



**PROGRAMA DE ESTUDIO**  
**FÍSICA**  
**PARA FORMACIÓN DIFERENCIADA**

Unidad de Currículum y Evaluación  
Noviembre de 2019

**Programa de Estudio Física 3° o 4° medio**  
Aprobado por el CNED acuerdo N°104/2019

Equipo de Desarrollo Curricular  
Unidad de Currículum y Evaluación  
Ministerio de Educación 2019

**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.....	5
Nociones básicas .....	6
Consideraciones generales.....	11
Orientaciones para planificar.....	16
Orientaciones para evaluar los aprendizajes .....	17
UNIDAD 1. Cosmos: ¿en qué momento y lugar del universo nos encontramos?.....	31
Actividad 1. ¿Cuál es el rol de los saberes ancestrales en la comprensión actual del cosmos?.....	32
Actividad 2. ¿Qué historia me han contado sobre la confrontación de los modelos geocéntrico y heliocéntrico del cosmos? .....	37
Actividad 3. Teoría del Big Bang: ¿de dónde viene y hasta dónde llega? .....	42
Actividad 4. Temas de frontera sobre el cosmos: ¡¿Estoy listo para ampliar mis horizontes?! .....	49
Actividad de evaluación. Cosmos: saberes e interrogantes.....	56
UNIDAD 2. Fuerzas centrales: ¿de qué tratan y cómo se manifiestan en mi vida? .....	59
Actividad 1. ¿Cómo explico un movimiento curvo desde la física?.....	61
Actividad 2. Newton y la fuerza de gravedad: ¡más que la caída de una manzana! .....	71
Actividad 3. ¿Vamos a modelizar los efectos de las fuerzas centrales?.....	76
Actividad 4. ¿Cómo y para qué poner un satélite artificial en órbita terrestre?.....	80
Actividad de evaluación. Fuerzas centrales en diversos contextos.....	84
UNIDAD 3. Cambio climático: del saber a la acción sostenible.....	86
Actividad 1. ¿Cómo las ciencias físicas nos ayudan a comprender el cambio climático? .....	88
Actividad 2. Profe, ¿somos responsables del cambio climático?.....	95
Actividad 3. ¿Cómo se relacionan los fenómenos naturales y socioambientales locales con los globales?.....	102
Actividad 4. Acción por el cambio climático: ¿cuál es mi parte en todo esto? .....	108
Actividad de evaluación. ¿Estoy en condiciones de liderar discusiones sobre cambio climático? ...	115
UNIDAD 4. Física moderna: ¿qué sabemos de lo más pequeño y lo más grande de la naturaleza?.....	119
Actividad 1. ¿Qué es relativo y qué absoluto? Einstein y sus nuevas ideas .....	121

Actividad 2. ¿Qué significa que el espacio-tiempo sea curvo? Einstein y la relatividad general.....	128
Actividad 3. La realidad en el mundo de lo muy pequeño. ¿Determinismo absoluto o determinismo probabilístico? .....	133
Actividad 4. ¿Qué nos aporta finalmente la física moderna? .....	142
Actividad de evaluación. ¿Puedo explicar diversos aspectos sobre la naturaleza de la realidad a partir de los saberes de la física moderna? .....	147
Proyecto interdisciplinario.....	152
Manual de orientación .....	152
Bibliografía.....	162
Anexos .....	164
Rúbrica Para El Trabajo Colaborativo .....	166
Rúbrica Para El Pensamiento Crítico .....	167
Rúbrica De Pensamiento Creativo E Innovación .....	169
Rúbrica De Diseño Del Proyecto.....	171
Rúbrica De Presentación Del Trabajo.....	173

# 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.

Así mismo, 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

---

<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).

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.

## **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.

### **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 3º y 4º MEDIO

La formación en los niveles de 3º y 4º 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 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.

- **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.

---

<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).

- **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.

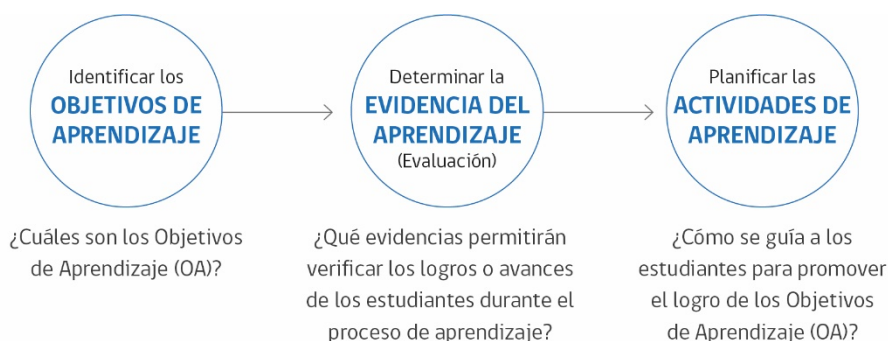
## 2. Determinar evidencias

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:

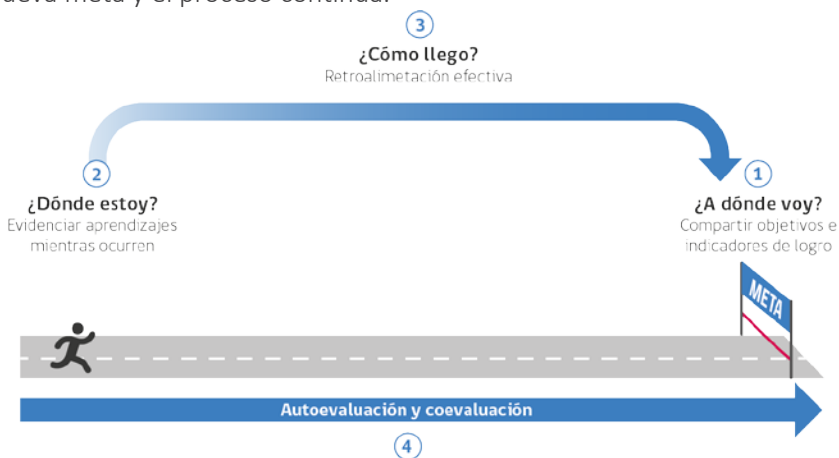
- Diseñar experiencias de evaluación que ayuden a los estudiantes a poner en práctica lo aprendido en situaciones que muestren la relevancia o utilidad de ese aprendizaje.
- Evaluar solamente aquello que los alumnos efectivamente han tenido la oportunidad de aprender mediante las experiencias de aprendizaje 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.

## 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.

Programa de Estudio Unidad 1

## UNIDAD 1: COSMOS: ¿EN QUÉ MOMENTO Y LUGAR DEL UNIVERSO NOS ENCONTRAMOS?

**PROPÓSITO DE LA UNIDAD**  
 Esta unidad busca que los estudiantes desarrollen criterios para la investigación, reflexión y el debate sobre la construcción del conocimiento acerca del origen y evolución del universo en diversas culturas y momentos de la historia, considerando interrogantes como las siguientes: ¿por qué las explicaciones científicas sobre el origen y evolución del universo generan controversia? ¿Cómo se relacionan los saberes ancestrales del cosmos con las teorías científicas acerca del universo? ¿Cuáles son los límites de validez de la cosmología actual?

<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p><b>OA2</b> Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</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>OAb</b> Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p><b>OAc</b> Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.</p> <p><b>OAE</b> Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p>	<p><b>INDICADORES DE EVALUACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifican y desarrollan investigaciones sobre el origen y evolución del universo a lo largo del tiempo, aplicando criterios historiográficos.</li> <li>• Describen las relaciones entre las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo y las evidencias que las sustentan.</li> <li>• Evalúan evidencias y alcances que sustentan explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</li> <li>• Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.</li> <li>• Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.</li> </ul>
--	---

**CONOCIMIENTOS**

- Modelos y teorías científicas sobre el origen y evolución del universo: desarrollo histórico, controversias, evidencias, límites de validez y actuales interrogantes.
- Cosmogonías de pueblos originarios de diversos territorios del planeta.
- Implicancias científicas, éticas, sociales y ambientales del desarrollo de conocimiento en cosmología.

## 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 diseñe sus propias actividades de evaluación.

## 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 1:

¿Cuál es el rol de los saberes ancestrales en la comprensión actual del cosmos?  
Duración: 9 horas pedagógicas

**PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD**  
Que los estudiantes investiguen y reflexionen sobre las cosmogonías de pueblos originarios de diversos lugares del mundo, y su rol en la comprensión actual del cosmos.

<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p><b>OA2</b> Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</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>OAB</b> Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.</p> <p><b>OAF</b> Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p>	<p><b>INDICADORES DE EVALUACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.</li> <li>• Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.</li> </ul>
--	---

**ACTITUDES**

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.

**DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD**  
**OBSERVACIÓN DIRECTA DEL CIELO NOCTURNO**  
Los estudiantes, a partir de la observación directa del cielo nocturno de su localidad, responden:

1. ¿Cuándo fue la última vez que observaste un cielo estrellado? Describe lo observado.
2. ¿Con qué frecuencia observan el cielo nocturno y con qué finalidad?
3. ¿Qué cuerpos celestes identifican con facilidad en el cielo? Describe los.

Programa de Estudio Unidad 1

### ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN:

Cosmos: saberes e interrogantes

<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p><b>OA2</b> Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</p> <p><b>OAE</b> Construir, usar y comunicar argumentos científicos.</p> <p><b>OAF</b> Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p><b>OAñ</b> Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.</p>	<p><b>INDICADORES DE EVALUACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúan evidencias y alcances que sustentan explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</li> <li>• Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.</li> <li>• Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.</li> </ul>
--	---

**DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN**  
**CONSTRUCCIÓN DE ARGUMENTOS**  
Los estudiantes responden las siguientes preguntas, a partir de la construcción de argumentos:

1. ¿Por qué la historia y filosofía de las ciencias favorecen una comprensión más integral de los saberes científicos en general, y de las cosmogonías en particular?
2. ¿A qué se deben las controversias históricas sobre la evolución del cosmos?
3. ¿Por qué la comunidad científica continúa legitimando la teoría del Big Bang, aun cuando presenta varias limitaciones?
4. ¿Por qué, en general, se continúa asumiendo la existencia de un solo universo?
5. ¿Pueden coexistir diversas cosmogonías en una misma cultura?, ¿por qué?
6. ¿Cómo se relaciona la cosmogonía científica actual con los saberes ancestrales del cosmos?
7. ¿Cuál de las imágenes corresponde a una representación científica sobre la evolución del cosmos? Expliquen.

# Física

## Propósitos formativos

Esta asignatura promueve que los estudiantes aprendan y profundicen sus conocimientos de y acerca de la Física, y que desarrollen habilidades y actitudes necesarias para entender y relacionarse con y en el mundo que los rodea, abordando problemas de forma integrada sobre la base del análisis de evidencia. Se espera que, al finalizar este curso, hayan profundizado en tópicos de mecánica clásica, física moderna, el universo y ciencias de la Tierra, lo que favorecerá que entiendan de modo integral el desarrollo y la evolución del conocimiento científico, y que puedan elaborar explicaciones sobre la organización y el funcionamiento de la naturaleza, desde lo más pequeño hasta las grandes estructuras estudiadas hasta ahora. Asimismo, se espera que valoren el estudio de la Física y su contribución a la calidad de vida de las personas, al bienestar social, al desarrollo del conocimiento científico y al cuidado del ambiente. Se busca también que desarrollen habilidades científicas como analizar, investigar, experimentar, comunicar y formular explicaciones con argumentos. Finalmente, se busca 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 presentan las principales definiciones conceptuales y didácticas en que se sustenta la asignatura Física.

### 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; evoluciona 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 adquieren aprendizajes profundos sobre objetos, materiales, fenómenos y relaciones del mundo natural.

