cual pueden consultar videos como el que se muestra en [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=385SNaIO3k0](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=385SNaIO3k0)

- Los estudiantes buscan información relacionada con los aportes de diversos científicos y científicas chilenas en el área de la biología celular y molecular, evaluando su impacto en la vida de los ciudadanos y en la sociedad.
- Analizan las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de los diversos aportes de científicos a la ciencia y la tecnología de nuestro país.
- Divulgan sus investigaciones a la comunidad escolar mediante afiches informativos, infografías o generando una revista electrónica.

### Observaciones al docente

La investigación en Chile en el área de la biología celular y molecular es diversa y puede llegar a ser compleja de comprender para los estudiantes; por lo tanto, actúe como mediador y participante activo en las investigaciones que ellos realicen, lo que será una instancia de enriquecimiento profesional para usted.

Algunos investigadores que pueden consultar sus estudiantes son:

-**Cecilia Hidalgo**, bioquímica. Primera doctora en ciencias de la Universidad de Chile. 1ª mujer en recibir el Premio Nacional de Ciencias Naturales por su experiencia en el ámbito internacional en el campo de la regulación del calcio intracelular. Actual Presidenta de la Academia Chilena de Ciencias. Dirige también el Laboratorio de Transducción de Señales Mediadas por Calcio en la U. de Chile. ([www.curriculumnacional/link/https://cmcmed.cl/laboratorios/transduccion-de-senales-mediadas-por-calcio/](http://www.curriculumnacional/link/https://cmcmed.cl/laboratorios/transduccion-de-senales-mediadas-por-calcio/))

-**Claudio Hetz**, director del Instituto de Neurociencia Biomédica (BNI, [www.curriculumnacional/link/https://www.bni.cl/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.bni.cl/)). Estudia cómo la perturbación en la función de los organelos subcelulares, como el retículo endoplasmático (ER), se relaciona con enfermedades neurodegenerativas. En particular, estudia la contribución de las respuestas al estrés que se inician en el ER en enfermedades como trastornos por priones, la esclerosis lateral amiotrófica (ELA), la enfermedad de Huntington, enfermedad de Parkinson, además de la lesión de la médula espinal.

-**María Inés Barria**, bióloga, doctora en microbiología, investigadora UDEC. Recientemente ha desarrollado una vacuna de anticuerpos monoclonales para prevenir y tratar el virus Hanta, que aún está en fase pre-clínica, pero con esperanzadores resultados.

-**Juan Carlos Sáez**, vicepresidente del Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso (CINV, [www.curriculumnacional/link/https://cinv.uv.cl/](http://www.curriculumnacional/link/https://cinv.uv.cl/)). Estudia la regulación y el papel funcional de canales de membrana formados por conexinas o panexinas, que son proteínas expresadas por la mayoría de las células de los vertebrados. Según él, es importante dejar claro que el problema básico en algunas enfermedades crónicas, como la distrofia o la epilepsia, es la inflamación.

-**Alexis Kalergis**, bioquímico, doctor en microbiología e inmunología, director del Instituto Milenio de Inmunología e Inmunoterapia (IMI, [www.curriculumnacional/link/http://www.imii.cl/](http://www.curriculumnacional/link/http://www.imii.cl/)). En su grupo han desarrollado una vacuna contra el virus sincicial, que actualmente está en fase clínica para su potencial aplicación en humanos. De funcionar, esta vacuna podría solucionar uno de los principales problemas de salud pública que afectan al país.

-**Verónica Burzio**, bioquímica y doctora en biología celular, molecular y neurociencia de la Universidad de Chile. Verónica está dentro de un equipo de investigación que desarrolló un método para aniquilar las células cancerígenas sin causar daño al resto del organismo.

([www.curriculumnacional/link/https://www.conicyt.cl/blog/2015/11/10/veronica-burzio-chile-ganara-la-carrera-contra-el-cancer/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.conicyt.cl/blog/2015/11/10/veronica-burzio-chile-ganara-la-carrera-contra-el-cancer/))

-**Luis Larrondo**, bioquímico y doctor en biología celular y molecular. Director del Instituto Milenio de Biología Integrativa de Sistemas y Sintética, iBio ([www.curriculumnacional/link/http://www.iniciativamilenio.cl/ibio/](http://www.curriculumnacional/link/http://www.iniciativamilenio.cl/ibio/)). Durante sus años de investigación, este científico ha sido pionero en redefinir los mecanismos moleculares de los ritmos circadianos y también al identificar por primera vez cómo la regulación circadiana impacta en la virulencia en un hongo patogénico.

-**Fabiola Osorio**, doctora en inmunología y patología molecular, ([www.curriculumnacional/link/https://dcb.med.uchile.cl/fabiola-osorio-olivares/](http://www.curriculumnacional/link/https://dcb.med.uchile.cl/fabiola-osorio-olivares/)). Su investigación tiene como objetivo entender cómo las señales de estrés celular contribuyen a la generación de una respuesta inmune efectiva. El conocimiento derivado de esta investigación es relevante para comprender en profundidad los mecanismos por los cuales las perturbaciones de la homeostasis celular regulan procesos como la resistencia y tolerancia a patógenos, la autoinmunidad y el cáncer entre otros.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Analizan las principales investigaciones en biología celular y molecular a nivel mundial, investigando sus propósitos y evaluando sus alcances y limitaciones.
- Argumentan aportes de investigadores chilenos en el desarrollo de conocimiento en biología celular y molecular, describiendo la relevancia de sus aplicaciones en la vida de las personas.



## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Artículo sobre la ciencia en Chile

- [www.curriculumnacional/link/https://chilecientifico.com/los-actores-olvidados-de-la-ciencia-chilena/](http://www.curriculumnacional/link/https://chilecientifico.com/los-actores-olvidados-de-la-ciencia-chilena/)

### Redibionova

- [www.curriculumnacional/link/https://www.redbionova.com/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.redbionova.com/)

### Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular de Chile

- [www.curriculumnacional/link/http://www.sbbmch.cl/](http://www.curriculumnacional/link/http://www.sbbmch.cl/)



### Sociedad de Biología Celular de Chile

- [www.curriculumnacional/link/https://sbcch.cl/](http://www.curriculumnacional/link/https://sbcch.cl/)

### Sociedad de Biología de Chile

- [www.curriculumnacional/link/https://www.biologiachile.cl/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.biologiachile.cl/)

### Red de investigadoras

- [www.curriculumnacional/link/http://redinvestigadoras.cl/](http://www.curriculumnacional/link/http://redinvestigadoras.cl/)

## Actividad 2. Creando bacterias recombinantes sin ir al laboratorio

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Utilizando su imaginación y creatividad, analizan la tecnología del ADN recombinante mediante la resolución de un problema que implica modelar un organismo modificado para la síntesis de una proteína ajena a él. Para ello, investigan sus aplicaciones en el ámbito de la salud humana y evalúan diversas implicancias derivadas de su proyecto científico.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.

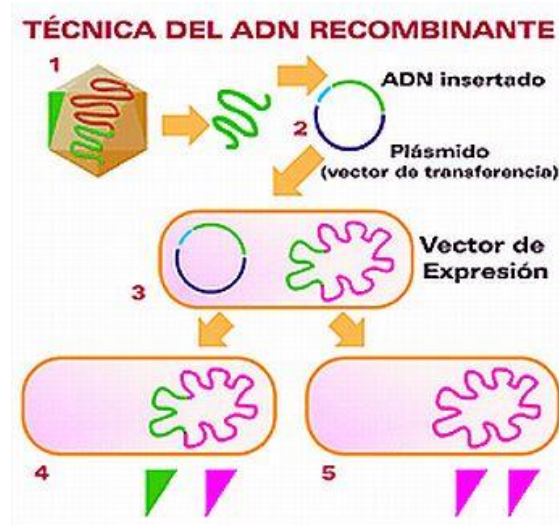
### DURACIÓN

14 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Analizando la tecnología del ADN recombinante

- Los estudiantes analizan la siguiente imagen y responden las preguntas a continuación.



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/http://apps.sanidadanimal.info/cursos/enfermedades-infecciosas-porcinas/4/galeria/paginas/adn\\_recom.htm](http://www.curriculumnacional/link/http://apps.sanidadanimal.info/cursos/enfermedades-infecciosas-porcinas/4/galeria/paginas/adn_recom.htm))

- Explique la técnica del ADN recombinante
  - ¿Qué es el plásmido? ¿Cuál es su rol en la técnica analizada?
  - ¿Por qué se utilizan bacterias en esta técnica biotecnológica?
  - Discuta sobre las ventajas y desventajas de esta técnica.
  - Investigue aplicaciones de esta técnica en el área de la biotecnología.
  - Reflexione ¿Qué implicancias éticas, sociales y legales pueden surgir de aplicaciones donde se utiliza la técnica del ADN recombinante?
- Se presenta a los estudiantes un video como el siguiente, donde se explica brevemente qué es la diabetes mellitus, para contextualizar la necesidad de administrar insulina a las personas con diabetes mellitus tipo 1 mediante la creación de insulina, aplicando la técnica del ADN recombinante.

***OMS: Detener el aumento de la diabetes y tomar las medidas necesarias para vencerla***

[www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=10SjTF2Dp1E](https://www.youtube.com/watch?v=10SjTF2Dp1E)

(Fuente: World Health Organization (WHO))

- Los estudiantes reflexionan sobre la dificultad de obtener insulina humana para los diabéticos tipo 1 y de qué manera se obtenían antes del uso de bacterias recombinantes, mediante la lectura de la historia de la producción de insulina.

- Se desafía a los estudiantes a diseñar un proyecto de investigación que permita la creación artificial de una bacteria que produzca y secrete insulina humana al medio de cultivo.
- Para ello, en conjunto, proponen las diversas condiciones necesarias para la creación de su bacteria, que se van registrando en la pizarra.
- En pequeños grupos, buscan información relacionada con el ADN recombinante y una técnica implicada, ya sea en la clonación de ADN o en métodos de análisis del ADN.
- Contrastan las técnicas investigadas con las condiciones que mencionaron previamente para generar una bacteria que produzca y secrete insulina, generando una secuencia de pasos para ello.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7.  
**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

## II. Simulando la creación de una bacteria recombinante

- Los estudiantes modelan la creación de una bacteria recombinante que exprese el gen de la insulina humana (u otra proteína), utilizando material recortable que simula las técnicas anteriormente investigadas y la secuencia de pasos generada para el caso de la insulina.
- Señalan la importancia de su bacteria, destacando las utilidades que podría tener en un futuro cercano.
- Distinguen las ventajas y desventajas de la creación de su bacteria en diversos usos biotecnológicos.
- Discuten las implicancias éticas, económicas, sociales y ambientales que podrían derivarse de la creación y aplicación de su bacteria en al área de la biotecnología.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).  
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7.  
**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

## III. Investigando las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en el ámbito de la salud humana

- Los estudiantes buscan información relacionada con las diversas aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en el ámbito de la salud humana, como diagnóstico del VIH, producción de la hormona de crecimiento y el factor de coagulación VIII, síntesis de un antígeno de superficie del virus de la hepatitis B y producción de antibióticos, y señalan características de las aplicaciones, ventajas y desventajas, organismos involucrados, entre otros.
- Expliquen la importancia que se le asigna al uso de la ingeniería genética y su repercusión en la evolución de la biotecnología tradicional y moderna.

- Discuten las implicancias éticas, sociales, ambientales y económicas relacionadas con cada una de las técnicas analizadas anteriormente.
- Los resultados de la investigación son compartidos a la comunidad escolar mediante diversos medios audiovisuales.

#### Observaciones al docente

Se sugiere los siguientes enlaces para trabajar el problema desde el contexto histórico, médico y científico:

- [www.curriculumnacional/link/https://culturacientifica.com/2013/04/19/la-historia-de-la-insulina-90-anos-salvando-vidas/](http://www.curriculumnacional/link/https://culturacientifica.com/2013/04/19/la-historia-de-la-insulina-90-anos-salvando-vidas/)
- [www.curriculumnacional/link/https://diabetesmadrid.org/historia-del-tratamiento-de-la-diabetes/](http://www.curriculumnacional/link/https://diabetesmadrid.org/historia-del-tratamiento-de-la-diabetes/)

Registre las observaciones de sus estudiantes, ya que le servirán de base para contrastar con las técnicas relacionadas con la tecnología del ADN recombinante.

El siguiente enlace le puede servir de referencia para conocer los pasos necesarios para obtener un ADN recombinante:

[www.curriculumnacional/link/http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos3.htm](http://www.curriculumnacional/link/http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos3.htm)

Una excelente actividad que sirve para modelar la producción de una bacteria recombinante está en: [www.curriculumnacional/link/http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/18072017/eb/es-an\\_2017071813\\_9095206/0001/practica2.html](http://www.curriculumnacional/link/http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/18072017/eb/es-an_2017071813_9095206/0001/practica2.html)

Se recomienda que adapte o mejore el material de la actividad, teniendo en cuenta el nivel de sus estudiantes y los aportes que realizaron previamente.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Relacionan aplicaciones biotecnológicas con técnicas de biología celular y molecular, describiendo los mecanismos y manipulaciones que generan a nivel molecular.
- Comparan la biotecnología tradicional y moderna, describiendo el uso de ingeniería genética como un hito en su evolución.
- Investigan aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, y evalúan sus implicancias éticas, sociales y legales.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



### **Biotecnología**

- [www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/biology/biotech-dna-technology](https://es.khanacademy.org/science/biology/biotech-dna-technology)
- [www.curriculumnacional/link/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02551999000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02551999000200011)

### **Transgénicos: insulina**

- [www.curriculumnacional/link/https://naukas.com/2012/01/05/exitos-transgenicos-la-insulina/](https://naukas.com/2012/01/05/exitos-transgenicos-la-insulina/)

### **Enzimas de restricción**

- [www.curriculumnacional/link/http://www.porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El\\_Cuaderno\\_34.pdf](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_34.pdf)

### **Plásmido**

- [www.curriculumnacional/link/https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Plasmido](https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Plasmido)

### Actividad 3. Aplicaciones biotecnológicas al servicio de la humanidad

#### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Distinguir diversas técnicas y aplicaciones biotecnológicas que existen actualmente al servicio de la humanidad (por ejemplo, para la creación de alimentos o el tratamiento de ciertas enfermedades), comprender el mecanismo que utilizan para lograr sus objetivos y analizar críticamente las implicancias sociales, éticas, económicas y ambientales que surgen de su aplicación.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

#### ACTITUDES

Perseverar en torno a metas con miras a la construcción de proyectos de vida y al aporte a la sociedad y al país con autodeterminación, autoconfianza y respeto por sí mismo y por los demás.