En las Bases Curriculares de 1° básico a 2° medio se trabajan 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 presentan 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 medioambiente.
- 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 vivientes 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 a través 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 describen 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 es un conjunto de pericias que requieren establecer relaciones entre variables e identificar tendencias y patrones que explican su comportamiento, lo que facilita la interpretación y construcción de modelos, ya 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 proyectos y resolución de problemas

Toda asignatura ofrece oportunidades para que los estudiantes aborden problemas vinculados a 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 sobre 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-matemática) permite al estudiante aprender que la matemática 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; 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 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 promueven 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 sugieren 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 problemáticas contingentes, se sugiere la consideración y respeto por los saberes populares e ideas previas de los estudiantes, junto con la observación y 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 que 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 a través de preguntas y problemas científicos, y se involucren en la búsqueda de respuestas, mediante el diseño y 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 tiempo de aprendizaje, es conveniente organizar y concluir las experiencias educativas en torno a Grandes ideas; es decir, ideas claves 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 consciencia 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 a través del estudio de diversos casos históricos y contingentes a nivel nacional e internacional. Esto permite tomar consciencia de que el desarrollo y aplicaciones científicas y tecnológicas tienen consecuencias en los ámbitos social, ambiental, económico, político, ético y moral.

### **Territorialidad y sostenibilidad**

Para promover la consciencia 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 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 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 las maquetas, esquemas, dibujos científicos rotulados, organizadores gráficos) y abstractos (como los 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 otras.

### **Orientaciones para la evaluación**

De acuerdo con los propósitos formativos de la asignatura, se evalúan 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 la oportunidad a los estudiantes de demostrar lo que saben y son capaces de hacer.

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

Al aplicar diversos instrumentos de evaluación y en distintos contextos, 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 aprendizajes 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 de los de sus compañeros. Esto les permite entender qué desempeño se espera de ellos y, a la vez, tomar consciencia y responsabilidad progresiva de sus propios procesos de aprendizaje.

Algunos instrumentos de evaluación que se sugiere usar en ciencias son: 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 Física ha de promover entornos de aprendizaje motivadores para los y las estudiantes, enmarcando la comprensión y aplicación de conceptos y temas de la Física en contextos reales y significativos; las prácticas científicas en problemáticas de ciencias de la física clásica, moderna, de la Tierra y del universo; y el razonamiento lógico con mirada sistémica en el análisis y discusión de problemáticas reales y relevantes, tanto a nivel local como global. 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 Física, el docente puede considerar:

- El entorno cercano, tanto natural como cultural y social.
- Problemáticas naturales o sociales de la comunidad escolar en contexto local.
- Fenómenos naturales que puedan ocurrir en el entorno cercano.
- Problemáticas locales asociadas al cambio climático.
- Modificaciones en la naturaleza y la sociedad causadas por aplicaciones científicas o tecnológicas, como la generación de energía, el transporte, las comunicaciones, entre otras.
- El potencial astronómico de Chile, representado por la multitud de observatorios astronómicos de primer nivel instalados en nuestro país.

## Organización curricular

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

El electivo de Física presenta Objetivos de Aprendizaje de dos naturalezas: unos de habilidades<sup>3</sup>, comunes a todas las asignaturas científicas del nivel, y otros enfocados en el conocimiento y la comprensión. Ambos tipos de objetivos se entrelazan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, junto a las actitudes propuestas desde el marco de las 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. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.
- OA 2. Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.
- OA 3. Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.
- OA 4. Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.
- 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.

## Visión global

<b>UNIDAD 1</b> Cosmos: ¿en qué momento y lugar del universo nos encontramos?	<b>UNIDAD 2</b> Fuerzas centrales: ¿de qué tratan y cómo se manifiestan en mi vida?	<b>UNIDAD 3</b> Cambio climático: del saber a la acción sostenible	<b>UNIDAD 4</b> Física moderna: ¿qué sabemos de lo más pequeño y lo más grande de la naturaleza?
<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 2. Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.</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 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 h. Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.</p>	<p><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 3. Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.</p> <p>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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.</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 explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p>OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.</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 1. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.</p> <p>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.</p> <p>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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.</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><b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b></p> <p>OA 4. Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.</p> <p>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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.</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 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 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 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 explicar mecanismos y fenómenos naturales.</p> <p>OA g. Diseñar proyectos para encontrar soluciones a problemas, usando la imaginación y la creatividad.</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 i. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</p>
<p><b>ACTITUDES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.</li> <li>• Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.</li> <li>• Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.</li> </ul>	<p><b>ACTITUDES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar con perseverancia y proactividad para encontrar soluciones innovadoras a los problemas.</li> <li>• Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.</li> <li>• Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.</li> </ul>	<p><b>ACTITUDES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.</li> <li>• Tomar decisiones democráticas, respetando los derechos humanos, la diversidad y la multiculturalidad.</li> <li>• Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.</li> </ul>	<p><b>ACTITUDES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.</li> <li>• Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.</li> <li>• Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.</li> </ul>
<p><b>Tiempo estimado</b> 9 semanas</p>	<p><b>Tiempo estimado</b> 9 semanas</p>	<p><b>Tiempo estimado</b> 10 semanas</p>	<p><b>Tiempo estimado</b> 10 semanas</p>

## UNIDAD 1.

# Cosmos: ¿en qué momento y lugar del universo nos encontramos?

### PROPÓSITO

Esta unidad busca que los estudiantes desarrollen criterios para la investigación, reflexión y el debate sobre la construcción del conocimiento acerca del origen y evolución del universo en diversas culturas y momentos de la historia, considerando interrogantes como las siguientes: ¿por qué las explicaciones científicas sobre el origen y evolución del universo generan controversia? ¿Cómo se relacionan los saberes ancestrales del cosmos con las teorías científicas acerca del universo? ¿Cuáles son los límites de validez de la cosmología actual?

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2. Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

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 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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Planifican y desarrollan investigaciones sobre el origen y evolución del universo a lo largo del tiempo, aplicando criterios historiográficos.
- Describen las relaciones entre las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo y las evidencias que las sustentan.
- Evalúan evidencias y alcances que sustentan explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.
- Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

## Actividad 1. ¿Cuál es el rol de los saberes ancestrales en la comprensión actual del cosmos?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes investiguen y reflexionen sobre las cosmogonías de pueblos originarios de diversos lugares del mundo, y su rol en la comprensión actual del cosmos.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2

Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

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 f

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

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.
- Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.

### ACTITUDES

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Trabajar con empatía y respeto en el contexto de la diversidad, eliminando toda expresión de prejuicio y discriminación.

### DURACIÓN

9 horas pedagógicas.



## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observación directa del cielo nocturno

- Los estudiantes, a partir de la observación directa del cielo nocturno de su localidad, responden:
1. ¿Cuándo fue la última vez que observaste un cielo estrellado? Describan lo observado.
  2. ¿Con qué frecuencia observan el cielo nocturno y con qué finalidad?
  3. ¿Qué cuerpos celestes identifican con facilidad en el cielo? Descríbanlos.
  4. ¿Observamos el mismo cielo nocturno independiente de la latitud en la que nos encontremos? Explica.
  5. ¿Qué preguntas les surgen al observar el cielo nocturno? Registrenlas.
  6. ¿Lo que observamos hoy en el cielo habrá sido observado también por nuestros abuelos y bisabuelos, y por los abuelos y bisabuelos de ellos? ¿Y lo que observaron ellos en el cielo, habrá sido visto también por los pueblos originarios? Expliquen.

### Observaciones al docente

- Para la realización de la observación astronómica nocturna, elegir idealmente una noche despejada de nubes, lo más clara posible, ubicarse en el lugar más oscuro que se pueda (sin contaminación lumínica) y, especialmente, sin la presencia directa de la Luna. Preocuparse, también, de que sea un lugar seguro para los estudiantes.
- Hay que explicarles a los estudiantes que, previo a observar al cielo, el ojo humano debe acostumbrarse a la oscuridad durante unos 20 o 30 minutos. Recién después de ese tiempo empezarán a ver algo. Luces de linternas o celulares que lleguen a nuestros ojos harán que tengamos que acostumbrarnos nuevamente al nivel de oscuridad necesario, con lo cual se pierde mucho tiempo. Por lo mismo, es imperativo no usar los teléfonos celulares para fines distintos a los de la actividad.
- Para iluminar por donde caminan se puede solicitar a los estudiantes que porten linternas pequeñas envueltas en papel celofán rojo, para no encandilarse y perder sensibilidad en la visión.
- Es una oportuna instancia para activar conocimientos previos sobre las características de los cuerpos celestes.
- Para identificar los astros se pueden ayudar de un software gratuito como Mapa Estelar, que muestra el cielo visible en el lugar en que uno se encuentra al dirigirlo al cielo. Configurarlos antes para que muestre lo que se requiere; por ejemplo, en "Modo nocturno", que pone todo en rojo para no contaminar lumínicamente al usuario. Alternativamente, pueden llevar impreso un planisferio celeste de la zona donde realizarán la observación, el que pueden descargar en internet.
- También conviene usar un puntero láser (idealmente verde) para mostrar a los estudiantes las estrellas que conforman las constelaciones zodiacales disponibles en esa noche, dejando en claro que también existen otras posibles figuras dependiendo de la cultura.
- De no ser posible observar directamente el cielo nocturno, o como complemento, usan imágenes o videos disponibles en internet para identificar planetas, estrellas, la Vía Láctea, constelaciones, entre otros. Stellarium (<https://stellarium.org/es/>) y otros softwares pueden proyectarse a través de un data en un telón y simular una observación nocturna oscureciendo lo más posible la sala de clases, con la ventaja de que se ilustran imágenes que representan, según las mitologías clásicas (griega y romana) las distintas constelaciones.

### Lectura y reflexión

- Los estudiantes leen y responden preguntas a partir del siguiente texto:

Unas de las características distintivas de nosotros los seres humanos son la curiosidad y la imaginación, que se evidencian en esa capacidad de preguntárselo todo e intentar buscar las respuestas. Entre las preguntas más fundamentales que nos hacemos hace miles de años están: ¿cómo llegamos hasta aquí?, ¿hubo creación del cosmos? Si fue así, ¿cuándo y cómo ocurrió? Y también: ¿cuán grande es el universo?, ¿en qué lugar de él nos encontramos?, ¿vamos hacia algún lugar?, entre otras. Estas preguntas siguen vigentes, y les buscamos respuestas por distintos caminos, las que tienen semejanzas y diferencias.

(Fuente: Texto elaborado por equipo de ciencias UCE)

1. ¿Cuál será el objetivo del texto?
2. ¿Qué título piensan que representa de mejor manera el texto leído?
3. ¿Existe alguna relación entre las preguntas que se plantearon en la observación nocturna del cielo y las interrogantes sobre el cosmos que aparecen en el texto? Expliquen.
4. ¿Las preguntas del texto pueden responderse científicamente? Argumenten brevemente.
5. ¿Qué respuestas les habrán dado nuestros abuelos y bisabuelos a estas preguntas?
6. ¿Cómo habrán buscado respuestas a estas preguntas distintas culturas y pueblos originarios?

### Investigación

- Los estudiantes investigan sobre la cosmogonía de algún pueblo originario o civilización prístina, para lo cual:
  1. Buscan la definición de cosmogonía y reflexionan en torno a esta.
  2. Seleccionan algún pueblo originario o civilización, como quechua, aymara, atacameño, mapuche, kawashkar, selk´nam, colla, rapa nui, inca, maya, azteca, sioux, cherokee, shipibo, yawanawa, huichol, griego, vikingo, sumerio, egipcio, persa, chino, mongol, zulúes, batusi, indio, ainu, maorí, entre otros.
  3. Planifican la investigación por realizar, organizándose al interior de los grupos (si corresponde); buscando las fuentes de información en la biblioteca, sala de computación, la sala de clases o el hogar, si acuerdan tal cosa. Establecen los tiempos y fijan las metas.
  4. Buscan, seleccionan y analizan información en diversas fuentes (libros, revistas, artículos, documentales, entre otros.), y registran las fuentes de información utilizadas.
  5. Sintetizan la información recabada y la presentan al curso, haciendo uso de TIC.