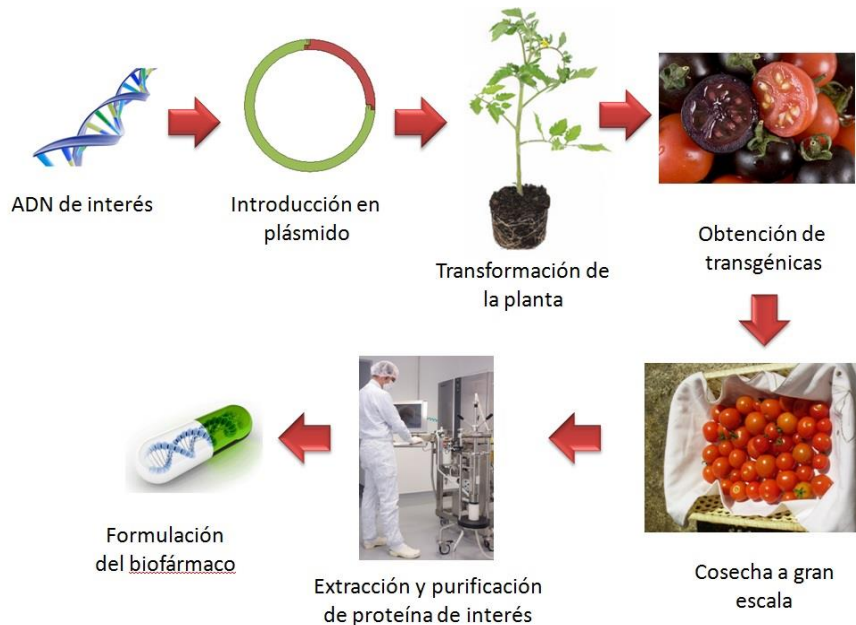
#### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### I. Analizando aplicaciones biotecnológicas

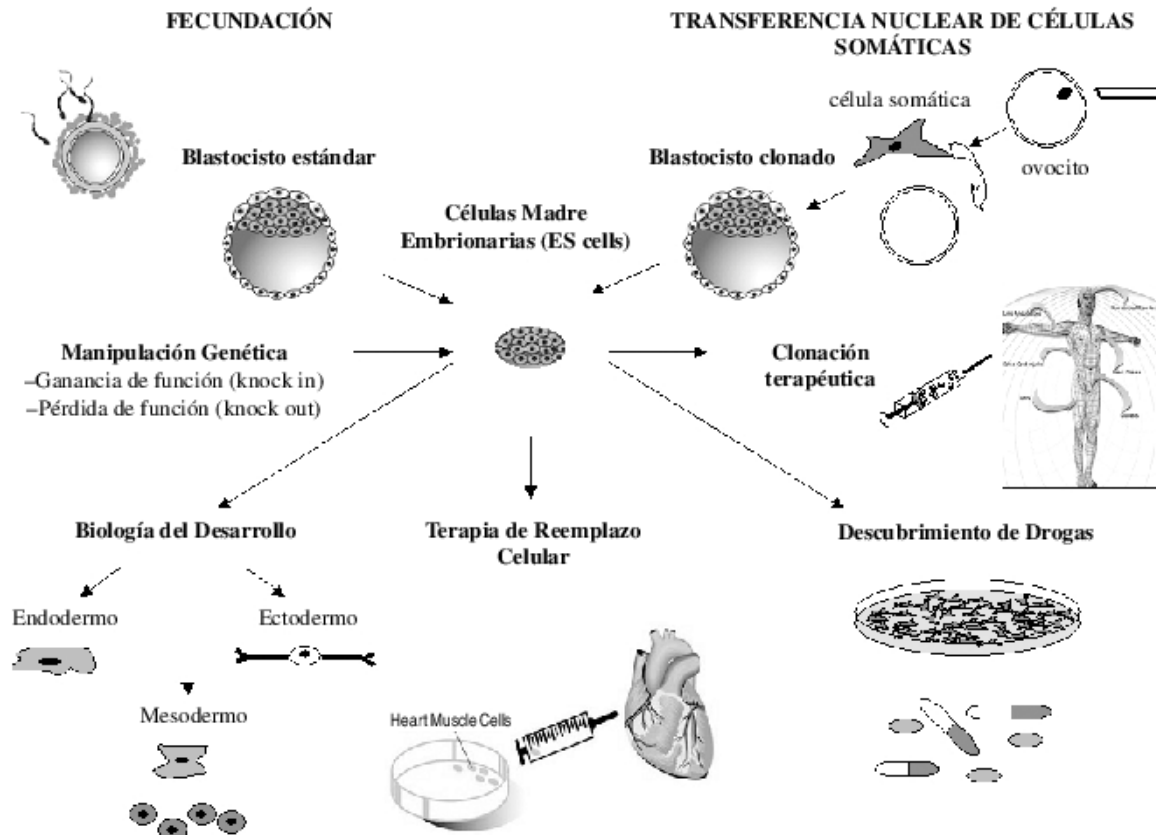
- Los estudiantes observan y analizan las siguientes imágenes vinculadas con diversas técnicas y aplicaciones biotecnológicas.
- En diversas fuentes, buscan información relacionada con las diversas aplicaciones biotecnológicas y responden las siguientes preguntas, utilizando argumentos y vocabulario científico.



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://naukas.com/2014/08/04/alimentos-transgenicos-frente-enfermedades-las-vacunas-del-futuro/](https://www.curriculumnacional/link/https://naukas.com/2014/08/04/alimentos-transgenicos-frente-enfermedades-las-vacunas-del-futuro/))

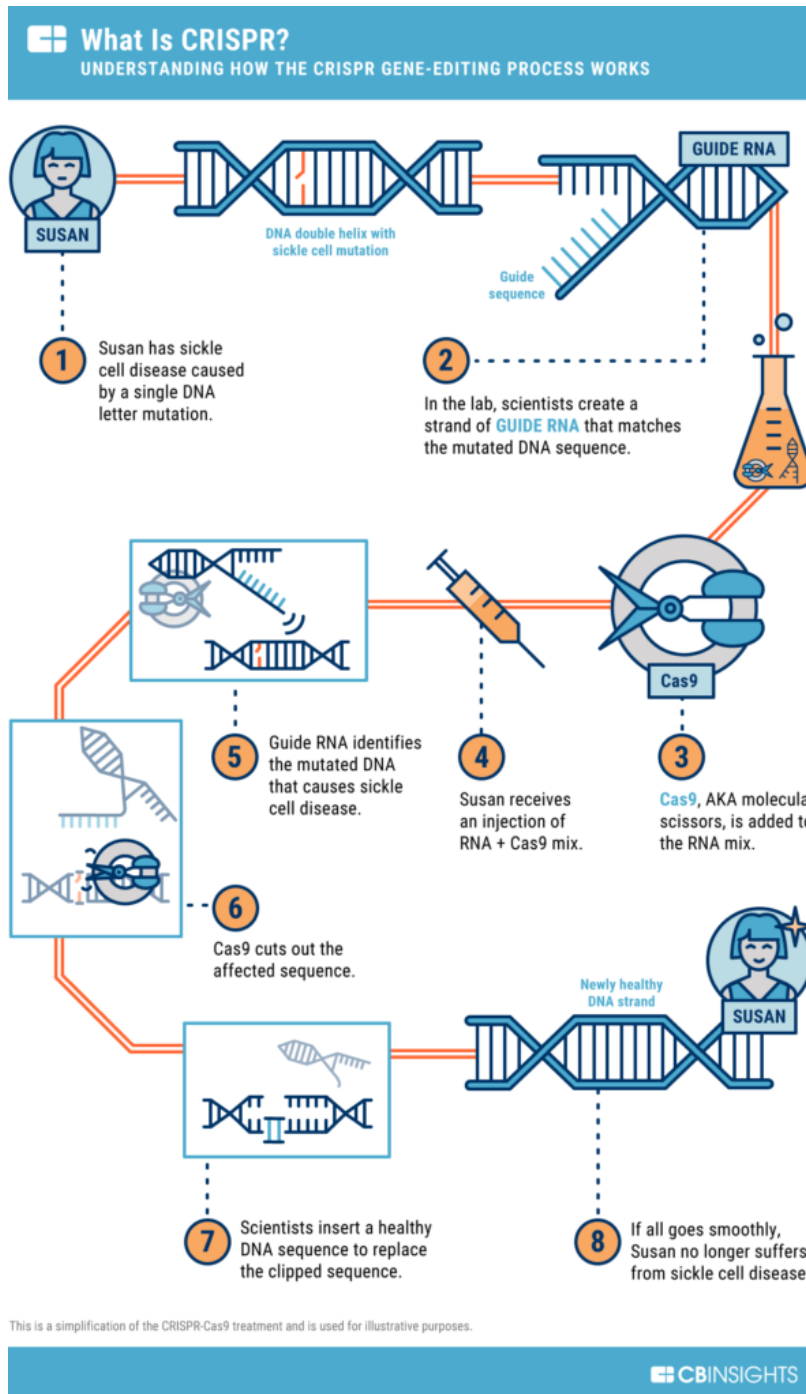
- Explique el proceso que da origen a los alimentos transgénicos.
- ¿Qué características presentan los alimentos transgénicos?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los alimentos transgénicos?
- Señale ejemplos de alimentos transgénicos originados gracias a la biotecnología, en el ámbito local y global.
- ¿Cuáles son las implicancias éticas, económicas y sociales que se derivan de la creación y el origen de los alimentos transgénicos?





(Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Usos-potenciales-de-las-celulas-madre-embrionarias-ES-cells-en-investigacion\\_fig2\\_262440692](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Usos-potenciales-de-las-celulas-madre-embrionarias-ES-cells-en-investigacion_fig2_262440692))

- ¿Qué son las células madre? ¿Qué características presentan? ¿De dónde provienen?
- ¿Cuál es la importancia de las células madre en el área de la biotecnología?
- Explique el mecanismo que se usa para obtener y preservar células madre. Construya un modelo del mecanismo.
- ¿Cuáles serían los potenciales usos de las células madre en el área de la medicina y la salud de las personas?
- ¿Por qué existen controversias respecto del uso de células madre embrionarias?
- ¿Qué es la clonación terapéutica y qué beneficios podría ofrecer a la medicina y la salud de las personas?
- ¿Cuáles son las implicancias éticas, económicas y sociales que se derivan del uso de células madre?



(Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://www.cbinsights.com/research/what-is-crispr/](https://www.curriculumnacional/link/https://www.cbinsights.com/research/what-is-crispr/))

- ¿Qué es la técnica CRISPR-Cas?
- ¿Cuáles son los objetivos de esta técnica biotecnológica?
- ¿Qué procedimiento usa esta técnica?
- ¿En qué áreas y/o disciplinas se podría desarrollar esta aplicación biotecnológica en nuestro país?

- ¿Qué ventajas y desventajas tiene la aplicación de esta técnica en las diversas áreas o disciplinas en nuestro país?
- ¿Qué implicancias éticas, económicas, sociales y ambientales surgen de la aplicación de esta técnica?

## II. Investigando el verdadero trabajo de un científico criminalista

- Los estudiantes reflexionan acerca del trabajo de un criminalista según la cultura popular (por ejemplo, en series de televisión), señalando las características de su labor, las áreas que puede desarrollar, y evalúan las similitudes y exageraciones.
- Luego leen y analizan un texto como el siguiente, que describe una implicancia de los programas que simulan el trabajo de la ciencia criminalística; la discusión se orienta con las siguientes preguntas:
  - ¿Qué preguntas te surgen tras la lectura de la noticia?
  - ¿Habías considerado que las series de televisión sobre el trabajo en criminalística exageraban los procedimientos que se realizan?
  - ¿Cuáles podrían ser las repercusiones que tiene el “efecto CSI” en la sociedad?
  - ¿Qué “licencias dramáticas” se toman en estas series que son difíciles que se produzcan en la realidad?

### ***Efecto CSI: el impacto de las series de ficción a la hora de analizar un caso criminal real***

*El fenómeno es objeto de estudio en el mundo y puede influir en la selección de los jurados; los procedimientos "ideales" planteados en los programas de TV pueden provocar visiones sesgadas de las pruebas.*

*Los crímenes que más hondo calan en la opinión pública despiertan, como parte de la discusión, un especial interés por las cuestiones investigativas. Peritajes, autopsias, estudios psicológicos y psiquiátricos. Rastrros, huellas, ADN... Todo eso pasa a formar parte de las discusiones. Y, para muchos, la terminología y las cuestiones relativas a la criminalística no son algo absolutamente desconocido. Las opiniones de los especialistas están al alcance de todos. Pero también lo están las de los "expertos" de ficción. Con todo ese "saber" a la mano, la línea divisoria entre realidad y guión se convierte en peligrosamente fina.*

*Se conoce como "efecto CSI" el impacto que las series de ficción han causado en la audiencia; enfoca hasta qué punto la espectacularidad y la celeridad de la ficción han influido en la percepción del público al explicarle cómo se desarrolla supuestamente una investigación criminal.*

*La influencia que ha tenido este tipo de ficción es innegable. Programas como CSI han impregnado la pantalla con relatos inspirados en casos reales, pero ficcionados, en los que se resuelve un crimen violento con una investigación fiable en una hora y con todas las variables controladas.*

*Las series de TV buscan entretener a su público utilizando recursos dramáticos, imágenes cuidadas de homicidios y las últimas técnicas. Muchos de estos avances son ciertos, aunque no siempre se accede a ese tipo de laboratorios ni de recursos, o el material a analizar no es suficiente o el tejido está demasiado deteriorado como para prepararlo y enviarlo al laboratorio.*

*Lo habitual es trabajar con datos que los especialistas procesan y que tardan en arrojar resultados. Los estudios genéticos a veces tardan hasta 20 días para condicionar las células para extracción de ADN cuando la sangre está hemolizada (glóbulos rojos deteriorados) y es imposible su extracción. También se trabaja con imágenes filmadas o fotografiadas que replican la escena de un crimen, la autopsia u otros procedimientos, provistas por los equipos intervinientes para documentar e ilustrar cada paso.*

(Adaptado de: [www.curriculumnacional/link/https://www.lanacion.com.ar/seguridad/efecto-csi-el-impacto-de-las-series-de-ficcion-a-la-hora-de-analizar-un-caso-criminal-real-nid2074690](http://www.curriculumnacional/link/https://www.lanacion.com.ar/seguridad/efecto-csi-el-impacto-de-las-series-de-ficcion-a-la-hora-de-analizar-un-caso-criminal-real-nid2074690))

### III. Analizando el ADN para determinar quien cometió un crimen

- Los estudiantes, reunidos en grupos, buscan información relacionada con las principales técnicas de investigación criminalística que involucran el análisis del ADN para identificar personas mediante la creación de perfiles genéticos, como los polimorfismos por número variable de repeticiones en tándem (VNTR), repeticiones cortas en tándem (STR) y polimorfismo de restricción (RFLP), así como las técnicas de PCR y electroforesis en gel de agarosa.
- Elaboran un esquema con los pasos necesarios para crear un perfil genético de las personas sospechosas de cometer un crimen.
- En grupos, aplican el trabajo anteriormente realizado a un caso simulado de identificación de un criminal, a partir de una imagen que representa un perfil genético hecho con marcadores polimórficos.
- Exponen sus resultados a los otros grupos, que actúan como expertos que confirman, rechazan o ponen en duda las conclusiones obtenidas.