#### Observaciones al docente

- Antes de que los estudiantes inicien la investigación es necesario asegurarse de que ellos comprendan correctamente la noción de *cosmogonía*, lo que es clave para que focalicen adecuadamente la búsqueda de información y su posterior análisis.  
Según la RAE, una cosmogonía puede ser entendida como relato mítico relativo a los orígenes del mundo, o bien, teoría científica que trata del origen y la evolución del universo.
- Es importante señalar que, en la mayor parte de la información disponible sobre pueblos originarios, no se hace alusión explícita a la palabra “universo”, sino que a la palabra “mundo”.
- Enfatizar que la información debiese ser seleccionada de manera crítica, haciendo cruces de información. En este sentido, que eviten el uso de blogs o páginas sin autores y referencias. No obstante, tener en cuenta y empatizar con la dificultosa realidad de, por un lado, encontrar información sobre la temática para cada pueblo (por razones de lengua, incentivos y motivación de la investigación etnográfica, la particularidad de que en un mismo territorio coexistan tantas posibles maneras de interpretar la posibilidad de creación de mundo, el resguardo por la tradición oral de los pueblos, la limitación de los buscadores en internet, entre otros), y, por otro lado, asumir una posición crítica y seleccionar el recurso que se piensa como adecuado. Hay que destacar aquí que este trabajo no es simple, ni siquiera para los expertos. La información no es siempre explícita y muchas veces hay que leerla entre líneas.
- Indicar que hubo muchos pueblos que no emplearon la escritura, y los mitos y leyendas sobre la creación del mundo solo se transmitieron oralmente, lo que hace más desafiante investigarlas. En algunos casos, como en la cosmogonía andina, el estudio de algunos símbolos encontrados en piedras o rocas puede ayudar.
- Para complementar los hallazgos bibliográficos, podría usarse el software Stellarium. Su uso ayudaría a conocer y empatizar todavía más con el pueblo originario escogido, pues, al poder seleccionar coordenadas espaciales y temporales específicas, permite identificar los astros que observaron; si vieron eclipses, entre otros fenómenos o cuerpos celestes. Esto podría incluso compensar la falta de información que podrían encontrar algunos grupos comparados con otros.
- Puede ser interesante enfatizar que hoy, por ejemplo, conocemos más sobre las contribuciones de las cosmogonías griegas y egipcias, pero esto no quiere decir que las representaciones sobre el cosmos de personas de pueblos originarios del continente americano u otros territorios del planeta sean menos importantes.

- En caso de ser posible, contáctese con personas pertenecientes a alguno de los pueblos originarios; por ejemplo, con una machi o kimches de la cultura mapuche, para entrevistarlos acerca de sus visiones sobre el origen del mundo. Con mucho respeto, explicarles el propósito de la entrevista y pedirles permiso para realizar algún registro audiovisual.
- Puede sugerir a los estudiantes, complementariamente, que pongan atención en los especialistas que investigan los mitos y leyendas acerca de la creación del universo y en qué se basan (por ejemplo, estudios arqueológicos, antropológicos o folclóricos) para realizar estas investigaciones.
- Se sugiere que los estudiantes no demoren más de 10 minutos en la presentación de cada cosmogonía.

### Conversatorio

- Los estudiantes participan de un conversatorio sobre las cosmogonías, guiados por preguntas como las siguientes:
1. ¿Qué características comunes y distintivas sobre cosmogonías de pueblos originarios identificaron durante la presentación de sus compañeros?
  2. ¿Las ideas sobre la creación del universo o del mundo de los pueblos originarios estudiados se basaron en evidencias o creencias? Expliquen brevemente.
  3. ¿Cuál podría ser la razón de la diversidad de interpretaciones sobre un posible origen del mundo? Expliquen.
  4. ¿Cómo las preguntas sobre el cosmos contribuyen al desarrollo integral del ser humano?
  5. ¿Cuál es el rol de la observación, la imaginación, la reflexión y la discusión en la búsqueda de respuestas a preguntas fundamentales sobre el universo que históricamente se ha planteado el ser humano?
  6. ¿Cómo ha influido la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías ancestrales?
  7. ¿Hay alguna relación entre las cosmogonías de culturas originarias y los saberes científicos actuales sobre el cosmos, por ejemplo, con la teoría del Big Bang? Argumenten.

#### Observaciones al docente

- Cautelar el ambiente actitudinal del espacio. El respeto entre ellos, y hacia las cosmogonías y contextos de otras culturas prístinas es relevante en una sociedad caracterizada por los cambios y la diversidad. Evitar posicionar a algunos como más inteligentes o importantes que otros.
- En el caso de que surjan dudas sobre los conocimientos científicos actuales de cosmología, es pertinente responder a los estudiantes en forma resumida e indicar que se profundizará en ello más adelante en esta unidad, y que así construirán sus propias conclusiones.

### Divulgación

- Finalmente, los estudiantes, sobre la base de las investigaciones realizadas y de lo conversado, elaboran un recurso de divulgación que responda a la siguiente pregunta: “¿cuál es el rol de los saberes ancestrales en la comprensión actual del cosmos?”.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
OA 6, 3° medio.

#### Observaciones al docente

- Durante la elaboración del recurso de divulgación, puede colaborar con los estudiantes a través de preguntas; por ejemplo: ¿para qué están diseñando el recurso?, ¿quién o quienes la leerán o verán?, ¿tienen la información necesaria o requieren de otros recursos?, ¿con qué les gustaría que se quedaran sus compañeros y la comunidad escolar?, ¿creen que la manera como se mostrará la información motivará y permitirá que sus compañeros comprendan lo que ustedes quieren comunicarles?
- Indicar a los estudiantes que cuentan con toda la libertad de inclusión de imágenes o videos, cautelando siempre la rigurosidad, el uso ético de la información y el respeto entre ellos.
- Recordar a los estudiantes que los seres humanos, independientemente del lugar y época de nacimiento, hemos buscado respuestas sobre un posible origen del universo y de nosotros mismos como parte de nuestro desarrollo integral, y que las respuestas obtenidas han estado influidas por la realidad geográfica,

social y cultural del momento, y que las guías han sido no solo la observación y el razonamiento, sino que también la imaginación y el instinto.

- Es pertinente que exista una evaluación por parte del docente y entre pares sobre la calidad del recurso de divulgación que considere: la integración de conocimientos, reflexiones y creatividad para dar respuesta a la pregunta planteada, la claridad de la información, la precisión, entre otros criterios.
- Se sugiere que, los recursos elaborados, con la respectiva autorización de estudiantes, sea compartido en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Esquivel, S., Artigas, D., Espinoza, P. (2012). *Cosmogonías. Mitos chilenos sobre el origen del mundo*. Ediciones Quilombo.  
<http://www.sociedadbellaterra.cl/publicaciones/?did=48>
- Mercado, C. (2005). *La creación selk`nam. Un mito de Tierra del Fuego*. Museo de Arte Precolombino. Recurso Audiovisual. 16 minutos. Recuperado de <https://vimeo.com/12952939>.
- Ñanculef, J. (2016). *Epistemología Mapuche. Sabiduría y Conocimientos*. FACSO. Recuperado de [http://www.uchileindigena.cl/wp-content/uploads/2016/10/Tayin%CC%83-Mapuche-kimun\\_29092016-1.pdf](http://www.uchileindigena.cl/wp-content/uploads/2016/10/Tayin%CC%83-Mapuche-kimun_29092016-1.pdf)
- Observatorio Alma. (2013). *El universo de nuestros abuelos*, Proyecto de Etnoastronomía Atacameña, recuperado de [https://almaobservatory.org/wp-content/uploads/2016/11/alma-etno\\_2013.pdf](https://almaobservatory.org/wp-content/uploads/2016/11/alma-etno_2013.pdf)
- Pavez, A.M. (2005) *Popol Vuh*. Museo de Arte Precolombino. Recurso audiovisual. 11 minutos. Recuperado de <https://vimeo.com/12953093>.
- Pozo, G., Canio, M. (2014). *Wenu Mapu. Astronomía y Cosmología mapuche*. Santiago: Ocho Libros Editores.
- Quintanilla, M. (2017). *Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias. Hacia una educación inclusiva y liberadora*. Santiago: Bellaterra.  
Recuperado de <http://www.sociedadbellaterra.cl/wp-content/uploads/2017/09/Multiculturalidad-y-diversidad-en-la-EC-RPC-290817.pdf>
- Raúl Varela, *Pueblos originarios*. Sitio Web. recuperado de <https://pueblosoriginarios.com/enlaces/cosmos2.html>
- Trivero, A. (2014). *Trentrenfilú*. Santiago: Ediciones Tácitas.

## Actividad 2. ¿Qué historia me han contado sobre la confrontación de los modelos geocéntrico y heliocéntrico del cosmos?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y debatan sobre la confrontación y transición de los modelos cosmológicos geocéntrico y heliocéntrico, considerando el contexto geográfico y sociocultural.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2

Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

OA b

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

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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

### ACTITUDES

- 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.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Investigación

- Los estudiantes investigan ideas y modelos sobre la localización de la Tierra en el universo en diversos momentos y lugares de la historia de la humanidad, para lo cual:
  1. Buscan y observan en silencio los videos *Lost horizon: the Big Bang* de la BBC y *Dirección cósmica*, de la serie *Cosmos* de National Geographic Channel, ambos disponibles en YouTube.
  2. Reflexionan en pares a partir de la siguiente pregunta: si existiese un Google Maps del cosmos, ¿en qué lugar del universo estaría la Tierra?
  3. Escuchan o leen un texto como el siguiente:

¿Qué lugar ocupamos en el universo?

Han sido innumerables los intentos realizados para dar respuesta a la interrogante sobre el probable lugar que ocupamos en el universo, búsqueda que ha existido en los diversos pueblos y civilizaciones, en todos los tiempos. Pero ¿qué tanto conocemos de estas históricas respuestas?, ¿en qué lugares y contextos se propusieron?, ¿qué impacto tuvieron?, ¿cómo fueron cambiando y con qué motivación?, ¿siguen vigentes estas ideas en la sociedad?

(Fuente: Texto elaborado por equipo de ciencias UCE)

4. Buscan, seleccionan y organizan la información recabada sobre ideas y modelos sobre la localización de la Tierra en una línea de tiempo y en un mapamundi, utilizándola como un recurso de consulta hasta el término de la unidad.
5. Explican resumidamente las ideas y modelos cosmológicos estudiados, sus autores, el contexto en el que se propone, las evidencias y argumentos que los sustentaron, sus limitaciones y alcances, y otros aspectos que estimen pertinente de destacar.

#### Observaciones al docente

- Para cautelar que los estudiantes sí tengan acceso a los videos, se sugiere descargarlos previamente y así no depender del estado o calidad del internet del establecimiento.
- Se sugiere que los videos sean observados en silencio. Solo si estima necesario resuelva algunas preguntas. Lo más importante en este momento es motivar y favorecer la imaginación, pues, posteriormente, serán ellos mismos quienes construirán sus sentidos y significados sobre el lugar que ocupamos en el cosmos.
- Se sugiere distribuir la investigación entre los estudiantes, de modo que distintos grupos estudien las Edad Antigua, Media y Moderna. No se recomienda abordar la Edad Contemporánea, pues será objeto de estudio en una próxima actividad.
- Recomendar o invitar a los estudiantes a buscar películas y obras artísticas, las que pueden ayudarles a entender mejor el contexto de las épocas estudiadas, por ejemplo, *Ágora* (director: Alejandro Amenábar), que está disponible en YouTube.
- Preguntar a los estudiantes en qué tanto se parecen o diferencian sus ideas actuales sobre la localización de la Tierra en el cosmos en comparación a las que se propusieron en diversos momentos de la historia. Enfatizar en la naturaleza dinámica de los modelos y que no existen modelos buenos o malos, sino que más apropiados de acuerdo a las evidencias y observaciones.