Conexión interdisciplinar:

**Lengua y Literatura 3° o 4° Medio:** OA 6 (3°) o OA5 (4°).

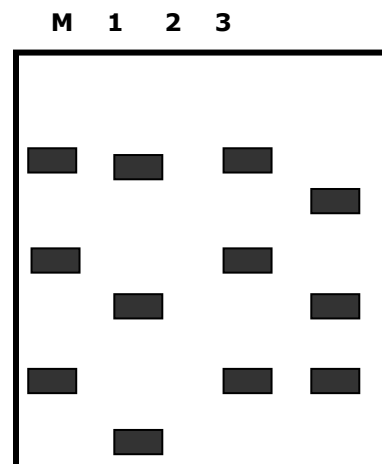
**Artes Visuales 3° o 4° Medio:** OA 3; OA 7.

**Matemáticas 3° Medio:** OA b; OA c; OA e; OA f; OA 1; OA 2; OA 3.

#### Observaciones al docente

Un ejemplo de perfil genético es el siguiente:

<b>M:</b> Muestra de sangre obtenida en la escena del crimen
<b>1:</b> sospechoso
<b>2:</b> sospechoso
<b>3:</b> sospechoso



En el perfil genético representado, el sospechoso 2 sería el criminal, ya que su perfil genético coincide con el de la muestra de sangre.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser

- Relacionan aplicaciones biotecnológicas con técnicas de biología celular y molecular, describiendo los mecanismos y manipulaciones que generan a nivel molecular.
- Investigan aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, y evalúan sus implicancias éticas, sociales y legales.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



### Efecto CSI

- [www.curriculumnacional/link/https://www.criminalfact.com/l/el-efecto-csi/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.criminalfact.com/l/el-efecto-csi/)

### Diversidad del genoma humano

- [www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-diversidad-del-genoma-humano-los-13031745](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-diversidad-del-genoma-humano-los-13031745)

### Técnica PCR

- [www.curriculumnacional/link/https://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/rincon-profesor-ciencias/articulos-divulgacion-cientifica/3194-35-anos-de-la-pcr-la-tecnica-que-revoluciono-la-biologia-molecular](http://www.curriculumnacional/link/https://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/rincon-profesor-ciencias/articulos-divulgacion-cientifica/3194-35-anos-de-la-pcr-la-tecnica-que-revoluciono-la-biologia-molecular)

### Electroforesis

- [www.curriculumnacional/link/http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/elfo/electrof.html](http://www.curriculumnacional/link/http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/elfo/electrof.html)

## Actividad 4. Estar informado para dar una opinión: avances y controversias de la biotecnología

### PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Describir las diversas aplicaciones de la biotecnología, analizando y discutiendo los avances en múltiples áreas, como la biología sintética, y evaluando las controversias sociales, económicas, éticas y ambientales generadas por su aplicación.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### ACTITUDES

Pensar con apertura a distintas perspectivas y contextos, asumiendo riesgos y responsabilidades.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

La evaluación consta de tres partes, las cuales pueden ser desarrolladas en conjunto o en forma independiente, según estime el docente y de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

### I. ¿Qué es la biotecnología?

- Los estudiantes analizan una aplicación cotidiana que involucra a la biotecnología, utilizando un video como el siguiente; la discusión se orienta con las siguientes preguntas:

#### El arte de la fabricación de quesos

[www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=YitfA5Rt910](https://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=YitfA5Rt910)

(Fuente: SENATV)

- ¿Qué componentes se requiere para producir queso fresco?
  - ¿Cuáles de estos componentes son biológicos?
  - ¿Qué procesos biotecnológicos están implicados en la fabricación del queso fresco?
  - ¿Qué ventajas y desventajas tiene la elaboración de queso fresco comparado con el consumo de leche fresca?
  - ¿Qué variables se podrían manipular para producir otros tipos de quesos?
- Tomando como referencia la elaboración del queso y complementándolo con otros ejemplos, construyen una definición de biotecnología.

### Observaciones al docente

Si bien definir es una habilidad compleja, ya que requiere de un conocimiento acabado de lo que se quiere explicar en un enunciado, el análisis de aplicaciones biotecnológicas usadas en la vida diaria permite llegar a una definición cercana a la aceptada internacionalmente: *La biotecnología se refiere a toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (Convention on Biological Diversity, Article 2. Use of Terms, United Nations, 1992).*

Al respecto, oriente la discusión para generar la definición, complementando al final su propuesta con una como la sugerida. Puede mostrar procesos como los implicados en la elaboración del yogurt, cerveza o el pan.

- Los estudiantes leen un texto como el siguiente, que describe la biotecnología clásica y moderna, y responden preguntas como éstas:
  - ¿Cuál es la importancia de la biotecnología?
  - ¿Cuáles son las diferencias que se establecen entre la biotecnología tradicional y la biotecnología moderna?
  - ¿Qué áreas o disciplinas aplican técnicas biotecnológicas?
  - Buscan información sobre la importancia del cuajo y de la quimosina en la elaboración del queso.

- Analizan las implicancias económicas, éticas y ambientales que surgen de las aplicaciones biotecnológicas clásicas y modernas.

### La biotecnología

*La biotecnología es el empleo de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre. Así, la biotecnología tiene una larga historia, que se remonta a la fabricación del vino, el pan, el queso y el yogurt. El descubrimiento de que el jugo de uva fermentado se convierte en vino, que la leche puede convertirse en queso o yogurt, o que se puede hacer cerveza fermentando soluciones de malta y lúpulo fue el comienzo de la biotecnología, hace miles de años. Aunque en ese entonces los hombres no entendían cómo ocurrían estos procesos, podían utilizarlos para su beneficio. Estas aplicaciones constituyen lo que se conoce como biotecnología tradicional y se basa en la obtención y utilización de los productos del metabolismo de ciertos microorganismos.*

*Los científicos actualmente comprenden en detalle cómo ocurren estos procesos biológicos lo que les ha permitido desarrollar nuevas técnicas a fin de modificar o copiar algunos de dichos procesos naturales para poder lograr una variedad mucho más amplia de productos. Los científicos hoy saben, además, que los microorganismos sintetizan compuestos químicos y enzimas que pueden emplearse eficientemente en procesos industriales, tales como la fabricación de detergentes, manufactura del papel e industria farmacéutica.*

*La biotecnología moderna, en cambio, surge en la década de los '80, y utiliza técnicas, denominadas en su conjunto "ingeniería genética", para modificar y transferir genes de un organismo a otro. De esta manera, es posible producir insulina humana en bacterias y, consecuentemente, mejorar el tratamiento de la diabetes. Por ingeniería genética también se fabrica la quimosina, enzima clave para la fabricación del queso y que evita el empleo del cuajo en este proceso. La ingeniería genética también es hoy una herramienta fundamental para el mejoramiento de los cultivos vegetales. Por ejemplo, es posible transferir un gen proveniente de una bacteria a una planta, tal es el ejemplo del maíz Bt. En este caso, los bacilos del suelo fabrican una proteína que mata a las larvas de un insecto que normalmente destruyen los cultivos de maíz. Al transferirle el gen correspondiente, ahora el maíz fabrica esta proteína y, por lo tanto, resulta refractaria al ataque del insecto.*

(Fuente: [www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=30](http://www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=30))

- En pequeños grupos, investigan ejemplos de aplicaciones biotecnológicas y exponen sus resultados en afiches informativos, los cuales comparten con la comunidad escolar.

## II. Analizando las aplicaciones, ventajas y controversias de la biotecnología moderna

- Utilizando un video como el siguiente, los estudiantes profundizan en las técnicas empleadas por la biotecnología moderna para generar aplicaciones en diversos ámbitos de la industria, la medicina o el cuidado del medio ambiente.

### ***Biotecnología: sus técnicas y aplicaciones***

[www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=CMHhNjCC3KE](http://www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=CMHhNjCC3KE)

(Fuente: Profe en c@sa)



- Elaboran infografías con cada técnica señalada, la relación con una aplicación específica y las ventajas y desventajas que ha generado su desarrollo, complementando la información del video con una breve investigación.
- Luego, analizan y discuten las implicancias éticas, sociales y legales producto de las aplicaciones biotecnológicas, como el uso de células madre, la clonación, la terapia génica y los organismos genéticamente modificados (GMO), utilizando noticias, videos o publicaciones disponibles en internet, revistas o diarios.

#### Observaciones al docente

Evalúe junto con sus estudiantes la validez de las fuentes disponibles, ya que existen numerosos mitos y prejuicios sobre las aplicaciones biotecnológicas, sobre todo respecto de las plantas transgénicas (que con un tipo de GMO).

Los estudiantes pueden revisar información en bibliotecas científicas o bases de datos utilizadas por los científicos, como PubMed, Scopus, Scielo Chile, entre otras, y comparar estas fuentes con información no científica disponible en la web.

### III. Analizando las aplicaciones, ventajas y controversias de la biología sintética

- Los estudiantes leen y analizan el siguiente artículo científico relacionado con los fundamentos de la biología sintética.
- Responden las preguntas a continuación, utilizando argumentos y vocabulario científico:
  - ¿Cuál es la importancia de la biología sintética en la ciencia y la tecnología?
  - ¿Cuáles son los fundamentos de la biología sintética?
  - ¿En qué áreas o aplicaciones se desarrolla esta tecnología científica?
  - ¿Qué ventajas y desventajas surgen del desarrollo de esta tecnología?
  - ¿Qué implicancias éticas, sociales, ambientales y económicas surgen de las aplicaciones de la biología sintética?

#### De dónde viene la biología sintética

*Antes de explicar de dónde viene la biología sintética, veamos de qué se trata. Se conoce como biología sintética o ingeniería de sistemas biológicos, al diseño y la construcción de nuevos componentes, dispositivos o sistemas biológicos, así como al rediseño de sistemas biológicos existentes. Dicho así, parecería que la vida se reduce a la suma de 'componentes, dispositivos y sistemas'. Reducir la vida al funcionamiento coordinado de maquinarias moleculares que se guían por un manual de instrucciones escrito en un abecedario de cuatro letras (el código genético), es muy conveniente y atractivo para los biólogos moleculares y para los que buscan mercantilizarlo todo. Si este reduccionismo funciona, entonces podríamos reescribir los manuales de instrucciones (los genomas), ensamblar nuevas maquinarias moleculares, coordinarlas a nuestro antojo y eureka, ¡inventar nuevas formas de vida que hagan lo que queremos y que, además, sean una invención que podamos patentar! De esto se trata la biología sintética, su objetivo tecnológico es generar entidades biológicas (fundamentalmente microorganismos)*

que cumplan funciones que no se encuentran en la naturaleza o que simulen procesos naturales a escala industrial. El objetivo económico, al cual se supedita el tecnológico, es patentar procesos biológicos.

Pero la vida, los organismos vivos y en su versión más simplificada la célula, no se restringen al resultado predecible de una sumatoria de mecanismos dirigidos por las instrucciones de los genomas. Las entidades biológicas interactúan entre sí y con su medio, y si bien el nivel molecular es fundamental, los demás niveles de organización e interacción también lo son<sup>1</sup>. Más aún, los genomas también son moldeados por el contexto en que se desarrolla la vida. Por esto no es posible predecir completamente la performance de un organismo vivo y menos aún la de un organismo cuya información genética ha sido manipulada o sintetizada 'de novo'. El determinismo reduccionista ayuda a entender, pero no explica la vida. Sin embargo, los desarrolladores de la biología sintética parados en este paradigma autoproclaman la infalibilidad de sus desarrollos biotecnológicos y nos exponen a todos a las consecuencias no previstas de sus 'invenciones'.

Actualmente los principales desarrollos de la biología sintética se vinculan a la producción de biocombustibles, polímeros, enzimas, fármacos y otros productos químicos y sustitutos de sustancias naturales de alto valor de uso común en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética (vainilla, estevia, azafrán, sándalo, opiáceos, entre otros) por medio de microorganismos biosintéticos. Existen también inversiones en el desarrollo de plantas capaces de fijar nitrógeno o que fijen carbono de forma más eficiente. Detrás de estos desarrollos están grandes conglomerados económicos y grupos de interés que ejercen presión para posicionar a esta tecnología como indispensable para el desarrollo y para aportar soluciones a la crisis climática<sup>2</sup>.

### **Convergencia de tecnologías**

Como tecnología, la biología sintética surge de la convergencia de avances en campos como la biología molecular, computación e ingeniería. En particular, el desarrollo de dos grupos de tecnologías la han impulsado: el secuenciamiento de próxima generación y las tecnologías de síntesis de ADN. Las primeras permiten 'leer' con mayor eficiencia la información genética contenida en los seres vivos que conformamos la biósfera y las segundas permiten usar esa información y 'reescribirla', dando origen a dispositivos biológicos en teoría funcionales. Esto último es el objetivo principal de la biología sintética.