### Breve estudio de una época

- Profundizan en la transición histórica de modelos cosmológicos controversiales durante el Renacimiento. Para esto, investigan y responden las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué hasta la época de Copérnico era aceptada una separación entre el mundo Sub-lunar (compuesto por fuego, aire, agua y tierra, es decir, los cuatro elementos) y el mundo Supra-lunar, compuesto por éter?

Conexión interdisciplinar:  
**Ciencias para la Ciudadanía.**  
OA 2 del Módulo Tecnología y Sociedad.

2. ¿Cuáles habrán sido las razones de pensar por más de mil años que la naturaleza de la Tierra era diferente a la que estaba en el espacio interestelar?, ¿qué argumentos sustentaban estas ideas?
3. ¿Por qué al inicio del Renacimiento se aceptaba un universo finito con la Tierra en el centro, cuando el heliocentrismo ya había sido propuesto muchos años antes por Aristarco en la antigua Grecia?
4. ¿Qué ideas de la Física predominaban en la época de Copérnico?
5. ¿La física aristotélica permitía adoptar otros modelos cosmológicos además del geocentrismo? Argumenten brevemente.
6. ¿El modelo copernicano era más simple que el modelo aristotélico-ptolemaico?, ¿por qué?
7. ¿Cuáles fueron las evidencias que sustentaron al geocentrismo y al heliocentrismo, respectivamente, y cuál era su límite de validez?
8. ¿Cómo ayudó la tecnología en el desarrollo del conocimiento astronómico en el Renacimiento? ¿Este conocimiento astronómico favoreció a algún modelo cosmológico en particular? Expliquen.
9. ¿Cuáles fueron las implicancias de la contribución de Newton al unificar la mecánica celeste con la terrestre?
10. ¿Por qué el heliocentrismo causó tanta controversia en Europa y quiénes fueron sus principales defensores?
11. ¿Cómo explicarían el hecho de que el geocentrismo duró tantos años en comparación con la defensa del heliocentrismo?
12. ¿Qué propuestas de modelos cosmológicos alternativos hubo respecto de los sistemas aristotélico-ptolemaicos geocéntrico y del heliocentrismo copernicano en Europa en aquella época?
13. ¿Cómo explicarían la influencia de la realidad geográfica, social y cultural de la Europa renacentista en el desarrollo y divulgación del conocimiento sobre el cosmos?

#### Observaciones al docente

- Mencionar que el estudio de la transición de geocentrismo al heliocentrismo se justifica por sus implicancias en la construcción de la ciencia moderna y, por tanto, en la forma de concebir la naturaleza y el cosmos durante el Renacimiento en la cultura occidental, lo que tuvo gran influencia posteriormente en las cosmogonías ancestrales de América Latina y el resto del mundo.
- Se recomienda indicar que en gran parte de Europa, durante el Renacimiento, fue muy peligroso verbalizar libremente algunas ideas, particularmente las referidas a un universo donde la Tierra no estuviese en el centro. Esta era la verdad indiscutible para la Iglesia Católica, cuya influencia y autoridad en diversos ámbitos favoreció –a través de la Inquisición– la persecución y condena a muerte de muchas personas que fueron categorizadas de herejes por pensar diferente.
- A modo de desafío, podría plantear a los estudiantes: en la época del Renacimiento europeo, ¿qué estaba aconteciendo en continentes como América, África, Asia y Oceanía, y qué otras ideas y modelos se desarrollaron sobre la localización de la Tierra en el cosmos?

#### Desarrollo de una obra teatral

- Los estudiantes, colaborativamente, desarrollan una obra teatral que muestre la transición controversial del modelo geocéntrico al heliocéntrico del universo en Europa, para lo cual:
1. Seleccionan aspectos del proceso de transición del modelo geocéntrico al heliocéntrico del universo, considerando el contexto sociocultural, el rol de las evidencias, explicaciones, limitaciones, personas y preguntas previamente estudiadas.
  2. Escriben un guion teatral que represente el desafío propuesto sobre la base de criterios historiográficos de la ciencia.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
 OA 6, 3° medio.

**Observaciones al docente**

- Explicar qué significa hacer un guion teatral en forma colectiva y los cuidados que es necesario considerar durante el montaje de la obra y su presentación. Por esta razón, se sugiere solicitar ayuda al docente de Lengua y Literatura. Si es la primera vez que realizan una obra de teatro y no tienen experiencia, puede ser importante que asistan a una obra de teatro (virtual o presencial) cualquiera para que aprecien sus estructuras y características y sepan a qué se deberán enfrentar. Equilibrar, además, el trabajo de los estudiantes entre actores, escenógrafos, encargados de sonido e iluminación y tramoyas, u otras comisiones que se desee o necesite formar.
- Para orientar la etapa de selección de contenidos y de la escritura del guion teatral, señalar a los estudiantes algunos aspectos historiográficos importantes, que pueden no haber encontrado de manera evidente en las fuentes de información consultadas; por ejemplo:
  1. Evitar una visión histórica anacrónica y decorativa del pasado; es decir, no interpretar lo sucedido desde los valores, cultura y conocimientos de hoy, sino que hacer el esfuerzo por entenderlo desde el contexto sociocultural en el que se desarrolló.
  2. Evitar enaltecer la autoridad de individuos, grupos o instituciones.
  3. No romantizar a ciertas personas de la Historia de las Ciencias como especiales, héroes o grandes personajes.
  4. Cautelar que no se realicen reconstrucciones lineales de episodios de la historia de las ciencias que hagan parecer que hay una receta única e infalible de hacer ciencias o que las ciencias son constituidas a partir de eventos o episodios aislados.
  5. Cautelar una rigurosa relación entre las personas estudiadas, su ubicación geográfica y el momento sociohistórico que les correspondió vivir.
- Explicar que los modelos de universo de Ptolomeo y Copérnico no fueron tan distintos como se tiende a creer en medios de divulgación. Los dos se limitan a describir y no a explicar el movimiento de los planetas; en ambos modelos predominan la "circularidad" y la uniformidad de los movimientos y, en ambos modelos la bóveda celeste presenta exactamente las mismas características.
- No ridiculizar a los geocentristas ni poner como poseedores de la verdad a los heliocentristas. El error es y ha sido un componente significativo en el proceso de construcción del conocimiento científico. Debe quedar claro para los estudiantes que el modelo heliocéntrico, comparado con el geocéntrico, tuvo una duración mínima; y que hoy sabemos que tampoco es adecuado el modelo heliocéntrico del cosmos.
- Entregar alguna guía de apoyo sobre las características que debe poseer un guion teatral, o bien, sugerir la visita a alguna página web. Por ejemplo, *¿Cómo hacer un guion de teatro?*  
[http://red.ilce.edu.mx/sitios/proyectos/leonora\\_oto12/art\\_guionteatro.html](http://red.ilce.edu.mx/sitios/proyectos/leonora_oto12/art_guionteatro.html)
- El guion puede contener humor y aspectos lúdicos, pero debe cuidarse en todo momento el uso correcto del lenguaje, el respeto entre los actores y hacia el público y, especialmente, el atenerse a los hechos históricos y cuidar la rigurosidad científica.
- Sugerir que el guion sea elaborado pensando en una presentación teatral de unos 15 o 20 minutos, que considere el espacio que tienen para realizarla y los medios con que cuentan para hacerlo.
- Sugerir que ensayen varias veces el guion, hasta memorizar los parlamentos y los momentos en que entran a escena los distintos actores. Que ensayen, también, el trabajo de los asistentes y tramoyas que apoyarán en trabajo de los actores.

## 3. Presentan la obra teatral.

**Observaciones al docente**

- Invitarles a que consideren cómo eran las vestimentas en la época que recrearán, para que adapten sus ropas para asemejarse a ellas y realicen también una decoración en el escenario que recuerde la época que se representará. Tener presente que, entre Aristóteles y Galileo, si aparecen en la obra, hay más de mil años y, por lo tanto, las vestimentas y los ambientes son muy distintos.
- Si en la actuación surgen problemas con la impostación de la voz, olvido del parlamento, problemas de pánico escénico u otras dificultades imprevistas que puedan ocurrir, y solo en el caso que los estudiantes no consigan superar la dificultad, mediar para mantener la calma, el respeto y las buenas relaciones entre ellos.
- Consensuar previamente con los estudiantes quién será el público.
- Si es posible, filmar la obra de teatro para dejar constancia del trabajo realizado y poder verla en otra instancia.



- La actividad puede desarrollarse colaborativamente con varias asignaturas, por ejemplo: Artes Visuales, Música, Lengua y Literatura, e Historia, Geografía y Ciencias Sociales.

4. Finalmente, reflexionan sobre el proceso de desarrollo de la obra, verbalizando sus sentimientos, obstáculos y aprendizajes, y respondiendo además a la pregunta: ¿cuál es la contribución de la historiografía para la comprensión de explicaciones científicas sobre el origen y evolución del universo?

#### Observaciones al docente

- Es un momento oportuno para agradecer el compromiso y retroalimentar la obra en términos de creatividad e imaginación, claridad en los mensajes, rigurosidad en la comunicación de hechos y conceptos.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Claro, F. (2015). A la sombra del asombro. Ediciones UC.
- Debus, A. (1985). *El hombre y la naturaleza en el renacimiento* (Sergio Lugo Rendón, Trad.). D.F: Fondo de la cultura nacional.
- Espinoza, J. (2016). *El mensajero sideral, de Galileo Galilei. Guía para el estudiante*. Departamento de Física. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación Recuperado de <http://www.umce.cl/joomlatools-files/docman-files/universidad/revistas/eureka/revista8/7-el-mensajero.pdf>
- Gando, X. (2015). *Heliocentrismo vs. Geocentrismo: ¿asunto zanjado? O el caso de una clase que salió mal*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la cultura. Sitio Web. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Heliocentrismo-vs-Geocentrismo>
- García, F. (2010). Ágora: una aproximación al nacimiento del saber científico. En *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 708-728.
- Koestler, A. (1981). *Los sonámbulos* (Alberto Vixio, Trad.). D.F: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Koyré, A. (1980). *Estudios Galileanos* (Mariano Gonzáles, Trad.). Madrid: Siglo XXI Editores.
- Koyré, A. (1999). *Del mundo cerrado al universo infinito* (Carlos Solís, Trad.). Madrid: Siglo XXI Editores.
- Kuhn, T. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas. Trad. Agustín Contín*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1985). *La revolución copernicana*. Trad. Domènec Bergadá. Madrid: Orbis Hyspamérica.
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Ptolomeo y pensar como Copérnico. En *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 173-182.
- Pérez, U., Lires, M., Serrallé, F. (2009). Los errores de los libros de texto de primer curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo. En *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 109-120.
- Quintanilla, M. (2017). *Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias Hacia una educación inclusiva y liberadora*. Santiago: Bellaterra. Disponible en <http://www.sociedadbellaterra.cl/publicaciones/?did=48>
- 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*. Bellaterra: Santiago. Disponible en [http://laboratoriogrecia.cl/?page\\_id=149&did=141](http://laboratoriogrecia.cl/?page_id=149&did=141)

## Actividad 3. Teoría del Big Bang: ¿de dónde viene y hasta dónde llega?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y analicen modelos controversiales del cosmos desde el final de la Edad Moderna hasta el desarrollo de la teoría del Big Bang, considerando evidencias, contextos y límites de validez.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2

Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

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 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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Describen las relaciones entre las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo y las evidencias que las sustentan.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

### ACTITUDES

- 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.