El secuenciamiento de próxima generación hace referencia a técnicas cada vez más rápidas, precisas y baratas en la lectura de secuencias genómicas<sup>3</sup>, lo que ha dado lugar a la llamada era de la megagenómica, en la que se secuencian (o leen) unas 15 peta bases ( $10^{15}$  o mil millones de megas) por año a nivel mundial. Esta enorme generación de información se deposita en bancos de datos que contienen secuencias de ADN de todo tipo de organismos. En paralelo, el desarrollo de la bioinformática permite obtener información de estas bases de datos, con lo que se identifican y analizan secuencias que luego pueden manipularse y utilizarse para el diseño de secuencias genéticas que codifiquen determinadas funciones a expresarse en determinado contexto biológico.

Las tecnologías de síntesis de ADN permiten transformar los diseños hipotéticos, elaborados a partir del análisis de secuencias, en dispositivos génicos concretos que pueden ser testeados y eventualmente utilizados para crear o manipular sistemas biológicos. Ya en la década de 1960 surgieron los primeros intentos de sintetizar genes<sup>4</sup> por métodos químicos a partir de nucleótidos (sus unidades constitutivas). Sin embargo, pasaron varias décadas para desarrollar la capacidad de sintetizar oligonucleótidos (secuencias cortas de ADN) de forma rápida y barata con buenos grados de fidelidad, y ensamblarlos en genes, grupos de genes e incluso genomas completos mediante métodos de síntesis de genes. En el año 2003 se publicó el primer trabajo que daba cuenta de la síntesis de un genoma completo de un bacteriófago desarrollado por el grupo de Craig Venter en el Institute for Biological Energy Alternatives de EEUU. En 2010 este grupo obtuvo la primera célula controlada por un genoma sintético.

*El principal escollo tecnológico de la biología sintética es lograr que los dispositivos génicos que crea funcionen en los organismos en que los que son introducidos. Esto es que, una vez diseñados, ensamblados e integrados al genoma de un organismo, produzcan el efecto deseado. El proceso por el cual se generan y evalúan funcionalmente este tipo de organismos constituye un ciclo de ensayo y error que intenta ajustar el diseño y la producción de los dispositivos génicos sintéticos para que cumplan los objetivos para los que fueron diseñados, lo cual no siempre se logra. Esto muestra lo empírico del procedimiento y la imposibilidad de prever completamente el desempeño que tendrá un organismo manipulado mediante biología sintética.*

### **Productos ‘naturales’ biosintéticos**

*Una rama de la biología sintética en la que hay varias empresas que detentan patentes de propiedad intelectual, es la vinculada a la producción de sustitutos de sustancias naturales. Actualmente hay iniciativas para que más de 384 ingredientes activos naturales, en su mayoría producidos por plantas, sean producidos por levaduras, algas y otros microorganismos manipulados mediante biología sintética. Para hacer crecer a estos organismos, las fuentes de carbono utilizadas provienen fundamentalmente de cultivos de caña de azúcar o maíz. De comenzar a producirse ingredientes activos derivados del cacao, el anís, la vainilla, el azafrán, el babasú, la menta, el sándalo, el ginseng, la estevia y otros, por medio de organismos manipulados por biología sintética, se reduciría el área de estos cultivos en su mayoría mantenida por campesinos y agricultores familiares, afectando sus medios de subsistencia. Impulsaría además la demanda de cultivos industriales como la caña de azúcar y el maíz, estimulando procesos de concentración y homogenización de la producción agrícola.*

*Un caso de estudio de la Red TECLA sobre la estevia<sup>5</sup> muestra algunas aristas de este problema. El ka’á he’é en su denominación guaraní, o estevia, es una planta originaria de la región nororiental de Paraguay y del Mato Grosso de Brasil. Los pueblos guaraníes pa’i tavyterá y kaiowá la han usado por siglos por sus propiedades edulcorantes y medicinales. Su dulzor reside en los glucósidos de esteviol que se encuentran en alta concentración en sus hojas. Varias empresas se han embarcado en la generación de levaduras biosintéticas capaces de producir estos glucósidos. Todas ellas detentan patentes por el desarrollo de estas levaduras. Dado que los glucósidos serán producidos por levaduras en tanques de fermentación, la expectativa empresarial es venderlos como productos naturales. Así, productos obtenidos mediante la aplicación de la biología sintética podrían incorporarse al mercado de los productos naturales, desplazando el cultivo de la estevia realizado por campesinos de regiones tropicales tanto en América como en Asia y África.*

(Fuente: Pablo Galeano, REDES-AT, Uruguay, Red TECLA.

Artículo publicado en la Revista América Latina en Movimiento No. 543: Tecnologías: manipulando la vida, el clima y el planeta 06/09/2019)

### **Observaciones al docente**

En la página de Argenbio puede encontrar diversos ejemplos como referencia, que puede sugerir a los estudiantes para sus investigaciones:

[www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=458&opt=11](http://www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=458&opt=11)

Una página que pueden utilizar los estudiantes para elaborar sus infografías es Canva, que se encuentra disponible en [www.curriculumnacional/link/https://www.canva.com/es\\_es/crear/infografias/](https://www.canva.com/es_es/crear/infografias/)

Una guía orientadora para crear infografías que puede consultar en el Blog de Piktochart, cuyo enlace es [www.curriculumnacional/link/https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/](https://piktochart.com/es/blog/como-crear-una-infografia-guia-completa/)

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Investigan la contribución del conocimiento de biología celular y molecular en otras áreas del conocimiento, el desarrollo de la tecnología, el cuidado del ambiente y la vida de las personas.
- Comparan la biotecnología tradicional y moderna, describiendo el uso de ingeniería genética como un hito en su evolución.
- Investigan aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos y evalúan sus implicancias éticas, sociales y legales.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Biotecnología

- [www.curriculumnacional/link/https://www.chilebio.cl/biotecnologia-tradicional-y-moderna/](https://www.curriculumnacional/link/https://www.chilebio.cl/biotecnologia-tradicional-y-moderna/)
- [www.curriculumnacional/link/http://www.porquebiotecnologia.com.ar/](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/)

### Video sobre transgénicos

- [www.curriculumnacional/link/https://www.youtube.com/watch?v=w7rx48Lm8YU](https://www.youtube.com/watch?v=w7rx48Lm8YU)

### Alimentos transgénicos

- [www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182003000100003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182003000100003)



### Terapia génica

- [www.curriculumnacional/link/https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/que-es-la-terapia-genetica-como-funciona](https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/que-es-la-terapia-genetica-como-funciona)
- [www.curriculumnacional/link/http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272005000100002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272005000100002)

### Clonación

- [www.curriculumnacional/link/https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Clonacion](https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Clonacion)

### Células madre

- [www.curriculumnacional/link/https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/bone-marrow-transplant/in-depth/stem-cells/art-20048117](https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/bone-marrow-transplant/in-depth/stem-cells/art-20048117)

### Biología sintética

- [www.curriculumnacional/link/https://www.alainet.org/es/articulo/202478](https://www.alainet.org/es/articulo/202478)

## Actividad de Evaluación: “La biotecnología en la vida diaria”

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 6. Analizar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular en Chile y el mundo, considerando diversas líneas de investigación y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

OA 7. Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

OA c. Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA e. Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f. Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.

OA h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

OA i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Comparan la biotecnología tradicional y moderna, describiendo el uso de ingeniería genética como un hito en su evolución.
- Relacionan aplicaciones biotecnológicas con técnicas de biología celular y molecular, describiendo los mecanismos y manipulaciones que generan a nivel molecular.
- Investigan aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos y evalúan sus implicancias éticas, sociales y legales.

### DURACIÓN

10 horas pedagógicas

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

## I. Ejemplos de investigaciones desarrolladas en Chile

- Los estudiantes leen y analizan una noticia científica como la siguiente, la cual informa sobre la investigación de células madre desarrollada por investigadores chilenos.

### Chilenos publican primer estudio clínico utilizando células madre

El trabajo demostró el exitoso uso de estas células en tratamientos para insuficiencia cardíaca. El primer estudio chileno sobre el uso de las células madre en estos tratamientos, es único a nivel mundial.

Por Consuelo Rehbein  
Miércoles 27 de septiembre de 2017, a las 18:50

f [comparte](#)

t [comparte](#)



Nuestro país sigue destacando en las investigaciones científicas ligadas al área de salud. En esta oportunidad, Investigadores de la Universidad de los Andes, junto a profesionales de su spin-off Cells for Cells (C4C), desarrollaron una terapia para el tratamiento de la insuficiencia cardíaca. Utilizaron células madre de cordón umbilical.

*Nuestro país sigue destacando en las investigaciones científicas ligadas al área de la salud. En esta oportunidad, investigadores de la Universidad de los Andes, junto a profesionales de su spin-off Cells for Cells (C4C), desarrollaron una terapia para el tratamiento de la insuficiencia cardíaca. Utilizaron células madre de cordón umbilical.*

*A través de Rimecard (nombre del estudio registrado en la base de datos del instituto nacional de salud de EE.UU), un grupo de 30 pacientes con insuficiencia cardíaca, entre 18 y 75 años, recibieron una inyección intravenosa de células madre derivadas de cordón umbilical, o un placebo.*

*Luego de un año de seguimiento, los pacientes evidenciaron una mejoría significativa del ventrículo*

*izquierdo en su capacidad para bombear sangre, y no presentaron efectos adversos asociados a la terapia.*

(Fuente: [www.curriculumnacional/link/https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2017/09/27/chilenos-publican-primer-estudio-clinico-utilizando-celulas-madre.html](http://www.curriculumnacional/link/https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2017/09/27/chilenos-publican-primer-estudio-clinico-utilizando-celulas-madre.html))

- Responden las siguientes preguntas:
  - ¿Qué problema o problemas existen respecto de la insuficiencia cardíaca?
  - ¿De qué forma las células madre contribuyen a la resolución de la insuficiencia cardíaca?
  - ¿Por qué se afirma que el uso de células madre, provenientes del cordón umbilical, están libres de dilemas éticos? ¿Cómo podría evaluar la validez de esta afirmación?
  - ¿Qué otros usos de células madre sí están involucrados en controversias éticas?
  - ¿Qué otras aplicaciones podrían generarse a raíz de los avances producidos por esta investigación?
  - ¿Qué implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales surgen de estas aplicaciones tecnológicas?
  - ¿Qué etapas son necesarias para la realización y posterior publicación de la investigación?

## II. La biotecnología en la vida diaria

- Los estudiantes analizan la influencia diaria de la biotecnología en las personas y en la sociedad, enumerando todas las posibles aplicaciones que emplean.
- Luego, diseñan y realizan un proyecto de investigación sobre la clasificación por color que existe de la biotecnología, agrupando las aplicaciones enumeradas anteriormente en su color correspondiente.
- Construyen un modelo explicativo de los fenómenos que se abordan en cada color de la biotecnología.
- Analizan las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales que surgen de las diversas aplicaciones en biotecnología.
- Finalmente, elaboran afiches informativos con los resultados de su trabajo, los cuales son divulgados a la comunidad escolar.

## III. Columna de opinión

- Los estudiantes redactan una columna de opinión relacionada con la siguiente pregunta: ***¿Se debe restringir la investigación y el uso de los organismos genéticamente modificados?***

### Observaciones al docente

La columna de opinión se sugiere contenga elementos como los siguientes:

- Presentación del tema (una introducción sobre lo que se va a hablar).
- Opinión u apreciación sobre el tema (se informa y analiza en forma breve y mediante un lenguaje personal, apoyándose en argumentos, haciendo la condición subjetiva la característica más relevante de sus escritos).
- Cierre (es importante rematar de una manera entretenida o con una buena conclusión que deje al lector satisfecho de la columna).
- Extensión aproximadamente entre 15 y 20 líneas, en Letra Times New Roman tamaño 12, interlineado 1,5.
- Lenguaje y vocabulario científico apropiado.
- Citar mediante formato APA, al menos tres fuentes confiables con autor.



Para la retroalimentación de la columna de opinión se puede utilizar la siguiente rúbrica:

Rúbrica columna de opinión				
Criterios	3	2	1	0
Uso de fuentes	Se trabaja con al menos tres fuentes.	Se trabaja con al menos dos fuentes.	Se trabaja con al menos una fuente.	No se utilizan las fuentes.
Tesis	Es posible identificar la hipótesis del alumno con respecto al tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados.	Es posible identificar la hipótesis del alumno con respecto al tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados, sin embargo está no es evidente.	Es posible identificar la hipótesis del alumno con respecto al tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados, sin embargo esto se ve dificultado por la poca coherencia del texto.	No se presenta una hipótesis con respecto al tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados.
Pertinencia	El texto tiene relación con el tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados.	El texto tiene relación con el tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados pero en algunos momentos se cambia el tema.	El texto tiene poca relación con el tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados, se cambia el tema constantemente	El texto no guarda ninguna relación con el tema de la restricción de la investigación y el uso de organismos genéticamente modificados.
Estructura	El texto presenta toda la estructura de la columna de opinión: presentación del tema, apreciación sobre el tema expuesto, cierre.	El texto presenta al menos dos partes de la estructura de la columna de opinión: presentación del tema, apreciación sobre el tema expuesto, cierre.	El texto presenta al menos una parte de la estructura de la columna de opinión: presentación del tema, apreciación sobre el tema expuesto, cierre.	El texto no presenta ninguna parte de la estructura de la columna de opinión: presentación del tema, apreciación sobre el tema expuesto, cierre.
Ortografía y redacción	Se cometen de 0 a 2 errores ortográficos. Existen hasta 2 errores tanto en el uso de conectores como en la correferencia	Se cometen de 3 a 4 errores ortográficos. Existen hasta 4 errores tanto en el uso de conectores como en la correferencia	Se cometen de 5 a 6 errores ortográficos. Existen hasta 6 errores tanto en el uso de conectores como en la correferencia.	Se cometen al menos 7 errores ortográficos. Existen desde 7 errores tanto en el uso de conectores como en la correferencia.
Citación	Se cita correctamente según la norma APA.	Se comete al menos un error de citación según la norma APA.	Se cometen al menos dos errores de citación según la norma APA.	Se cometen tres o más errores de citación según la norma APA.



Aspectos formales	La columna de opinión cumple con todos los requisitos: Letra Times New Roman tamaño 12, interlineado 1,5. Mínimo 15 líneas y máximo 20. Título y firma	La columna de opinión cumple con 5 de los requisitos: Letra Times New Roman tamaño 12, interlineado 1,5. Mínimo 15 líneas y máximo 20. Título y firma.	La columna de opinión cumple con 4 de los requisitos: Letra Times New Roman tamaño 12, interlineado 1,5. Mínimo 15 líneas y máximo 20. Título y firma.	La columna de opinión cumple con 3 de los requisitos: Letra Times New Roman tamaño 12, interlineado 1,5. Mínimo 15 líneas y máximo 20. Título y firma.
-------------------	--	--	--	--

## RECURSOS Y SITIOS WEB

### Terapia celular

- [www.curriculumnacional/link/http://c4c.cl/cellforcellv2es/noticias/](http://www.curriculumnacional.cl/c4c/cellforcellv2es/noticias/)



### Biotecnología

- [www.curriculumnacional/link/https://www.cienciacanaria.es/secciones/a-fondo/806-los-colores-de-la-biotecnologia](https://www.cienciacanaria.es/secciones/a-fondo/806-los-colores-de-la-biotecnologia)

### Artículo sobre cómo escribir una columna

- [www.curriculumnacional/link/https://es.wikihow.com/escribir-una-columna](https://es.wikihow.com/escribir-una-columna)

## Proyecto Interdisciplinario

### Manual de orientación

#### ¿Qué es el Aprendizaje Basado en Proyectos?

El Aprendizaje Basado en Proyectos se define como una propuesta de enseñanza que se organiza en torno a un problema o necesidad que se puede resolver, aplicando diferentes perspectivas y áreas del conocimiento. Para encontrar la solución, los estudiantes movilizarán conocimientos, habilidades y actitudes durante todo el proceso hasta llegar a una solución que se expresa en un producto. Los proyectos surgen desde sus propias inquietudes e intereses, potenciando así su motivación por aprender y su compromiso frente al propio aprendizaje.

#### ¿Por qué fomenta el trabajo interdisciplinario?

La complejidad de un problema real o necesidad es la razón que justifica la participación y conexión de distintos saberes y disciplinas. Por ejemplo, los proyectos STEM se desarrollan sobre problemas o necesidades que vinculan ciencia, tecnología, matemática e ingeniería para su solución.

#### ¿Cómo se relaciona con las Habilidades para el siglo XXI?

La metodología de proyecto permite que los estudiantes potencien estas habilidades y actitudes, ya que, por ejemplo, su procedimiento los organiza para que busquen juntos una solución, los desafía para que flexiblemente encuentren una respuesta nueva al problema y para que reflexionen con otros desde diferentes perspectivas, generando así el trabajo colaborativo, la comunicación y el pensamiento crítico y creativo.

#### ¿Cuáles son los elementos del Aprendizaje Basado en Proyectos?

##### Pregunta o problema central

Los problemas que se aborda en un proyecto se vinculan con situaciones reales y significativas para los estudiantes. Se relacionan con sus inquietudes e intereses y los motivan a explorar y participar activamente en la búsqueda responsable de una solución.

### **Indagación sostenida**

Cuando se enfrentan a un problema desafiante, comienza el proceso de búsqueda para construir soluciones. Durante este proceso, los alumnos hacen nuevas preguntas, utilizan recursos y profundizan los conocimientos.

### **Autenticidad**

Los proyectos tienen un contexto auténtico. Por ejemplo: los estudiantes resuelven problemas que enfrentan las personas fuera de la escuela, pero también pueden centrarse en problemas auténticos dentro de ella. Los proyectos pueden tener un impacto real en los demás, como cuando los alumnos atienden una necesidad en su escuela o comunidad (por ejemplo: diseñar y construir un huerto escolar, mejorar un parque comunitario, ayudar a los inmigrantes locales); también pueden crear algo que otras personas usarán o experimentarán. Un proyecto puede tener autenticidad personal si refleja las preocupaciones, los intereses, las culturas, las identidades y los problemas de los estudiantes en sus vidas.

### **Voz y elección del estudiante**

Los alumnos deben sentir que pueden participar activamente, tomar decisiones, expresar sus puntos de vista, proponer soluciones durante el trabajo en equipo y expresarse por medio de los productos que crean. Participan activamente en un proyecto, desde el momento en que identifican el problema hasta que divulgan el producto; así fortalecen su compromiso y motivación con el propio aprendizaje.

### **Metacognición**

A lo largo de un proyecto los estudiantes –junto con el docente– deben reflexionar sobre lo que están aprendiendo, cómo están aprendiendo y por qué están aprendiendo. La reflexión puede ocurrir de manera informal, como parte de la cultura y el diálogo en el aula, pero también debe ser una parte explícita de los diarios del proyecto, la evaluación formativa programada, las discusiones en los puntos de control del proyecto y las presentaciones públicas de su trabajo. La reflexión sobre el proyecto en sí, cómo se diseñó e implementó, los ayuda a decidir cómo podrían abordar su próximo proyecto y a mejorar la forma de aplicar esta metodología.

### **Crítica y revisión**

Los estudiantes deben estar abiertos a dar y recibir comentarios constructivos acerca del trabajo propio y el de sus compañeros, lo que permite mejorar los procesos y productos del proyecto. Idealmente, tiene que hacerlo según protocolos formales y con el apoyo de rúbricas. Los invitados o expertos externos también pueden ayudar, brindando un punto de vista auténtico y real. La crítica y revisión del trabajo propio permite a los alumnos evaluar los resultados de su aprendizaje, fortaleciendo la evaluación formativa.

### **Producto público**

A diferencia de otras metodologías, en el Aprendizaje Basado en Proyectos la respuesta o solución a la pregunta o problema se expresa en un "producto", que puede ser un artefacto tangible, multimedial o digital, una presentación sobre la solución a un problema, un desempeño o evento, entre otras opciones. Al finalizar el proyecto, los estudiantes tienen que poder presentarlo públicamente; eso aumenta su motivación, ya que no se reduce a un intercambio privado entre profesor y alumno. Esto tiene un impacto en el aula y en la cultura escolar, pues ayuda a crear una "comunidad de aprendizaje", en la cual los estudiantes y los maestros discuten lo que se está aprendiendo, cómo se aprende, cuáles

son los estándares de desempeño aceptables y cómo se puede mejorar el desempeño de los alumnos. Finalmente, hacer que el trabajo de los alumnos sea público es una forma efectiva de comunicarse con los pares y los miembros de la comunidad.

### ¿Qué debo considerar antes de la ejecución de un proyecto?

- Incorporar en la planificación anual de la asignatura una o más experiencias de proyectos, tomando en cuenta el tiempo semanal de la misma.
- Si la asignatura es de 2 horas a la semana, se recomienda incorporar un proyecto acotado o abordar toda una unidad de aprendizaje mediante esta metodología.
- Si la asignatura es de 6 horas semanales, se recomienda destinar un tiempo fijo a la semana (por ejemplo, 2 horas) para el proyecto.
- La planificación anual también debe incorporar la exhibición pública de los proyectos. Se recomienda que sea una instancia en que se invite a los padres, familias, expertos y otros miembros de la comunidad (se sugiere solicitar a la dirección del establecimiento que reserve un día para llevar a cabo la actividad).
- Identificar en los Objetivos de Aprendizaje, tópicos, necesidades o problemas que se pueda abordar interdisciplinariamente con dos o más asignaturas.
- Si el proyecto involucra a dos o más asignaturas, los profesores deben planificarlo juntos y solicitar un tiempo adecuado para ello a su jefe técnico o al director.
- Una vez hecha esta planificación e iniciado el año escolar, se debe explicar a los estudiantes en qué consiste esta metodología, exponerles los tópicos que se identificó en las Bases Curriculares y pedirles que, a partir de ello, propongan problemas o preguntas que se puede resolver o responder mediante un proyecto.
- El Aprendizaje Basado en Proyectos requiere de un trabajo grupal y colaborativo. Cada integrante del grupo debe asumir un rol específico, el cual puede ir rotando durante la ejecución del proyecto.

### ¿Cómo se organiza y ejecuta el proyecto?

Para organizar el proyecto, se presenta una ficha con diferentes componentes que ayudarán a ejecutarlo. A continuación, se explica cada uno de esos componentes.

#### **Resumen del proyecto**

Síntesis del tema general, el propósito y el resultado esperado del proyecto.

#### **Nombre del proyecto**

Se recomienda incluir un subtítulo que evidencie el tema o el contenido que se trabaja en el proyecto.

#### **Problema central**

En esta sección, se expone un párrafo de la pregunta o problema que se quiere resolver por medio del proyecto. Se recomienda explicar cuál es el tema que se va a resolver y por qué el proyecto puede hacerlo o desarrollar reflexiones profundas en los alumnos.

#### **Propósito**

Se explica el objetivo general y específico del proyecto.

### **Objetivos de Aprendizaje de Habilidades y Conocimientos**

En esta sección, se explica cuáles son los Objetivos de Aprendizaje de la asignatura que se desarrollará en el proyecto. Se espera que sean interdisciplinarios, por lo que se recomienda incorporar los OA de las otras asignaturas involucradas.

### **Tipo de Proyecto Interdisciplinario**

Es importante aclarar qué aspectos de las distintas disciplinas se aplicará en el proyecto. Esta sección busca que el docente exponga y explique tales relaciones de manera que sea más fácil guiar el trabajo interdisciplinario. Para esto, conviene que se coordine con los profesores de las otras áreas disciplinares.

### **Producto**

Todo proyecto debe tener como resultado un producto; es decir, algún objeto, aparato, informe, estudio, ensayo, disertación oral, escrita, visual, audiovisual o multivisual para que los estudiantes divulguen el trabajo realizado.

### **Habilidades y actitudes para el siglo XXI**

Es importante que el docente resalte que esta metodología pretende que los alumnos desarrollen habilidades y actitudes del siglo XXI, que son transversales a todas las áreas del currículum. Esto permite que profesores y alumnos sean conscientes de que ellas van más allá de los conocimientos y habilidades disciplinares.

### **Recursos**

Se tiene que describir los componentes, insumos de trabajo, bibliografía o elementos fundamentales para el proyecto.

### **Etapas**

Hay que planificar el proyecto según fases de trabajo, considerando el tiempo destinado al mismo en la planificación anual.

### **Cronograma semanal**

Es importante planificar el avance del proyecto clase a clase; en una sola se puede desarrollar más de una etapa, o una etapa puede durar más de una clase. Lo importante es que la planificación sea clara y ordenada para que profesor y alumnos trabajen de la manera más regular posible, considerando los avances u obstáculos que puedan encontrar en el desarrollo del proyecto.

### **Evaluación formativa y sumativa**

En esta sección, el docente tiene que especificar con qué criterios se evaluará el proyecto y qué instrumentos se aplicará, tanto en la dimensión formativa como en la sumativa. Es importante recordar que la retroalimentación es un componente esencial del proyecto, por lo que profesor debe señalar cómo llevará a cabo dicho proceso.

### **Difusión final**

Dependiendo del objetivo del proyecto, se sugiere que cuando lo terminen, los alumnos dediquen algún tiempo para difundirlo a la comunidad escolar.

## Proyecto STEM Modelando bacterias para degradar el plástico de los océanos

---

### Resumen del Proyecto

El proyecto ***Bacterias para degradar el plástico de los océanos*** toma como punto de partida el origen y la permanencia del plástico en los océanos, el problema medioambiental y de salud que supone y la propuesta de una solución que implique usar bacterias para su eliminación.

Para ello, los estudiantes contextualizan el problema: investigan en diversas fuentes para determinar sus causas y consecuencias. A partir de esa información, usan la ingeniería genética para modelar la creación de bacterias que puedan degradar plástico. Para ello, identifican las variables involucradas, como tipos de plásticos y los procesos físico-químicos que permitan degradarlos, especies de bacterias que puedan ser manipuladas genéticamente y los procesos biológicos para crearlas, formas de liberarlas en el ambiente en zonas críticas del planeta, considerando el comportamiento de las masas de agua y las corrientes marinas que optimicen la acción de las bacterias en la eliminación del plástico contaminante.

Los estudiantes presentan los proyectos que desarrollaron para su evaluación y luego los pueden difundir en la comunidad escolar y/o en ferias científicas.

## Nombre del Proyecto

## Modelando bacterias para degradar el plástico de los océanos

**Problema central**

¿De qué manera podemos ayudar a eliminar el plástico de los océanos mediante el uso de bacterias?

El uso del plástico en nuestra sociedad está ampliamente aceptado. Por ello, desde mediados del siglo pasado ha crecido la contaminación debido, en parte, al plástico desechable (de un solo uso): así se producen 400 millones de toneladas de plástico en el mundo, pero solo se recicla un 9% de los desperdicios. Se estima que los océanos reciben entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico anuales, por lo que en unos 30 años, el plástico flotante en los mares pesará más que todos los peces que nadan en ellos. Eso también afectará a los ecosistemas terrestres y al aire, lo que además podría dañar la salud de las personas.

El uso con fines biotecnológicos de bacterias para descontaminar aguas ofrece una posibilidad concreta para eliminar el plástico de los océanos. Las bacterias son altamente diversas y se ha encontrado una especie capaz de digerir y asimilar plástico (que se encuentra en forma de microplástico), por lo que es necesario avanzar en la investigación que permita usarlas a gran escala, considerando las variables involucradas en su liberación, permanencia y productividad en el medio ambiente.

**Propósito**

El propósito es que los estudiantes utilicen los conocimientos y habilidades propias de las ciencias, la geografía y la matemática para dar solución a un problema medioambiental. Para ello, investigan su origen y consecuencias y luego crean y modelan el uso de bacterias que permitan degradar plástico en los océanos, considerando las principales variables involucradas en su creación, liberación y permanencia en el ambiente.

**Objetivos de Aprendizaje****Biología de los Ecosistemas****OA Conocimiento y comprensión**

**OA 5** Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la biología con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemas actuales presentes en sistemas naturales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

**Biología celular y molecular****OA Conocimiento y comprensión**

**OA 7** Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de

**Preguntas**

- ¿Cuál es el origen y el destino del plástico producido en el mundo?
- ¿Por qué es un problema la presencia de plásticos en los ecosistemas, en especial en los océanos?
- ¿Por qué las bacterias pueden ser útiles para eliminar el plástico presente en los océanos?
- ¿Cómo se puede crear o mejorar bacterias que degraden el plástico presente en los océanos?

células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales.

### Ciencias de la Salud

#### OA Conocimiento y comprensión

**OA 4** Investigar y comunicar la relación entre la calidad del aire, las aguas y los suelos con la salud humana, así como los mecanismos biológicos subyacentes.

### Física

#### OA Conocimiento y comprensión

**OA 5** Investigar y aplicar conocimientos de la física (como mecánica de fluidos, electromagnetismo y termodinámica) para la comprensión de fenómenos y procesos que ocurren en sistemas naturales, tales como los océanos, el interior de la Tierra, la atmósfera, las aguas dulces y los suelos.