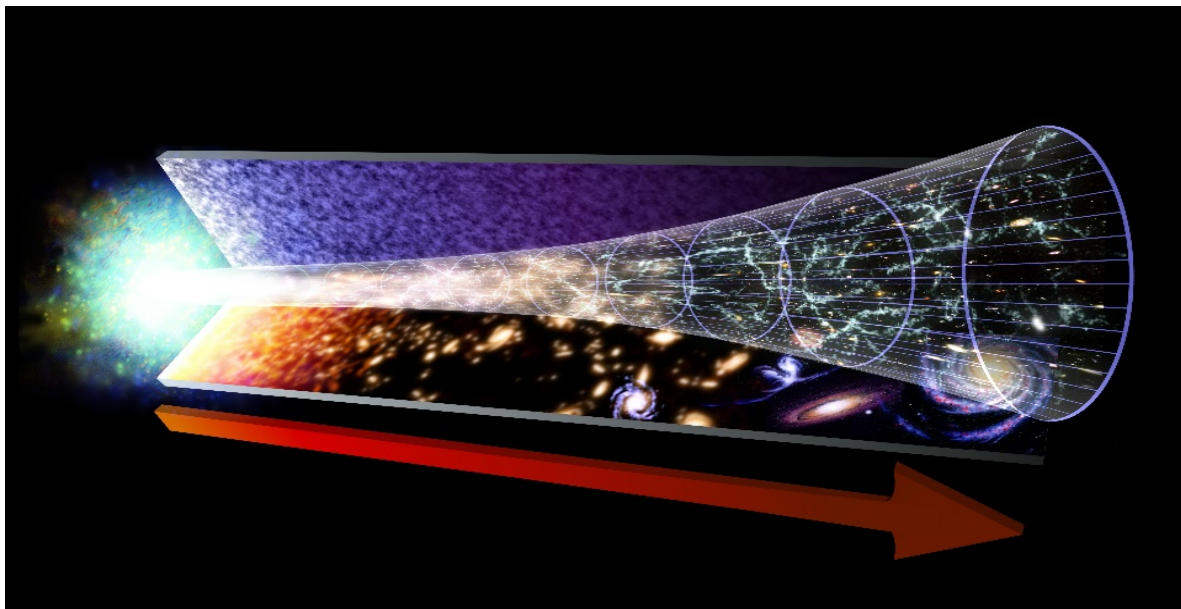
### DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Activación

- Los estudiantes observan la siguiente imagen de la NASA que representa la evolución del universo que comienza con el Big Bang y luego reflexionan en parejas guiados por las preguntas que se proponen a continuación:



1. ¿Qué ideas y sentimientos les evoca la imagen observada? Describan.
2. ¿La imagen de la NASA muestra lo que ocurrió exactamente con el universo en su "nacimiento"? Expliquen.
3. ¿Por qué muchos están a favor de la teoría del Big Bang siendo que ninguno de nosotros estuvo ahí para "fotografiar" el evento? Argumenten brevemente.
4. ¿Cuántas veces, aproximadamente, han hablado sobre el Big Bang en su círculo de amistades o familia? Comenten.

### Seminario sobre "evolución de ideas sobre el cosmos"

- Los estudiantes se organizan en grupos y llevan a cabo el siguiente desafío: Seleccionan alguna de las siguientes temáticas, la investigan y, posteriormente, la presentan a sus compañeros:
  - Rol que tuvo el desarrollo de la teoría de gravitación universal de Newton en la visión del cosmos de la época.
  - Modelos propuestos independientemente por René Descartes, Immanuel Kant y Pierre-Simon Laplace para explicar el origen y evolución del Sol y del sistema planetario.
  - Finitud o infinitud del universo a partir de la paradoja de Heinrich Olbers.
  - Annie Jump Cannon y la clasificación espectral de las estrellas.
  - Concepto de galaxia y descubrimiento de que nuestra galaxia no era la única y que había muchas otras.
  - Trabajos de Lord Kelvin relacionados con la estimación que él hace de la edad de la Tierra en comparación al que estima Charles Darwin.
  - Impacto de la relatividad general de Einstein en una nueva interpretación del cosmos.

**Observaciones al docente**

- Se sugiere explicar la dinámica del seminario a los estudiantes, que, básicamente, consiste en:
  1. Investigar un tema.
  2. Organizar los aspectos más relevantes de lo investigado y redactarlos en un máximo de 3 páginas.
  3. Entregar el documento al docente y sus compañeros previamente o durante la presentación oral.
  4. Presentar lo investigado en clases: hallazgos, reflexiones y conclusiones. Esto debiese ser apoyado con el uso de TIC, evitando superar los 15 minutos de presentación.
  5. Aclarar dudas.
- Cautelar el abordaje de todos los temas propuestos. Para esto, invitar a la organización de grupos de 4 o 5 integrantes, y colaborar en la distribución de temas. No obstante, nunca descarte la posibilidad de incorporar otro tema relevante que usted o los estudiantes piensen que es pertinente estudiar sobre la “evolución de ideas sobre el cosmos” que se enmarque en la época en estudio. Apoyarse con una línea de tiempo.
- Explicitar que es necesario aplicar criterios historiográficos durante la investigación (ideas alternativas en otros lugares, contextos sociohistóricos, implicancias, controversias, entre otros), los que ya fueron abordados en la actividad n°2. Esto debiese ser uno de los criterios de evaluación.
- Desde esta actividad en adelante, es pertinente mencionar y recordar permanentemente que la cosmología, actualmente, aun cuando la discusión histórica sobre su inicio exacto es controversial, es entendida como la ciencia que estudia el origen, estructura y evolución del universo como un todo.
- Es fundamental, asimismo, el significado e importancia de los modelos en las ciencias para aproximarse al estudio de la naturaleza, cómo se construyen y por qué cambian en el tiempo.

**Reflexión colectiva**

- Los estudiantes reflexionan acerca de los modelos estático y dinámico del universo. Para esto:
  1. Dialogan a partir de las siguientes preguntas:
    - ¿Qué piensan cuando leen “modelo estático o dinámico del universo”?
    - ¿Cuál modelo les hace más sentido?, ¿por qué?
    - ¿De qué manera la reflexión sobre los modelos estático y dinámico del universo puede contribuir a la discusión sobre el desarrollo de la teoría del Big Bang?
  2. Indagan y reflexionan, de modo general, sobre el escenario científico y sociocultural de Europa y el mundo a principios del siglo XX, para comprender mejor el contexto de desarrollo de los nuevos modelos cosmológicos.

**Observaciones al docente**

- Puede sugerir un breve estudio del inicio de la Primera Gran Guerra, enfatizando en la influencia de los países participantes en las ciencias.
- Una pregunta guía pertinente es: ¿por qué las prácticas científicas pueden ser influidas por el contexto sociohistórico? Actualmente, historiadores de las ciencias muestran lo evidente que fue la oposición conceptual y nacional entre la cosmología newtoniana inglesa y la relatividad general alemana. Si es posible, ver la película *Einstein y Eddington* (disponible en YouTube), ya que puede colaborar a comprender mejor lo acontecido.

- Leen un texto sobre la controversia de un posible universo estático versus uno dinámico, y responden posteriormente algunas preguntas:

**¿Universo estático versus uno dinámico?**

Como consecuencia de la teoría de la relatividad general, el universo debía ser dinámico, lo cual iba en contra de la propia idea del científico alemán Albert Einstein, quien defendía un universo estático. Si el universo está sobre la influencia de una curvatura espacio-tiempo, debiese colapsar por la atracción gravitacional, en caso de que no hubiese una especie de fuerza contraria a la gravedad. Por esto, Einstein propuso una especie de “antigravedad” que, teóricamente, contrabalancearía el colapso predicho, equilibrando la

atracción gravitacional y permitiendo la existencia de un universo estático. Exactamente, introdujo un nuevo factor en sus ecuaciones: la constante cosmológica.

La idea de un universo estático e inmutable no era nueva. Newton ya había manifestado la idea de un espacio absoluto y eterno.

Por otro lado, el científico soviético Alexander Friedmann comenzó a estudiar la teoría de la relatividad general después de 1920, cuando la URSS volvió a recibir artículos internacionales después de un largo periodo de aislamiento causado por la Revolución Rusa y por la Guerra Civil.

Dos años después, Friedmann publicó una de las más conocidas obras soviéticas: contenía diversas soluciones dinámicas de las ecuaciones de la relatividad general, las que no habían sido encontradas por Einstein ni por De Sitter en 1917.

Historiadores de la ciencia indican que Einstein, quien fue escogido como el evaluador del artículo de Friedmann, inicialmente escribió una nota a la misma revista alemana indicando que, en su parecer, las soluciones presentadas por el soviético eran sospechosas e incompatibles con sus ecuaciones. Ante esta situación, Friedmann revisó cuidadosamente sus cálculos y escribió una carta a Einstein demostrando que no había errores en su artículo, y sugirió que hiciera una corrección en su nota. En 1923, Einstein escribe una nueva nota aludiendo al artículo de Friedmann y explicita que, efectivamente, los cálculos del soviético estaban correctos. No obstante, el historiador de la ciencia John Stachel encontró un manuscrito de Einstein idéntico al publicado en 1923, pero con una frase adicional: "La solución de Friedmann de un universo no estático, aun siendo matemáticamente correcta, difícilmente puede tener un significado físico".

Por lo tanto, en 1922, más allá de la opinión de Einstein, Friedmann había descubierto la posibilidad de un universo en contracción o en expansión, aunque no la expansión del universo.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Cuáles podrían haber sido las razones de defender un modelo de universo estático o uno dinámico en aquella época? ¿Cuáles fueron los argumentos?
2. ¿Qué podría motivar a los historiadores de la ciencia para dejar en evidencia que la idea de "un universo estático e inmutable" no era una idea nueva en la época?
3. ¿Perciben alguna influencia del contexto académico y sociohistórico en el desarrollo de la ciencia? Comenten.
4. Según el texto, ¿el universo sería estático o dinámico? Expliquen.

#### Observaciones al docente

- Es una oportuna instancia para hacer evidente el dinamismo y la construcción no lineal del conocimiento científico.
- Asimismo, sería pertinente desmitificar la imagen de los científicos como "personajes" que actúan neutralmente en el mundo como si la cultura, el contexto y sus creencias no tuvieran influencia en lo que piensan, sienten, dicen y hacen.

- Los estudiantes reflexionan sobre el "diálogo" entre los modelos cosmológicos, para lo cual leen el siguiente texto y, en seguida, resuelven algunas interrogantes:

### Modelos cosmológicos en expansión, el estacionario y la teoría del Big Bang

Luego de la postulación de un posible universo dinámico, la idea de un universo finito no demoró en surgir, y su precursor fue el sacerdote y astrónomo belga Georges Lemaître. Él, quien estaba actualizado con las implicancias de la teoría de la relatividad, en 1925, de modo independiente, obtuvo las ecuaciones equivalentes a Friedmann, pero, al contrario, y sin conocer los trabajos del soviético, desarrolló una teoría física consistente denominada "átomo primordial", que recién publicaría en 1931 y que tomaría varios años que fuese tomada en serio.

Entretanto, en 1929 Edwin Hubble constató que las galaxias se alejaban unas de otras por medio de su *redshift* (corrimiento al rojo). Hubble propuso, entonces, una relación entre las distancias de las galaxias (obtenidas por medio de la ya conocida relación entre el periodo y la luminosidad de estrellas especiales, denominadas de variables cefeidas) y sus respectivos *redshifts*, conocida como ley de Hubble. Así, ofreció una significativa evidencia de un universo en expansión a la comunidad científica.