**OA 6** Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la física con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

### Química

#### OA Conocimiento y comprensión

**OA 1** Evaluar el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico en nanoquímica y química de polímeros, considerando sus aplicaciones y consecuencias en ámbitos tales como el ambiental, médico, agrícola e industrial.

**OA 7** Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la química con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

### Geografía, Territorio y Desafíos Socioambientales

#### OA Conocimiento y comprensión

**OA 6** Recoger, sistematizar y comunicar información sobre procesos y dinámicas espaciales mediante el uso de estrategias y metodologías propias de la geografía, como interpretación y análisis de cartografía, georreferenciación y uso de imágenes, estadísticas e información geográfica, trabajo de campo, entrevistas, encuestas, mapeos participativos y escalas de percepción, entre otros.

- ¿Cómo podemos modelar el uso de bacterias para descontaminar ambientes marinos?
- ¿Cuáles son las posibles variables a tener en cuenta para la liberación y permanencia de bacterias degradadoras de plástico en los ambientes marinos?
- ¿Qué ventajas y limitaciones puede presentar un modelo?



**Matemática****OA Conocimiento y comprensión**

**OA 3** Aplicar modelos matemáticos que describen fenómenos de situaciones de crecimiento y decrecimiento, que involucran las funciones exponencial y logarítmica de forma manuscrita, con uso de herramientas tecnológicas y promoviendo la búsqueda, selección, contrastación y verificación de información en ambientes digitales y redes sociales.

**OA Habilidades**

**OA a** Construir y evaluar estrategias de manera colaborativa al resolver problemas no rutinarios.

**OA c** Tomar decisiones fundamentadas en evidencia estadística y/o evaluación de resultados obtenidos a partir de un modelo probabilístico.

**OA e** Construir modelos realizando conexiones entre variables para predecir posibles escenarios de solución a un problema y tomar decisiones fundamentadas.

**Ciencias****OA Habilidades**

**OA a** Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

**OA c** Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

**OA f** Desarrollar y usar modelos basados en evidencias para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

**OA i** Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

**Tipo de Proyecto Interdisciplinario STEM**

- Ciencias
- Matemática
- Geografía

**Producto**

Elaborar un modelo integrado y contextualizado que describa la creación de bacterias degradadoras de plástico en ambientes marinos, su liberación en zonas geográficas relevantes y su permanencia en dichos ambientes, basado en el conocimiento actual, mediante simulaciones tecnológicas o aplicaciones reales *in situ*.

**Habilidades y actitudes para el Siglo XXI**

- Creatividad e Innovación
- Pensamiento Crítico
- Comunicación
- Trabajo Colaborativo
- Responsabilidad personal y social

**Recursos**

1. Para el modelo abstracto: los estudiantes podrían trabajar directamente con diseños gráficos, imágenes y animaciones computacionales. Si es pertinente, diseñan un modelo de carácter virtual; es decir, aplican una simulación computacional como la que usan los profesionales relacionados con el área.
2. Para el modelo concreto: los estudiantes construyen un modelo, idealmente con materiales reciclados, donde se describa el proceso y las características de la bacteria. Para las fases de creación de los modelos, es conveniente que usen una simulación computacional orientada principalmente al crecimiento bacteriano y la tasa de liberación necesaria para que cumplan con varios requisitos, como su mantención en el ambiente, y su sobrevivencia bajo influencias ambientales como salinidad y temperatura del agua; asimismo, debe simular la dinámica de flujo del agua en los puntos geográficos clave donde la contaminación por plástico es crítica, teniendo en cuenta al menos las corrientes marinas que puedan afectar la permanencia de las bacterias en el ambiente acuático.

**Etapas**

- Fase 1: Identificación del problema: Ayudar a los estudiantes mediante preguntas a descubrir:
  - ¿Por qué los océanos se están llenando de plásticos?
  - ¿Por qué los plásticos son tan dañinos para los ecosistemas?
  - ¿Cómo es el proceso de degradación del plástico?
  - ¿Qué características tienen las bacterias que ayudarían a la degradación del plástico?
  - ¿Cuáles son los usos biotecnológicos actuales para la descontaminación ambiental?
- Fase 2: Elaboración de un modelo abstracto de bacteria que permita la degradación de plástico en los ambientes marinos.
- Fase 3: Elaboración de un modelo abstracto que describe las condiciones geográficas para liberar la bacteria creada en los océanos y aplicación de modelos matemáticos que describen su crecimiento y permanencia en el ambiente.
- Fase 4: Elaboración del modelo concreto de la bacteria.

- Fase 5: Integración y puesta a prueba de los modelos, mediante simulaciones tecnológicas. Elaboración de las conclusiones del trabajo y proyección para su desarrollo a futuro.
- Fase 6: Presentación del proyecto a la comunidad escolar y/o ferias científicas, de acuerdo a la disponibilidad y el contexto.

### **Cronograma semanal**

#### Semana 1 (Fase 1)

- Identificación del problema.
- Guiar a los estudiantes con preguntas para construir conocimiento relacionado con las causas y consecuencias del uso y la liberación de plástico en ambientes marinos, las posibles variables involucradas y la utilización de bacterias para la descontaminación ambiental.
- Determinar ejecución del trabajo: establecer roles y tareas para cada integrante.

#### Semana 2 (Fase 2)

- Elaboración de un modelo de bacteria creada biotecnológicamente para degradar plástico.

#### Semana 3 (Fase 3)

- Elaboración de un modelo que representa, mediante simulaciones, la dinámica de crecimiento y mantención de la población bacteriana en el ambiente marino, y los factores geográficos que la afectan.

#### Semana 4-5 (Fase 4)

- Elaboración del modelo concreto de bacteria.
- Integración de los modelos elaborados y puesta a prueba.
- Redacción de conclusiones y proyecciones del trabajo realizado.

#### Semana 6 (Fases 5-6)

- Presentación del proyecto a la comunidad escolar y otras instancias según disponibilidad y contexto.

### **Evaluación Formativa**

Elaboración de una bitácora que los estudiantes completarán con el progreso de cada una de las etapas respectivas, y con la creación del diseño de la bacteria en planos o programas computacionales.

### **Evaluación Sumativa**

Puesta a prueba del modelo integrado y exposición del proyecto (rúbricas para el diseño de proyectos y la presentación).

### **Difusión Final**

El resultado y la difusión final de los proyectos se presentará a la comunidad educativa por medio de una feria científica, que permitirá la exposición de cada uno de los grupos participantes.

**Evaluación**

Se sugiere el uso de rúbricas y criterios relacionados con habilidades del siglo XXI de pensamiento creativo e innovación, pensamiento crítico, y trabajo colaborativo, como también de diseño del proyecto y la presentación del trabajo (ver anexo 2).

**Bibliografía****Contextualización del problema del plástico en los océanos**

[www.curriculumnacional/link/https://www.dw.com/es/onu-s%C3%B3lo-9-por-ciento-del-pl%C3%A1stico-usado-en-el-mundo-se-recicla/a-44077167](http://www.curriculumnacional/link/https://www.dw.com/es/onu-s%C3%B3lo-9-por-ciento-del-pl%C3%A1stico-usado-en-el-mundo-se-recicla/a-44077167)

[www.curriculumnacional/link/https://www.elmundo.es/papel/historias/2019/03/05/5c7d4ad9fc6c83665c8b45db.html](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elmundo.es/papel/historias/2019/03/05/5c7d4ad9fc6c83665c8b45db.html)

[www.curriculumnacional/link/https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico\\_12712/4](http://www.curriculumnacional/link/https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/4)

[www.curriculumnacional/link/https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961](http://www.curriculumnacional/link/https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961)

**Bacterias y degradación de plástico**

[www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=202](http://www.curriculumnacional/link/http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=202)

[www.curriculumnacional/link/https://www.elmundo.es/ciencia/2016/03/10/56e1c141e2704e7a6a8b4629.html](http://www.curriculumnacional/link/https://www.elmundo.es/ciencia/2016/03/10/56e1c141e2704e7a6a8b4629.html)

[www.curriculumnacional/link/https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/crean-enzima-mutante-que-se-come-plastico\\_12616](http://www.curriculumnacional/link/https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/crean-enzima-mutante-que-se-come-plastico_12616)

**Islas de plástico**

[www.curriculumnacional/link/https://www.infobae.com/2016/05/08/1809677-el-septimo-continente-la-misteriosa-isla-plastico-que-flota-el-pacifico/](http://www.curriculumnacional/link/https://www.infobae.com/2016/05/08/1809677-el-septimo-continente-la-misteriosa-isla-plastico-que-flota-el-pacifico/)

[www.curriculumnacional/link/https://blogthinkbig.com/el-rostro-de-nuestros-desperdicios](http://www.curriculumnacional/link/https://blogthinkbig.com/el-rostro-de-nuestros-desperdicios)

[www.curriculumnacional/link/https://www.lavanguardia.com/natural/20160609/402387225954/isla-basura-pacifico.html](http://www.curriculumnacional/link/https://www.lavanguardia.com/natural/20160609/402387225954/isla-basura-pacifico.html)

## Bibliografía

### Didáctica

- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 26-41.  
[www.curriculumnacional/link/https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/download/2626/2275](http://www.curriculumnacional/link/https://reuredc.uca.es/index.php/eureka/article/download/2626/2275)
- Cofré, H. et al. (2010). La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 279-293.  
[www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07052010000200016&script=sci\\_arttext&tlng=e](http://www.curriculumnacional/link/https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07052010000200016&script=sci_arttext&tlng=e)
- Galagovsky, L. R., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.  
[www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf)
- Quintanilla, M. (2017). *Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias. Hacia una educación inclusiva y liberadora*. Santiago: Bellaterra.

### Enseñanza y didáctica de las Ciencias

- Ageitos, N., Puig, B., & Calvo Peña, X. (2017). *Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica*.  
[www.curriculumnacional/link/https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18848/6-1076-Ageitos.pdf?sequence=4](http://www.curriculumnacional/link/https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18848/6-1076-Ageitos.pdf?sequence=4)
- Aleixandre, M. P. J., Ros, A. C., de Torre, A. O., Rodríguez, E. P., & de Pro Bueno, A. (2003). *Enseñar ciencias*. Editorial Grao.
- Alís, J. C. et al (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.  
[www.curriculumnacional/link/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5166022.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5166022.pdf)
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique*, 52, 9-19.  
[www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/profile/Pedro\\_Canal\\_De\\_Leon/publication/39220389\\_La\\_investigacion\\_escolar\\_hoy/links/0deec5399b6b954ad0000000/La-investigacion-escolar-hoy.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Canal_De_Leon/publication/39220389_La_investigacion_escolar_hoy/links/0deec5399b6b954ad0000000/La-investigacion-escolar-hoy.pdf)
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.  
[www.curriculumnacional/link/https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/75824/96328](http://www.curriculumnacional/link/https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/75824/96328)

- López, V., Cousó, D., Simarro, C. (2018). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. *Revista de Educación a Distancia*.
- Gómez, A., Quintanilla, M. (2015). *La Enseñanza de las Ciencias Naturales basada en Proyectos*. Bellaterra: Santiago.
- Meinardi, E. (2010). *Educación en ciencias*. Buenos Aires: Paidós
- Pérez, D. G., & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista iberoamericana de educación*, 42(1), 31-53.

[www.curriculumnacional/link/https://www.redalyc.org/pdf/800/80004203.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://www.redalyc.org/pdf/800/80004203.pdf)

- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 239-266.

[www.curriculumnacional/link/http://www.academia.edu/download/39757605/didactica\\_experimental.pdf](http://www.curriculumnacional/link/http://www.academia.edu/download/39757605/didactica_experimental.pdf)

### Naturaleza de las Ciencias

- Adúriz-Bravo, A. (2005) *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Alonso, Á. V., & Mas, M. A. M. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, (37), 187-208.

[www.curriculumnacional/link/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/118066.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/118066.pdf)

- Fernández, I. et al. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

[www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p477.pdf](http://www.curriculumnacional/link/https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p477.pdf)

- Quintanilla, M., Daza, S., Cabrera, H. (2014). *Historia y Filosofía de las Ciencias. Aportes para una "nueva aulas de ciencia", promotora de ciudadanía y valores*. Santiago: Bellaterra.
- Chalmers, A. (2010) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (4ª edición). España: Siglo XXI.
- Feyerabend, P. (2013) *Filosofía natural*. Buenos Aires: Debate.

### Ciencias biológicas

- Alberts, B. et al. (2016). *Biología molecular de la célula*. Omega.
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2008). *Biología: La vida en la Tierra*. Pearson educación.
- Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2014). *La célula*. Marbán.
- Curtis H. et al. (2008). *Biología*. 7ª Edición. Editorial Médica Panamericana.
- De Robertis, E. M., & Hib, J., Ponzio, R. (2010). *Biología celular y molecular de De Robertis*. Editorial El Ateneo.
- Lodish, H. et al (2016). *Biología celular y molecular*. Editorial Médica Panamericana.
- Salazar A., Sandoval, A., Armendáriz, J. (2013). *Biología molecular. Fundamentos y aplicaciones en las ciencias de la salud*. McGraw Hill Education.
- Watson, J. et al. (2016). *Biología molecular del gen*. Editorial Médica Panamericana.

## Anexos

### Anexo 1. Tabla de representación de las Grandes Ideas de la ciencia y acerca de la ciencia en módulos y asignaturas de Ciencias.

Grandes Ideas N°	Ciencias para la ciudadanía				Biología de los ecosistemas	Biología celular y molecular	Ciencias de la salud	Física	Química
	Bienestar y salud	Seguridad: prevención y autocuidado	Ambiente y sostenibilidad	Tecnología y sociedad					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

#### Grandes Ideas de la Ciencia

GI.1 Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medio ambiente.

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.

GI.3 La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.

GI.4 La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos.

GI.5 Todo material del Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.

GI.6 La cantidad de energía en el Universo permanece constante.

GI.7 El movimiento de un objeto depende de las interacciones en que participa.

GI.8 Tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y tienen las condiciones necesarias para la vida.

#### Grandes Ideas acerca de la Ciencia

GI.9 La ciencia supone que por cada efecto hay una o más causas.

GI.10 Las explicaciones, las teorías y modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de los hechos conocidos en su momento.

GI.11 Las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicancias éticas, sociales, económicas y políticas.

GI.12 El conocimiento producido por la ciencia se utiliza en algunas tecnologías para crear productos que sirven a propósitos humanos.

## Anexo 2. Rúbricas para la evaluación del proyecto

### RÚBRICA PARA EL TRABAJO COLABORATIVO

El proyecto tiene uno o más de los siguientes problemas en cada área

El proyecto incluye algunas características del proyecto efectivo, pero presenta algunas debilidades

El proyecto tiene las siguientes fortalezas

Desempeño individual	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>1</b></p> <p><b>Se hace responsable de sí mismo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No demuestra preparación, información y disposición para trabajar en equipo.</li> <li>No usa las herramientas tecnológicas acordadas con el equipo para comunicar y gestionar las tareas de proyecto.</li> <li>No hace la mayoría de las tareas del proyecto o no las completa a tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general demuestra preparación, información y disposición para trabajar con el equipo.</li> <li>Usa las herramientas tecnológicas acordadas con el equipo para comunicar y gestionar las tareas del proyecto, pero de manera consistente.</li> <li>Realiza algunas tareas pero necesita que se le recuerde al respecto.</li> <li>Completa la mayoría de las tareas a tiempo.</li> <li>A veces usa retroalimentación de los otros para mejorar su trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demuestra preparación, información y disposición para trabajar; estando bien informado acerca del tema del proyecto y cita y usa la evidencia para investigar y reflexionar acerca de ideas con el equipo.</li> <li>Usa sistemáticamente las herramientas tecnológicas acordadas con el equipo para comunicar y gestionar las tareas del proyecto.</li> <li>Realiza las tareas sin que se le tenga que recordar al respecto.</li> <li>Completa la totalidad de las tareas a tiempo.</li> <li>Usa la retroalimentación de los otros para mejorar su trabajo.</li> </ul>
<p><b>2</b></p> <p><b>Ayuda al equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No ayuda al equipo a resolver problemas; puede generar problemas.</li> <li>No hace preguntas de sondeo ni expresa ideas o elabora en respuesta a preguntas y discusiones.</li> <li>No da retroalimentación útil a los otros.</li> <li>No ofrece ayudar a los otros si estos lo necesitan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coopera con el equipo, pero puede no ser activo en la ayuda para solucionar problemas.</li> <li>A veces expresa sus ideas claramente, hace preguntas de sondeo y elabora en respuesta a preguntas y discusiones.</li> <li>Da retroalimentación a otros, pero esto no es siempre útil.</li> <li>A veces ofrece ayudar a los otros si estos lo necesitan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayuda al equipo a resolver problemas y manejar los conflictos.</li> <li>Ayuda a la generación de discusiones efectivas al expresar sus ideas claramente, hacer preguntas de sondeo, asegurarse que todos sean escuchados y al responder de manera reflexiva ante nueva información y perspectivas.</li> <li>Da retroalimentación efectiva (específica, factible y apoyadora) a los otros para que puedan mejorar su trabajo.</li> <li>Ofrece ayuda a los otros si es que los necesitan.</li> </ul>
<p><b>3</b></p> <p><b>Respeto a otros</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es irrespetuoso o poco amable con sus compañeros de equipo (puede interrumpir, ignorar las ideas de los otros o herir sentimientos)</li> <li>No reconoce o respeta otras posturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, es educado y amable con sus compañeros de equipo.</li> <li>En general, reconoce y respeta las posturas de los otros y al estar en desacuerdo, lo expresa de forma diplomática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es educado y amable con sus compañeros de equipo.</li> <li>Reconoce y respeta las posturas de los otros y al estar en desacuerdo, lo expresa de forma diplomática.</li> </ul>



## RÚBRICA PARA EL PENSAMIENTO CRÍTICO

El proyecto tiene uno o más de los siguientes problemas en cada área

El proyecto incluye algunas características del proyecto efectivo, pero presenta algunas debilidades

El proyecto tiene las siguientes fortalezas

Oportunidad de pensamiento crítico en las fases del proyecto	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>1</b></p> <p><b>Lanzamiento del proyecto.</b></p> <p><b>Analiza la pregunta clave e inicia la indagación.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo ve los aspectos superficiales de la pregunta clave o solo un punto de vista de la misma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica algunos aspectos centrales de la pregunta clave, pero puede no ver sus complejidades ni considerar variados puntos de vista.</li> <li>Realiza preguntas complementarias acerca del tema o acerca de lo que la audiencia o usuarios del producto quieren o necesitan, pero no indaga lo suficiente en ello.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demuestra comprensión acerca de los aspectos centrales de la pregunta clave, identificando en detalle lo que se necesita saber para responderla y considerando varios posibles puntos de vista para responderla.</li> <li>Realiza preguntas complementarias que permiten enfocar o ampliar la indagación, si es que se necesita.</li> <li>Hace preguntas complementarias para lograr la comprensión acerca de lo que la audiencia o usuarios del producto quieren o necesitan.</li> </ul>
<p><b>2</b></p> <p><b>Construcción de conocimiento, comprensión y habilidades.</b></p> <p><b>Recopilar y evaluar información.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es incapaz de integrar la información para responder la pregunta clave; recopila muy poca o demasiada información y esta es irrelevante o viene de muy pocas fuentes.</li> <li>Acepta la información sin cuestionar su validez ni evaluar su calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intenta integrar la información para responder la pregunta clave; pero puede ser muy poca o demasiada información y/o viene de muy pocas fuentes o de algunas irrelevantes.</li> <li>Comprende que la calidad de la información debe ser considerada pero no aplica este criterio de manera rigurosa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integra suficiente información relevante para responder la pregunta clave. Esta información proviene de múltiples y variadas fuentes.</li> <li>Evalúa de manera rigurosa la calidad de la información (considera su utilidad, precisión y credibilidad; distingue los hechos de las opiniones; reconoce el sesgo).</li> </ul>

Oportunidad de pensamiento crítico en las fases del proyecto	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> <p><b>Desarrollo y revisión de ideas y productos.</b></p> <p><b>Uso de evidencia y sus normas de evaluación.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acepta argumentos para la obtención de posibles respuestas a la pregunta clave sin cuestionar si su razonamiento es válido.</li> <li>• Usa la evidencia sin considerar cuán sólida esta es.</li> <li>• Confía en "su instinto" para evaluar y revisar las ideas, prototipos de productos o soluciones a los problemas (no usa las normas de evaluación).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce la importancia y necesidad de un razonamiento válido y evidencia sólida, pero no los evalúa de forma cuidadosa al formular respuestas a la pregunta clave.</li> <li>• Evalúa y revisa ideas, prototipos de producto, soluciones a los problemas, basándose en normas incompletas o inválidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa argumentos para la obtención de posibles respuestas a la pregunta clave considerando si es que el razonamiento es válido y la evidencia es relevante y suficiente.</li> <li>• Justifica la elección de los criterios usados para evaluar las ideas, prototipos de productos o soluciones a los problemas.</li> <li>• Revisa los borradores, diseños y soluciones inadecuadas y explica por qué no se ajustan a las normas.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>4</b></p> <p><b>Presentación de productos y la respuesta a la pregunta clave.</b></p> <p><b>Justifica sus elecciones, considera alternativas y sus implicancias.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elige un medio para presentar sin considerar las ventajas y desventajas de usar otros medios para presentar un tema o idea en particular.</li> <li>• No es capaz de dar razones válidas o evidencia adecuada para defender elecciones con el fin de responder la pregunta central o crear productos.</li> <li>• No considera ni respuestas alternativas, ni distintos diseños del producto o diferentes puntos de vista para responder a la pregunta clave.</li> <li>• No es capaz de explicar el nuevo conocimiento ganado a través de la realización del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera las ventajas y desventajas de usar diferentes medios para presentar un tema o idea en particular, pero no de forma rigurosa.</li> <li>• Explica opciones tomadas al responder la Pregunta clave o la creación de productos, pero algunas razones no son válidas o carecen de evidencia que las apoye.</li> <li>• Entiende que puede haber alternativas de respuestas a la pregunta de manejo o diseños para productos, pero no los considera cuidadosamente.</li> <li>• Puede explicar algunas cosas aprendidas en el proyecto, pero no está del todo claro acerca de nuevos conceptos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las ventajas y desventajas de usar otros medios para presentar un tema o idea.</li> <li>• Justifica sus elecciones al responder la pregunta central o al crear productos dando razones válidas con evidencia que las respalde.</li> <li>• Reconoce las limitaciones de una sola respuesta a la pregunta central o al diseño del producto (cómo puede no ser completa, certera o perfecta) y considera perspectivas alternativas.</li> <li>• Puede explicar claramente los nuevos aprendizajes adquiridos en el proyecto y cómo estos pueden ser transferidos a otras situaciones o contextos.</li> </ul>

## RÚBRICA DE PENSAMIENTO CREATIVO E INNOVACIÓN

El proyecto tiene uno o más de los siguientes problemas en cada área

El proyecto incluye algunas características del proyecto efectivo, pero presenta algunas debilidades

El proyecto tiene las siguientes fortalezas

Oportunidad de creatividad e innovación en distintas fases del proyecto	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>1</b></p> <p><b>Lanzamiento del proyecto.</b></p> <p><b>Definición del desafío creativo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede solo "seguir instrucciones" sin comprender el propósito de la innovación o considerar las necesidades e intereses del público objetivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende el propósito de la innovación, pero no considera a cabalidad las necesidades e intereses del público objetivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende el propósito de la innovación (¿quién necesita esto? ¿por qué?)</li> <li>• Desarrolla perspicacia acerca de las necesidades e intereses del público objetivo.</li> </ul>
<p><b>2</b></p> <p><b>Construcción de conocimiento, comprensión y habilidades.</b></p> <p><b>Identifica fuentes de información</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa solo fuentes de información usuales (página web, libro, artículo).</li> <li>• No ofrece nuevas ideas durante las discusiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuentra una o dos fuentes de información que no son las usuales (página web, libro, artículo).</li> <li>• Ofrece nuevas ideas durante las discusiones, pero sus puntos de vista son poco variados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuentra maneras o lugares inusuales para obtener nueva información (adultos expertos, miembros de la comunidad, empresas, organizaciones, literatura), además de las fuentes usuales (página web, libro, artículo).</li> <li>• Promueve puntos de vista divergentes y creativos durante las discusiones.</li> </ul>
<p><b>3</b></p> <p><b>Desarrollo y revisión de ideas y productos.</b></p> <p><b>Generación y selección de ideas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanece dentro de los parámetros ya existentes; no usa técnicas para la generación de ideas para el desarrollo de nuevas ideas para la creación de productos.</li> <li>• Selecciona una idea sin evaluar su calidad.</li> <li>• No formula nuevas preguntas ni elabora la idea seleccionada.</li> <li>• No considera ni usa la retroalimentación y la crítica para revisar el producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrolla algunas ideas originales para los productos, utilizando una o dos veces las técnicas de generación de ideas.</li> <li>• Evalúa las ideas antes de seleccionar una, pero no de manera rigurosa.</li> <li>• Formula una o dos preguntas nuevas, pero puede hacer solo pequeñas modificaciones a la idea seleccionada.</li> <li>• Demuestra algo de imaginación al dar forma a las ideas para la elaboración de un producto, pero permanece dentro de límites convencionales.</li> <li>• Considera y usa la retroalimentación y la crítica para revisar el producto, pero no busca esta retroalimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa técnicas para la generación de ideas para el desarrollo de nuevas ideas para la creación de productos.</li> <li>• Evalúa cuidadosamente la calidad de las ideas y selecciona la mejor para darle forma a un producto.</li> <li>• Formula preguntas nuevas y toma distintas perspectivas para elaborar y mejorar la idea seleccionada.</li> <li>• Usa el ingenio y la imaginación y se sale de los límites convencionales al dar forma a las ideas para la elaboración de un producto.</li> <li>• Busca y usa la retroalimentación y la crítica para revisar el producto y así cumplir de una mejor manera con las necesidades del público objetivo.</li> </ul>

Oportunidad de creatividad e innovación en distintas fases del proyecto	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>4</b></p> <p><b>Presentación de productos y respuestas a las preguntas centrales.</b></p> <p><b>Presentación del trabajo a los usuarios o público objetivo.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta ideas y productos de forma convencional (presentaciones ppt, cargadas de texto, recitación de notas, falta de elementos de interacción con la audiencia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Añade algunos detalles que poseen atractivo visual a los medios utilizados en la presentación.</li> <li>• Intenta incluir elementos en la presentación que la harán más animada y atractiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crea medios para una presentación atractiva visualmente, evitando las formas convencionales (presentaciones ppt cargadas de texto, recitación de notas, falta de elementos de interacción con la audiencia).</li> <li>• Incluye elementos en la presentación que son especialmente vivaces, llamativos o poderosos y acordes al público objetivo.</li> </ul>
<p><b>5</b></p> <p><b>Originalidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa modelos, ideas o direccionamientos existentes; no es original o único.</li> <li>• Sigue reglas y convenciones; usa materiales e ideas de maneras típicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene algunas ideas novedosas o considera mejoras, pero algunas de estas ideas son predecibles o convencionales.</li> <li>• Puede tentativamente tratar de desmarcarse de las reglas y convenciones, o encontrar nuevos usos para materiales e ideas comunes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es novedoso, único y sorpresivo; muestra un toque personal.</li> <li>• Puede romper las reglas y convenciones de manera exitosa o usar materiales e ideas comunes de formas nuevas, inteligentes y sorpresivas.</li> </ul>
<p><b>6</b></p> <p><b>Valor</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es útil o valioso para el público objetivo/usuario.</li> <li>• No funcionaría en el mundo real porque es poco práctico o inviable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es útil y valioso en cierta medida; puede no resolver ciertos aspectos del problema o ajustarse exactamente a la necesidad previamente identificada.</li> <li>• No queda claro si es que el producto sería práctico o viable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El producto se percibe como útil y valioso, resuelve el problema ya definido o la necesidad previamente identificada.</li> <li>• Es práctico y viable.</li> </ul>
<p><b>7</b></p> <p><b>Estilo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es seguro, común y corriente y, de hecho, es un estilo convencional.</li> <li>• Contiene tres o más elementos que no son coherentes entre sí, dificultando su comprensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene algunos toques interesantes, pero carece de un estilo distintivo.</li> <li>• Tiene uno o dos elementos que pueden ser excesivos o no coherentes entre sí.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está bien diseñado, es llamativo, tiene un estilo distintivo pero adecuado al propósito.</li> <li>• Combina diferentes elementos logrando un todo coherente.</li> </ul>

Nota: El término "producto" se usa en esta rúbrica como un término que abarca el resultado del proceso de innovación durante un Proyecto. Un producto puede ser un objeto construido, una propuesta, presentación, solución a un problema, servicio, sistema, obra artística o literaria, un invento, un evento, una mejora a un producto existente, etc.