La hipótesis de Lemaître fue revivida y mejorada por George Gamow y sus colaboradores al final de la década de 1940, pero aun así no ganó más reconocimiento. De hecho, entre 1954 y 1963 solamente hubo un artículo publicado sobre el modelo del Big Bang.

La expresión Big Bang fue indicada por Fred Hoyle en un programa de radio en 1949, inicialmente, como una manera irónica de referirse al modelo de un universo creado en un instante determinado. El nombre Big Bang recién aparece, oficialmente, en un artículo en 1966.

Paralelamente, Hermann Bondi y Thomas Gold, cuya teoría fue ampliada por Fred Hoyle, proponen el modelo estacionario del universo, el que no admitía un universo finito naciendo de una "gran explosión", sino que un universo infinito en el tiempo que mantiene globalmente su estructura. Como indica Smoot (1995), se prefería la visión de Aristóteles, es decir, que el universo siempre existió y siempre existirá.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Qué aspectos del texto les llamaron la atención? Compartan sus impresiones.
2. ¿Por qué se pueden desarrollar varias propuestas en paralelo sobre un tema en las ciencias?
3. ¿En qué consistió la propuesta del "átomo primordial" desarrollada por Georges Lemaître y por qué habrá demorado que adquiriera más importancia?
4. ¿En qué consiste el corrimiento al rojo de Hubble y por qué contribuyó a la idea de un universo en expansión? Apóyense con imágenes para responder.
5. ¿Existe una relación entre la propuesta del "átomo primordial" de Lemaître y la ley de Hubble? Argumenten brevemente.
6. ¿Qué habrá motivado a Gamow y sus colaboradores a "revivir" la hipótesis de Lemaître? ¿Es esto una evidencia del dinamismo y la construcción colectiva del conocimiento científico? Expliquen.
7. ¿Por qué el trabajo realizado por Gamow y sus colaboradores sobre el modelo del Big Bang tampoco tuvo éxito inmediatamente?
8. ¿En qué consistió el modelo estacionario del universo?
9. Imaginen que vivieron entre 1920 y 1960 en Europa, ¿qué modelo cosmológico creen que hubiesen adoptado y por qué?
10. Finalmente, ¿qué pasaba con las ciencias en Chile en aquel periodo? ¿Había otros estudios o proyectos de investigación análogos sobre cosmología, por ejemplo, en Asia, Sudamérica, África y Oceanía? Indaguen y expliquen.
11. ¿En qué momento la idea del Big Bang pasó a ser una teoría y qué evidencias la sustentaron? Apóyense con TIC para responder.

**Observaciones al docente**

- Invíteles a recordar la lectura y reflexiones del texto anterior.
- Hay preguntas que no necesariamente se pueden responder con el texto, por lo que invitan a realizar pequeñas investigaciones.
- Dada la complejidad del tema y contexto en estudio, es muy importante empatizar con la natural incertidumbre y confusión de los estudiantes. Primero, hay que considerar que la temática es compleja incluso para los propios científicos, filósofos e historiadores de las ciencias. Segundo, hay conceptos e ideas que resultarán difíciles de entender cabalmente por nuestros estudiantes, pues no han tenido aún la oportunidad de estudiar con detalle, por ejemplo, las contribuciones de Albert Einstein. Tercero, en la literatura no siempre existe coherencia entre las fuentes primarias (originales) y el ámbito de la divulgación científica. Todo esto hace necesario el acompañamiento casi permanente y muy cercano del docente.
- Es importante explicar a los estudiantes que, si bien la pluralidad de propuestas para explicar un fenómeno ayuda en la construcción del conocimiento, las ciencias no pueden mantener las ideas o modelos como una mera elección o un simple sentimiento de afinidad. Por esta razón, es importante destacar que un modelo, para que transite a un estatus de teoría, debe necesariamente estar apoyado por evidencias.
- Asimismo, es importante verbalizar que la existencia de una teoría apoyada en evidencias no implica necesariamente que esté ajena a críticas y contradicciones.
- Es relevante enfatizar que, hasta 1960, los modelos del Big Bang y del estado estacionario fueron los que disputaron la preferencia de la comunidad científica. En la época, la decisión era una cuestión personal, pues nada había que pudiera decir que una estaba errada y la otra correcta.
- Es una oportuna instancia para recordar las diferencias entre hipótesis, modelo, teoría y ley en las ciencias; los alcances y límite de validez de cada una. Para favorecer una visión más amplia, podría leerles el siguiente fragmento del libro *Una breve historia del tiempo* de Stephen Hawking: "Cualquier teoría física es siempre provisional, en el sentido de que es solo una hipótesis: nunca se puede probar. A pesar de que los resultados de los experimentos concuerden muchas veces con la teoría, nunca podremos estar seguros de que la próxima vez el resultado no vaya a contradecirla. Sin embargo, se puede rechazar una teoría en cuanto se encuentre una única observación que contradiga sus predicciones".
- Desde aquí en adelante, se puede profundizar en las evidencias que han dado soporte a la teoría cosmológica del Big Bang, haciendo que sea la más citada en la comunidad científica. No obstante, es importante evitar mostrar la teoría del Big Bang como una verdad absoluta e indiscutible. Es natural que exista algún tipo de resistencia en creerla. Hoy continúan voces discordantes entre filósofos y científicos.

**Elaboración de un ensayo**

- A modo de cierre de la actividad, los estudiantes plantean preguntas sobre los límites de validez e implicancias de la teoría del Big Bang en la sociedad, y responden a través de ensayos breves.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
OA 6, 3° medio.

**Observaciones al docente**

Es posible que los estudiantes hayan tenido previamente la oportunidad de desarrollar ensayos en ciencias; pero, de todos modos, se recomienda seguir el formato e instrucciones practicadas en la asignatura de Lengua y Literatura.

Así, los ensayos que realicen los estudiantes deberán cumplir, como mínimo, con elementos como los siguientes:

- Selección de un tema controversial o una pregunta relacionada con el tema en estudio.
- Introducción (definición del tema controversial y presentación de la afirmación central del trabajo).
- Desarrollo (presentación de los distintos argumentos, ejemplos, contraargumentos y refutaciones).
- Conclusión (síntesis de lo expuesto en el desarrollo, reafirmación o no de la afirmación central del trabajo).
- Esquemas, gráficos, tablas e imágenes, si son realmente necesarias.
- Bibliografía.

Limitar estos ensayos a unas tres o cuatro páginas y en un formato electrónico que facilite compartirlo con el resto de los estudiantes del curso u otros interesados en los temas.

Para los estudiantes que presenten dificultades en la redacción del ensayo final, investigar dónde está el problema: ¿el formato exigido?, ¿las ideas por presentar? Despejar las dudas sobre el formato por medio de ejemplos y, respecto a la expresión escrita de las ideas, sugerir que antes de escribir las verbalicen. Sería interesante que, una vez evaluados los diversos ensayos, el docente comparta con los estudiantes los aspectos comunes y distintivos de estas producciones.

## RECURSOS Y SITIOS WEB

- BBC Mundo (2019) *Teoría de la relatividad de Einstein: el eclipse hace 100 años que confirmó “el pensamiento más feliz” del célebre científico alemán.* El Mostrador. Recuperado de <https://m.elmostrador.cl/cultura/2019/05/25/teoria-de-la-relatividad-de-einstein-el-eclipse-hace-100-anos-que-confirmo-el-pensamiento-mas-feliz-del-celebre-cientifico-aleman/>
- Claro, F. (2011) *De Newton a Einstein y algo más.* Ediciones UC.
  - *Cosmología.* Asociación para la Enseñanza de la Astronomía. Recuperado de <https://www.apea.es/cosmologia/>
  - Hamuy, M. (2018). *El universo en expansión. Desde el Big Bang al Homo Sapiens.* Santiago: Debate.
  - Hawking, L., Hawking, S. (2013). *El origen del universo.* Buenos Aires: Montena.
  - Lineaweaver, C., Davis, T. (2005). Misconceptions about the Big Bang. *Scientific American.* Recuperado de <https://www.mso.anu.edu.au/~charley/papers/LineweaverDavisSciAm.pdf>
  - Maza, J. (2017). *Somos Polvos de Estrellas. Cómo entender nuestro origen en el cosmos.* Santiago: Planeta.
  - Padilla, N. (2013). *El universo extremo. La historia del cosmos con telescopios, satélites y supercomputadores.* Santiago: Ediciones B.
  - Palomar, R., Solbes, J. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias.* 33(2), 91-111.
  - Ruiz, M. (2017). *Hijos de las estrellas. La astronomía y nuestro lugar en el universo.* Santiago: Debate.



## Actividad 4. Temas de frontera sobre el cosmos: ¿Estoy listo para ampliar mis horizontes?!

### PROPÓSITO

Que los estudiantes conozcan, reflexionen y discutan sobre las limitaciones de las teorías cosmológicas actuales, las nuevas propuestas en cosmología y las grandes preguntas que permanecen aún sin respuestas.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2

Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

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 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

- Evalúan evidencias y alcances que sustentan explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.
- Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

### ACTITUDES

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.

### DURACIÓN

12 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Observaciones al docente

- Estos temas son muy atractivos para los jóvenes y, normalmente, no se requiere hacer grandes esfuerzos desde el punto de vista de la motivación; la dificultad máxima radica en que muchas de las preguntas que suelen realizar simplemente no tienen respuestas definitivas y las opiniones de los especialistas suelen escapar al nivel escolar. En estos casos, se sugiere humildad intelectual, reconociendo que no lo sabe o que todavía lo está intentando comprender.

### Reflexión

- Los estudiantes reflexionan sobre el escenario de las incertidumbres, interrogantes y límites de validez de los saberes actuales en cosmología. Para esto:
  - Observan la imagen que se presenta a continuación, se reúnen en grupos y comparten lo que piensan y sienten sobre las interrogantes que aparecen en ella en colores, guiados por las siguientes preguntas:
    - ¿Son preguntas que se pueden responder científicamente? Argumenten.
    - ¿Se sienten preparados para responder a cada una de estas preguntas? ¿por qué?
    - ¿Qué emociones les evoca reflexionar sobre las interrogantes de la imagen?
    - ¿Qué otras preguntas les surgen?

Conexión interdisciplinar:

**Filosofía.**

OA c, 3° y 4° medio.

¿Qué forma tiene el cosmos? ¿Va hacia algún lugar?  
 ¿Es finito o infinito? ¿Estamos solos en el universo?  
 ¿De qué está hecho todo? ¿De dónde viene?  
 ¿Hay otras propuestas además de la teoría Big Bang? ¿Cuántas dimensiones tiene?  
 ¿Qué hubo antes de supuesto Big Bang?  
 ¿Tenemos evidencias suficientes para decir que hubo un inicio o habrá un final del universo?  
 ¿Universo o multiversos?

### Observaciones al docente

- Al momento de observar la imagen es clave favorecer un ambiente de tranquilidad y respeto para la introspección. Cada pregunta en la imagen es compleja y lleva a grandes cuestionamientos. Si bien la comunidad científica ha hecho y hace esfuerzos para aproximarse a algunas respuestas sobre la base de evidencias, hoy existen más interrogantes que certezas. En ese sentido, se sugiere humildad y empatía para el desarrollo de la actividad ante los estudiantes.

- Los estudiantes leen y comparten reflexiones sobre el siguiente fragmento del libro *El universo: teorías sobre su origen y evolución*. Se guían por las preguntas que se proponen a continuación.

### Dificultades básicas de la cosmología

Hay misterios fundamentales en las ciencias. Parecen existir ciertas leyes de la naturaleza, pero ¿por qué ellas existen? No sabemos. Podemos perfectamente imaginar un universo que tuviese otras leyes, o que ni siquiera tuviera leyes, en que todo ocurre por casualidad.

Como no sabemos el motivo por el cual existen esas leyes, tampoco podemos saber si estas valen para siempre, o si valieron en el pasado más remoto y valdrán en el futuro más distante.

Hay un inmenso dominio para las dudas en relación con las teorías sobre el origen y evolución del universo. Hay puntos fundamentales sobre los cuales no podemos tener certeza. Además de eso, aun aceptando como válida la expansión del universo, la validez de las leyes de la física en todos los tiempos, etc., las teorías aún presentan muchas dificultades. Eso no significa que todo el trabajo realizado hasta ahora no sea útil. De ningún modo. Nuestro conocimiento actual del universo es amplio, mucho más que hace cien años. Pero aún hay cosas que no fueron respondidas, y otras que jamás podrán ser respondidas.

Si la teoría del Big Bang (o alguna otra semejante) fuese correcta y si el universo está de hecho expandiéndose, ¿este va a crecer siempre, o va a parar y después disminuir y encoger hasta volver al estado inicial? ¿Puede el universo ser pulsante, cíclico, repitiéndose para siempre? Y, al final de cuentas, ¿qué habría estado haciendo el universo antes del Big Bang: existía alguna cosa o no? Tal vez sea posible responder a la primera pregunta, pues las medidas astronómicas pueden indicar, en el futuro, si el universo está disminuyendo su velocidad de expansión.

En las últimas décadas del siglo XX, se desarrollaron instrumentos muy “poderosos” para la investigación del universo. Los radiotelescopios permitieron estudiar ondas invisibles que vienen del espacio. Las sondas espaciales dieron informaciones detalladas sobre la Luna y sobre los planetas. Nuevos instrumentos astronómicos fueron puestos en órbita: telescopios de rayos X (que no pueden funcionar en la superficie de la Tierra) y un gran telescopio óptico –el Hubble. El desarrollo de cámaras de televisión de alta definición, acopladas a esos instrumentos, permitió la obtención de imágenes extremadamente nítidas. Los enormes volúmenes de información que ofrecen los estudios astronómicos pueden, actualmente, ser procesados por computadores potentes. Ahora podemos ver galaxias y cúasares mucho más distantes de los que eran visibles al inicio del siglo XX.

Todo ese avance de las técnicas de investigación se refleja en el conocimiento del universo como un todo y repercute en las teorías sobre el origen del cosmos.

Hay ciertas cosas que dependen de medidas (de la densidad de materia del universo, de la constante de Hubble, etc.) y que irán aclarándose poco a poco. Pero hay otras cosas que, probablemente, escapan a toda investigación científica.

Si existió un universo antes del nuestro, que se contrajo y se tornó un punto de altísima energía, que después se expandió y produjo aquello que conocemos, todos los rasgos del universo anterior deben haber sido borrados por esa contracción. Ninguna observación del universo actual nos dará informaciones sobre el universo anterior. Ese

posible universo anterior escapa a la posibilidad de observación, experimentación y estudio científico.

No debemos imaginar que las ciencias llegaron a su fin, y que tenemos las teorías definitivas sobre el universo. La larga historia de la ciencia nos muestra que nuestras teorías cambian siempre; que siempre hay descubrimientos inesperados a nuestra espera en ese inmenso universo, y que ahora podemos estar tan lejos de las respuestas correctas como los pensadores de hace cien, doscientos o mil años atrás. Por el contrario, es exactamente porque falta mucho por descubrir que la ciencia es tan fascinante. Si no hubiese nada más importante para ser investigado, la ciencia estaría muerta.

(Fuente: Martins, traducción nuestra, pp. 224-226, 2012)<sup>4</sup>.

1. ¿Qué les pareció el texto leído?
2. ¿Qué preguntas les surgen tras la lectura?
3. ¿En qué aspectos están de acuerdo o en desacuerdo con lo leído?, ¿por qué?
4. ¿Por qué el autor alude a que hay cosas que jamás podremos responder?, ¿en qué se basa para indicar tal cosa?
5. ¿Cuál es el rol que se le atribuye a las tecnologías en la comprensión del cosmos?
6. ¿Qué piensan de la afirmación “No debemos imaginar que las ciencias llegaron a su fin, y que tenemos las teorías definitivas sobre el universo. La larga historia de la ciencia nos muestra que nuestras teorías cambian siempre”?

#### Observaciones al docente

- Tras leer el fragmento *Dificultades básicas de la cosmología*, promover en los estudiantes el máximo de libertad intelectual (pensamiento crítico, pero también curiosidad, incertidumbre, imaginación y creatividad), pero cautelando que sea siempre en un ambiente de respeto por la diversidad y de humildad frente a las interrogantes no resueltas.

#### Investigación

- Los estudiantes leen el siguiente titular sobre la expansión acelerada del universo<sup>5</sup>, y luego responden algunas preguntas a través de pequeñas investigaciones.



## El universo se está expandiendo más rápido de lo que se pensaba

Las nuevas tecnologías han permitido medir con más exactitud la velocidad de expansión del cosmos y el resultado es sorprendente: se expande un 9% más rápido de lo previsto

1. ¿Qué significa desde la física que el universo se “expanda más rápido de lo que se pensaba”?  
¿Conocen o habían escuchado la idea de un universo en expansión acelerada?

<sup>4</sup> Martins, R. (2012). *O Universo - Teorias Sobre Sua Origem e Evolução*. São Paulo: Livraria da Física.

<sup>5</sup> [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/universo-se-esta-expandiendo-mas-rapido-que-se-pensaba\\_14196](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/universo-se-esta-expandiendo-mas-rapido-que-se-pensaba_14196)

2. ¿Por qué y en qué contexto sociohistórico se desarrolló un modelo cosmológico que postula una expansión acelerada del universo?
3. ¿La teoría del Big Bang se complementa o contrapone con el modelo cosmológico de expansión acelerada del universo? Argumenten brevemente.
4. ¿Cuáles son las limitaciones del modelo inflacionario del universo?
5. ¿Qué estaría causando una expansión acelerada del universo?, ¿es esta una idea nueva en la historia de la cosmología?
6. ¿Qué quiere decir la noticia con “el cosmos se expande un 9% más rápido de lo previsto”? ¿Cómo se explicaría esto desde las ciencias físicas?

#### Observaciones al docente

- Es una oportuna instancia para abordar aspectos de la naturaleza de las ciencias como la construcción dinámica del conocimiento científico, el rol de las tecnologías y la importancia de la colaboración, más allá de las fronteras de una nación. De ser posible, estudie la contribución de los astrónomos chilenos Mario Hamuy y José Maza en la construcción del conocimiento sobre la expansión acelerada del universo, a partir del estudio de supernovas tipo I. Puede apoyarse en el capítulo Las supernovas y su utilización para medir distancias cósmicas, del libro *Supernovas. El explosivo final de una estrella*, escrito por los astrónomos antes mencionados.

#### Reflexión

- Los estudiantes leen el siguiente texto, y luego resuelven algunos desafíos.

¿Qué tanto sabemos de la composición del universo?

Esto te puede resultar sorprendente, pero **no sabemos de qué está compuesta la mayor parte del universo**. En serio, no lo sabemos. Seguramente estás pensando: “¡Pero por supuesto que sabemos! ¡Está compuesto de galaxias, estrellas, planetas, agujeros negros, cometas, asteroides y todas esas cosas interesantes del espacio!”.

Sí, existen muchas cosas interesantes en el espacio, pero si sumamos todo, es una porción muy pequeña de todo el universo. Hay mucho más por conocer. Y no podemos comprender con exactitud de qué se trata.

En conjunto, **la energía oscura y la materia oscura componen el 95% del universo**. Eso es casi todo el universo. Eso quiere decir que **lo que nosotros conocemos y comprendemos es tan solo un 5%**.

(Fuente: Adaptado de <https://spaceplace.nasa.gov/dark-matter/sp/>)

1. ¿Cuáles son las evidencias de la existencia de la materia oscura y la energía oscura en el universo?, ¿qué experimentos o intentos se han realizado para detectarlas?
2. ¿La naturaleza de la materia oscura y la energía oscura es la misma? Expliquen.
3. ¿Existe compatibilidad entre la materia oscura, la energía oscura, la teoría del Big Bang y el modelo inflacionario del universo? Argumenten.
4. ¿En qué momento y a través de qué procedimientos la comunidad científica en astrofísica y cosmología llegó a la conclusión de que solo conocemos el 5% del universo?
5. ¿Por qué la comunidad científica afirma que el 5% que conocemos es de una naturaleza diferente al otro 95% restante y desconocido?
6. ¿Cómo se relacionan las cosmogonías ancestrales con los saberes y reflexiones actuales de la cosmología?

**Observaciones al docente**

- Es esencial mostrar los esfuerzos humanos por profundizar y mejorar los modelos sobre el cosmos con base en evidencias, pero es fundamental también enfatizar que desconocemos la mayor parte de las piezas del “puzle cósmico”. Por eso, y por el valor de los conocimientos culturales, es importante situar la reflexión sobre los saberes ancestrales del cosmos, y preguntar: ¿la comprensión ancestral del cosmos se aproxima a la conclusión preliminar actual en cosmología sobre el desconocimiento del 95% del universo?

- Los estudiantes, guiados por las siguientes preguntas, reflexionan sobre la propuesta teórica de los multiversos a partir del video *Más allá del cosmos 01. Multiversos*, de National Geographic, disponible en YouTube.
1. ¿Se habían imaginado alguna vez la posibilidad de la existencia de universos paralelos?
  2. ¿Qué emociones y sentimientos les evoca vivir en un universo que pueda ser parte de millones de otros universos, donde incluso puedan cambiar las leyes de la naturaleza?
  3. ¿La idea de multiverso es una teoría científica? Argumenten.
  4. Desde los saberes convencionales, hace 1000 años se proponía un universo donde la Tierra estaba al centro. Hace 300 años, se defendió al Sol como centro del universo. Hoy, se defiende la no existencia de un centro que sea “privilegiado” en el universo, el que además puede ser parte de millones de otros. ¿Qué piensan se propondrá en 30, 80, 150, 500 años más, en el caso de que aún podamos habitar el planeta Tierra?

**Observaciones al docente**

- En esta parte de la actividad, es importante que antes de iniciar el diálogo estimule un ambiente para que cada estudiante se tome una pausa, conecte con su respiración y se tome toda la libertad para imaginar. El tema invita a todos a que amplíemos las posibilidades sobre lo que pensamos y sabemos sobre el cosmos, es decir, a un cambio paradigmático.
- Para la reflexión sobre los multiversos, podría incluir la lectura de la noticia *La clave de los “multiversos” estaría en el Big Bang, plantean científicos chilenos*, disponible en internet.

**Evaluación de controversias, alcances y límites de validez**

- Finalmente, los estudiantes construyen un cortometraje sobre la base de la siguiente pregunta: ¿Qué es lo último que sabemos sobre el universo? Hacen alusión a su composición, forma, estructura, dinámica, edad, y las respectivas controversias y límites de validez de los modelos y teorías.