## RÚBRICA DE DISEÑO DEL PROYECTO

El proyecto tiene uno o más de los siguientes problemas en cada área

El proyecto incluye algunas características del proyecto efectivo, pero presenta algunas debilidades

El proyecto tiene las siguientes fortalezas

	No presenta las características del Proyecto efectivo	Necesita más desarrollo	Incluye características del proyecto efectivo
<p><b>1</b></p> <p><b>Metas de aprendizaje del estudiante: conocimiento esencial, comprensión y habilidades para alcanzar el éxito</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las metas de aprendizaje del estudiante no son claras ni específicas: el proyecto no está enfocado en los estándares.</li> <li>El proyecto no abarca, evalúa o demuestra el desarrollo de habilidades para el éxito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto se enfoca en los estándares derivados del conocimiento y de la comprensión, pero puede referirse a muy pocas o demasiadas metas o metas sin mucha importancia.</li> <li>Las habilidades para el éxito están presentes, pero pueden ser demasiadas para ser enseñadas y evaluadas de manera adecuada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto se enfoca en la enseñanza de habilidades y conocimiento importante enfocado en los estudiantes. Estos conocimientos se ajustan a los estándares y representan conocimientos centrales de las asignaturas.</li> <li>Las habilidades para el éxito se abordan de manera explícita para ser enseñadas y evaluadas, como lo son el pensamiento creativo, la colaboración, la creatividad y la gestión del proyecto.</li> </ul>
<p><b>2</b></p> <p><b>Problema o pregunta desafiante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto no se enfoca en un problema o pregunta central (es más parecido a una unidad con varias tareas); o el problema o pregunta es muy fácil de resolver o de responder para que la existencia del proyecto se justifique.</li> <li>El problema o pregunta inicial no gira en torno a una pregunta que sea esencial para el proyecto o presenta graves fallas como, por ejemplo:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;Tiene una sola y/o simple respuesta.</li> <li>&gt;No es motivante para los estudiantes (suena demasiado compleja o académica, como si viniera de un libro y, por ende, es atractiva solo para el profesor).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto se enfoca en un problema o pregunta central, pero el nivel de desafío puede ser inapropiado para los estudiantes a quienes va dirigido.</li> <li>La pregunta inicial para el proyecto se relaciona con el mismo, pero no captura su problema o pregunta central (puede ser más como una temática más amplia).</li> <li>La pregunta inicial cumple con algunos de los criterios presentes en la columna de "incluye las características" pero carece de otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto se enfoca en un problema o pregunta central con un desafío apropiado.</li> <li>El proyecto se enmarca en una pregunta inicial que es:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;Abierta: hay más de una respuesta correcta.</li> <li>&gt;Comprensible e inspiradora para los estudiantes.</li> <li>&gt;Alineada con las metas de aprendizaje. Para responder esta pregunta los estudiantes deberán obtener las habilidades, conocimiento y comprensión adecuados.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>3</b></p> <p><b>Indagación constante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto es más bien una actividad de hacer o construir cosas que un proceso extendido de indagación. No existe un proceso para que los estudiantes generen preguntas que guíen la indagación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La indagación es limitada (puede ser breve y ocurrir solo una o dos veces en el proyecto; la búsqueda de información es la tarea principal; no existen preguntas realmente profundas).</li> <li>Los estudiantes generan preguntas, pero mientras algunas pueden ser cubiertas, otras no son usadas para guiar la indagación y, por ende, no afectan el camino que toma el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La indagación es sostenida a lo largo del tiempo y es rigurosa académicamente (los estudiantes hacen preguntas, buscan e interpretan datos, desarrollan y evalúan soluciones o construyen evidencia para obtener respuestas y generar nuevas preguntas).</li> <li>A lo largo del proyecto, la indagación está conducida por preguntas generadas por parte de los estudiantes que son fundamentales para el desarrollo del proyecto.</li> </ul>

	No presenta las características del Proyecto efectivo	Necesita más desarrollo	Incluye características del proyecto efectivo
<p><b>4</b></p> <p><b>Autenticidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto se asemeja a un trabajo en clases tradicional; carece de tareas, herramientas y contexto del mundo real. No genera un impacto real en el mundo ni habla de los intereses personales de los estudiantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto presenta algunas características auténticas, pero estas pueden ser limitadas o ser lejanas a las necesidades del contexto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El proyecto presenta un contexto auténtico y tareas y herramientas del mundo real; cumple estándares de calidad, genera un impacto en el mundo y habla sobre las preocupaciones, intereses o identidades personales de los estudiantes.</li> </ul>
<p><b>5</b></p> <p><b>Voz y elección del estudiante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se les da oportunidad a los estudiantes para que expresen su voz y tomen decisiones que afecten el contenido o proceso del proyecto; el proyecto está dirigido por el docente.</li> <li>O bien, se espera que los estudiantes trabajen de manera demasiado independiente sin una guía adecuada por parte del docente y/o que trabajen de esta manera antes de que sean capaces de hacerlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se les dan pocas oportunidades a los estudiantes para que expresen su voz y tomen decisiones de mediana importancia (decidir cómo dividir tareas dentro del grupo o qué sitio web usar para investigar).</li> <li>Los estudiantes trabajan, en cierta medida de manera independiente del docente, pero podrían hacer más por sí solos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes tienen oportunidades para expresar su voz y tomar decisiones acerca de los temas importantes (temas a investigar, preguntas, textos y recursos usados, gente con quien trabajar, productos a ser creados, uso del tiempo, organización de las tareas).</li> <li>Los estudiantes tienen oportunidades para tomar responsabilidades significativas y trabajar lo más independientemente del profesor como sea apropiado hacerlo, pero de manera guiada.</li> </ul>
<p><b>6</b></p> <p><b>Reflexión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes y el docente no participan en conjunto de la reflexión acerca de qué y cómo los estudiantes aprenden acerca del diseño del proyecto y su gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes y el docente participan en conjunto de algún tipo de reflexión acerca del proyecto y luego de la culminación del mismo, pero no de forma regular o en profundidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes y el docente participan en conjunto de una reflexión profunda y comprensiva tanto durante el proyecto como después de su culminación. Reflexionan también acerca de cómo aprenden los estudiantes, el diseño del proyecto y su gestión.</li> </ul>
<p><b>7</b></p> <p><b>Crítica y revisión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes obtienen retroalimentación limitada o irregular acerca de sus productos y el trabajo en progreso y esta retroalimentación es solo por parte de él, no de los pares.</li> <li>No se requiere su utilización o los estudiantes no saben cómo utilizarla para revisar y mejorar su trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se provee a los estudiantes de oportunidades para dar y recibir retroalimentación acerca de la calidad de los productos y del trabajo en progreso, pero este espacio para la retroalimentación puede carecer de estructura o solo existir una vez.</li> <li>Los estudiantes leen o reciben oralmente la retroalimentación acerca de su trabajo, pero no la usan para revisar y mejorar su trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se provee regular y estructuradamente a los estudiantes de oportunidades para dar y recibir retroalimentación acerca de la calidad de los productos y del trabajo en progreso por parte de los pares, los docentes y de otros fuera de la clase, si la ocasión lo amerita.</li> <li>Los estudiantes usan la retroalimentación acerca de su trabajo para revisarlo y mejorarlo.</li> </ul>
<p><b>8</b></p> <p><b>Producto</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes no hacen de su producto algo público que se presente a una audiencia o que se ofrezca a la gente más allá de la clase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El trabajo de los estudiantes se hace público solo para los compañeros y el docente.</li> <li>Los estudiantes presentan productos pero no se les pide que expliquen cómo trabajaron ni qué aprendieron.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El trabajo de los estudiantes se hace público al presentar, mostrar u ofrecerlo a la gente más allá de la clase.</li> <li>Se les pregunta a los estudiantes que expliquen las razones que justifican sus elecciones, su proceso de indagación, cómo trabajaron, qué aprendieron etc.</li> </ul>



## RÚBRICA DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

El proyecto tiene uno o más de los siguientes problemas en cada área

El proyecto incluye algunas características del proyecto efectivo, pero presenta algunas debilidades

El proyecto tiene las siguientes fortalezas

	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>1</b></p> <p><b>Explicación de las ideas e información</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No presenta información, argumentos, ideas o hallazgos de forma concisa y lógica; el argumento no contiene evidencia que lo valide; la audiencia no puede seguir la línea de razonamiento.</li> <li>• La selección de información, desarrollo de ideas y el estilo son inapropiados para el propósito, tarea y audiencia (puede ser demasiada o muy poca información o un enfoque erróneo).</li> <li>• No se refiere a perspectivas o puntos de vista alternativos u opuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta información, argumentos, hallazgos y evidencia de una manera que no siempre es clara, concisa y lógica; la línea de razonamiento es a veces difícil de seguir por parte de la audiencia.</li> <li>• Intenta seleccionar información, desarrollar ideas y usar un estilo apropiados para el propósito, tarea y audiencia, que no son por completo exitosos.</li> <li>• Intenta referirse a perspectivas alternativas u opuestas, pero no de forma completa o clara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta información, argumentos, hallazgos y evidencia en forma clara, concisa y lógica; la línea de razonamiento se puede seguir fácilmente por parte de la audiencia.</li> <li>• Selecciona información, desarrolla ideas y usa un estilo apropiado al propósito, la tarea y la audiencia.</li> <li>• Abarca perspectivas alternativas u opuestas de manera clara y acabada.</li> </ul>
<p><b>2</b></p> <p><b>Organización</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No cumple los requerimientos con respecto a lo que debe ser incluido en la presentación.</li> <li>• No incluye una introducción y/o conclusión.</li> <li>• Usa el tiempo de manera poco adecuada; la totalidad de la presentación o parte de ella es muy corta o muy larga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple la mayoría de los requerimientos respecto de los requerimientos con respecto a lo que debe ser incluido en la presentación.</li> <li>• Una introducción y conclusión, pero no son claras ni interesantes.</li> <li>• Generalmente organiza bien el tiempo, pero puede usar demasiado o muy poco tiempo en un tema, material de apoyo o idea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple todos los requerimientos con respecto a lo que debe ser incluido en la presentación.</li> <li>• Incluye una introducción y conclusión que son claras e interesantes.</li> <li>• Organiza bien el tiempo y no hay ninguna parte de la presentación que sea o muy larga o muy corta.</li> </ul>
<p><b>3</b></p> <p><b>Mirada y lenguaje corporal</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No mira a la audiencia, lee las notas o láminas.</li> <li>• No usa gestos o movimientos.</li> <li>• Carece de pose y confianza (mueve los dedos, se agacha, se ve nervioso).</li> <li>• Usa ropa inapropiada para la ocasión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene contacto visual con poca frecuencia. Lee las notas o diapositivas la mayor parte del tiempo.</li> <li>• Utiliza algunos gestos o movimientos que no parecen naturales.</li> <li>• Presenta una actitud que demuestra confianza y adecuación a la situación. Solo se observa un poco de inquietud y movimiento nervioso.</li> <li>• Intenta usar una presentación personal adecuada para la ocasión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene contacto visual con la audiencia la mayor parte del tiempo; solo en algunas ocasiones mira las notas o diapositivas.</li> <li>• Utiliza gestos y movimientos naturales.</li> <li>• Presenta una actitud que demuestra confianza y adecuación a la situación.</li> <li>• Posee una presentación personal acorde a la ocasión.</li> </ul>

	Bajo el estándar	Acercándose al estándar	Cumple el estándar
<p><b>4</b></p> <p><b>Voz</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No pronuncia bien o habla demasiado bajo que dificulta la comprensión; frecuentemente usa muletillas (uhh, mmm, entonces, y, como, etc.) no adapta el discurso al contexto y la tarea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La mayor parte del tiempo habla de manera clara; utiliza una voz lo suficientemente fuerte para que la audiencia pueda escuchar la mayor parte del tiempo, pero puede hablar ocasionalmente de forma monótona.</li> <li>Usa muletillas.</li> <li>Intenta adaptar el discurso al contexto o tarea, pero no es consistente o no tiene éxito en su intento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habla de manera clara y a un ritmo adecuado; ni muy rápido ni muy lento. Habla lo suficientemente fuerte para que todos puedan escuchar; cambia el tono y el ritmo para mantener el interés.</li> <li>Rara vez usa muletillas</li> <li>Adapta el discurso al contexto y la tarea.</li> <li>Domina el registro formal cuando su uso es necesario.</li> </ul>
<p><b>5</b></p> <p><b>Elementos de ayuda para la presentación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No usa elementos de audio, visuales o de medios.</li> <li>Usa solo uno o pocos elementos visuales, de audio o de medios pero estos no añaden valor a la presentación y pueden incluso distraer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usa elementos de audio, visuales o de medios, pero estos pueden a veces distraer o no añadir valor a la presentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usa elementos de audio, visuales o de medios bien elaborados para fortalecer la comprensión de los hallazgos, el razonamiento y la evidencia y añadir interés.</li> <li>Incorpora de forma adecuada y natural a la presentación los elementos visuales, de audio o de medios.</li> </ul>
<p><b>6</b></p> <p><b>Respuesta a las preguntas de la audiencia</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No responde a las preguntas por parte de la audiencia (se sale del tema o no comprende las preguntas y no busca explicación o clarificación de las mismas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responde algunas preguntas de la audiencia, pero no siempre de forma clara o completa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responde las preguntas de la audiencia en forma clara y completa.</li> <li>Busca clarificaciones a las preguntas, admite cuando no sabe o explica cómo encontrar la respuesta cuando es incapaz de dar una respuesta.</li> </ul>
<p><b>7</b></p> <p><b>Participante en presentaciones de equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No todos los miembros del grupo participan; solo uno o dos de ellos hablan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los miembros del equipo participan, pero no en la misma proporción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los miembros del equipo participan por aproximadamente el mismo período de tiempo.</li> <li>Todos los miembros del equipo son capaces de responder las preguntas sobre el tema como un todo y no solo acerca de su parte de la presentación.</li> </ul>