**Observaciones al docente**

- Es una oportuna instancia para sugerir la aplicación de criterios historiográficos trabajados en otras actividades, sobre todo, teniendo en cuenta la pregunta ¿Qué es lo último que sabemos sobre el universo?, la cual, en la actualidad, está siendo abordada en todos los continentes.
- Alertar sobre el panorama del exceso de datos e información histórica distorsionada que se encuentra en internet, donde se hacen alusiones categóricas y rimbombantes sobre el origen y evolución del universo que llevan a creer que se tienen respuestas verdaderas y definitivas.
- Se sugiere que el desafío sea abordado en grupos, permitiendo la búsqueda, reflexión y creación colectiva.
- Realizar un cortometraje como el propuesto en esta actividad, en un mundo en que ver documentales y filmar videos no encierra gran dificultad para los jóvenes, es un desafío que consiste en tener muy claras las ideas de lo que se quiere explicar. Ello hace necesario que los estudiantes se hayan apoderado de ciertos conocimientos, que planifiquen cuidadosamente el trabajo y que se esfuercen en lograr las metas planteadas.
- Sugerir el uso de celulares u otros dispositivos para buscar en internet las consideraciones que se necesita tener en cuenta para diseñar un cortometraje.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los cortometrajes en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

## RECURSOS Y SITIOS WEB

- Asociación para la Enseñanza de la Astronomía. *Cosmología*. Recuperado de <https://www.apea.es/cosmologia/>
- BBC Mundo (2018). *El extraño "fluido oscuro": la nueva teoría que explica de qué está hecho el 95% del universo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46532305>
- BBC Mundo. (2018) *¿Qué había antes del Big Bang? La explicación de Stephen Hawking sobre lo que existía antes de la aparición del Universo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43303695>
- García-Bellido, J. (2011). La expansión acelerada del universo y el Premio Nobel de Física 2011. *Investigación y Ciencia*.
- Hamuy, M. (2018). *El universo en expansión. Desde el Big Bang al Homo Sapiens*. Santiago: Debate.
- Hamuy, M., Maza, J. (2008). *Supernovas. El explosivo final de una estrella*. Santiago: Ediciones b.
- Hawking, L., Hawking, S. (2013). *El origen del universo*. Buenos Aires: Montena.
- Magaña Zapata, J. Sánchez-Salcedo, F. Santillán González, A. (2005). *Materia y Energía Oscuras*. *Revista Digital Universitaria*, 12, 5, Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num5/art51/art51.pdf>
- Maza, J. (2017). *Somos Polvos de Estrellas. Cómo entender nuestro origen en el cosmos*. Santiago: Planeta.
- Medidores del cosmos <https://www.explora.cl/blog/2019/05/06/medidores-del-cosmos/>
- National Aeronautic and Space Administrator. Sitio Web. <https://www.nasa.gov/>
- Nieves, J.M. (2019). *¿Dio el Big Bang origen a un segundo Universo que va hacia atrás en el tiempo?* Recuperado de [https://www.abc.es/ciencia/abci-bang-origen-segundo-universo-hacia-atras-tiempo-201901082332\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-bang-origen-segundo-universo-hacia-atras-tiempo-201901082332_noticia.html)
- Padilla, N. (2013). *El universo extremo. La historia del cosmos con telescopios, satélites y supercomputadores*. Santiago: Ediciones B.
- Romero, S. *¿Qué había antes del Big Bang?* Recuperado de <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/que-habia-antes-del-big-bang-891554106223>
- Ruiz, M. (2017). *Hijos de las estrellas. La astronomía y nuestro lugar en el universo*. Santiago: Debate.
- Tendencias Científicas (2018) *Una nueva teoría científica cuestiona el origen del universo*. Recuperado de [https://www.tendencias21.net/Una-nueva-teoria-cientifica-cuestiona-el-origen-del-universo\\_a44934.html](https://www.tendencias21.net/Una-nueva-teoria-cientifica-cuestiona-el-origen-del-universo_a44934.html)
- Yañez, C. (2019). *El chileno que propone una forma de saber si el Universo es o no un holograma*. Recuperado de [https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/chileno-propone-una-forma-saber-universo-no-holograma/655197/?fbclid=IwAR2-Um5Bp\\_1n8N08TqgvGo5N-tVMozr1hEoKdBGxOSkxDsH-jC9isEaRD2Y](https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/chileno-propone-una-forma-saber-universo-no-holograma/655197/?fbclid=IwAR2-Um5Bp_1n8N08TqgvGo5N-tVMozr1hEoKdBGxOSkxDsH-jC9isEaRD2Y)



## Actividad de evaluación. Cosmos: saberes e interrogantes

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen sobre los límites de validez de los saberes sobre el origen y evolución del cosmos a partir del uso de modelos, argumentos y contextos en que han sido elaborados.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2. Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Evalúan evidencias y alcances que sustentan explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.
- Desarrollan y usan modelos para explicar el dinamismo de los saberes del universo a lo largo de la historia.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

**DURACIÓN:** 5 horas pedagógicas.



### Reflexión y análisis

- Los estudiantes observan las siguientes imágenes, respondiendo posteriormente algunas preguntas.



1. En términos generales, ¿qué saberes hay detrás de cada imagen?, ¿en qué contextos piensan que fueron construidos estos saberes?
2. ¿Todas ellas hacen alusión al cosmos? Argumenten.
3. ¿Cómo explicarían qué es una cosmogonía y cómo se construye?
4. ¿Por qué el contexto histórico y cultural influye en la construcción de una cosmogonía?
5. ¿Pueden coexistir diversas cosmogonías en una misma cultura?, ¿por qué?
6. ¿Cómo se relaciona la cosmogonía científica actual con los saberes ancestrales del cosmos?
7. ¿Cuál de las imágenes corresponde a una representación científica sobre la evolución del cosmos? Expliquen.
8. ¿Qué son para ustedes los modelos sobre la naturaleza? ¿Por qué cambian en el tiempo?, ¿por qué presentan limitaciones?

9. ¿Cómo es su actual representación del cosmos? Apóyense de esquemas o dibujos.

### **Construcción de argumentos**

- Los estudiantes responden las siguientes preguntas, a partir de la construcción de argumentos:
1. ¿Por qué la historia y filosofía de las ciencias favorecen una comprensión más integral de los saberes científicos en general, y de las cosmogonías en particular?
  2. ¿A qué se deben las controversias históricas sobre la evolución del cosmos?
  3. ¿Por qué la comunidad científica continúa legitimando la teoría del Big Bang, aun cuando presenta varias limitaciones?
  4. ¿Por qué, en general, se continúa asumiendo la existencia de un solo universo?
  5. Si la teoría del Big Bang fuese cierta, ¿qué había antes?
  6. ¿Cómo la comunidad científica llegó a la conclusión de que el universo se está acelerando?
  7. ¿Podemos afirmar con certeza que el universo tuvo un origen o que tendrá un final?
  8. ¿A qué se deben las distorsiones en internet sobre las teorías del origen y evolución del universo?
  9. ¿Es importante que las personas estudien los modelos y teorías sobre el origen y evolución del universo?
  10. ¿Por qué existen muchas interrogantes por resolver sobre el cosmos en la actualidad?

### **Redacción de un ensayo**

- Los estudiantes, a través de un ensayo, responden a la siguiente pregunta: ¿en qué momento y lugar del universo nos encontramos?

## UNIDAD 2.

# Fuerzas centrales: ¿de qué tratan y cómo se manifiestan en mi vida?

### PROPÓSITO DE LA UNIDAD

Esta unidad busca que los estudiantes expliquen situaciones y fenómenos cotidianos y científicos acerca de los efectos de fuerzas centrales, considerando algunas interrogantes, como las siguientes: ¿Qué fenómenos y situaciones cotidianas son efectos de fuerzas centrales? ¿Cómo las ciencias y la tecnología emplean el conocimiento sobre las fuerzas centrales? ¿Cómo es posible que diferentes cuerpos puedan interactuar a distancia?

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3. Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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 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 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

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Planifican y desarrollan investigaciones sobre los efectos de las fuerzas centrales en situaciones cotidianas y en la naturaleza.
- Analizan, mediante el uso de conceptos y modelos de la mecánica clásica, la interacción de cuerpos a distancia.
- Modelizan fenómenos que evidencian la relación entre fuerzas centrales y movimiento.
- Aplican modelos fisicomatemáticos en la resolución de problemas sobre movimientos de cuerpos debidos a la acción de una fuerza central.
- Construyen argumentos sobre los efectos de las fuerzas centrales en situaciones cotidianas.
- Analizan implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales asociadas al desarrollo tecnológico.
- Justifican la selección e integración de conocimientos de la mecánica clásica y de otras ciencias para el análisis de problemáticas.
- Analizan implicancias de proyectos e iniciativas científico-tecnológicas que requieren del conocimiento de la acción de fuerzas centrales para su funcionamiento.

- relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.
- Expresan su opinión fundada sobre los enfoques interdisciplinarios para el análisis y propuesta de soluciones a problemáticas científicas.

## Actividad 1. ¿Cómo explico un movimiento curvo desde la física?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes empleen principios físicos y herramientas matemáticas necesarias para describir movimientos curvos en el plano y resolver problemas del ámbito cotidiano y del científico.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3

Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 e

Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f

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

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Aplican modelos fisicomatemáticos en la resolución de problemas sobre movimientos de cuerpos debidos a la acción de una fuerza central.

### ACTITUDES

- Pensar con perseverancia y proactividad para encontrar soluciones innovadoras a los problemas.
- Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

- Los estudiantes leen y reflexionan a partir de un texto como el siguiente, guiados por las preguntas propuestas a continuación.

#### ¿A qué rapidez gira la Tierra?

Como el resto de los planetas, la Tierra vino al mundo girando vertiginosamente, aunque su velocidad y rapidez nunca han sido constantes. Hace 4500 millones de años, tenía en el Ecuador una rapidez de aproximadamente 6400 km/h y el día apenas duraba 6 horas. Hoy, esta rapidez se ha reducido a 1600 km/h en el Ecuador. Una de las causas principales de

esta desaceleración son las mareas, aunque también influyen las corrientes oceánicas, los movimientos de grandes masas de aire en la atmósfera [...].

El International Earth Rotation Service controla las fluctuaciones de la velocidad terrestre y decide si hay que añadir o no un segundo adicional al tiempo universal coordinado que rige el mundo para mantener los relojes sincronizados en todo el planeta.

(Fuente: Adaptación de <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/ia-que-velocidad-gira-la-tierra>)

1. ¿Qué preguntas les surgen tras la lectura del texto?
2. ¿Consiguen imaginar una rapidez de 6400 km/h siendo que, en nuestra percepción del día a día, un automóvil ya lo vemos muy rápido cuando viaja a 100km/h?
3. ¿Qué pensamientos y sentimientos les vienen tras leer que la Tierra, nuestro hogar, gira aproximadamente a 1600 km/h?
4. ¿Por qué no sentimos este rápido movimiento?
5. ¿Respecto de qué y en qué lugar de la Tierra se ha calculado esta rapidez?
6. ¿Cuáles son las diferencias entre los conceptos de rapidez y velocidad?
7. ¿Cómo el efecto de las mareas puede estar reduciendo la rapidez con que rota la Tierra?
8. ¿Por qué la rotación de la Tierra es de 24 horas respecto del Sol y 24 horas con aproximadamente 4 minutos respecto de las estrellas? ¿Cuál es el valor verdadero?
9. ¿Con qué rapidez nos estamos moviendo respecto del centro de la galaxia?
10. ¿Piensan que las personas reflexionan sobre los movimientos de la Tierra en su día a día?, ¿por qué?

#### Observaciones al docente

- Es importante que los estudiantes activen sus conocimientos previos sobre cinemática abordados hasta 2° Medio. Se sugiere diseñar con libertad una etapa 0 para la actividad, donde se aborde de manera resumida lo trabajado en mecánica los años anteriores.

#### Construcción de un marco conceptual

- Los estudiantes revisan un conjunto de conceptos y fórmulas que describen los movimientos curvos en el plano. Para esto:
  1. Analizan definiciones de conceptos tales como: Posición ( $\vec{r}$ ), desplazamiento ( $\Delta\vec{r}$ ), distancia o camino recorrido ( $d$ ), velocidad lineal media ( $\vec{v}_m$ ), velocidad lineal instantánea ( $\vec{v}$ ), rapidez (media  $|\vec{v}_m|$  e instantánea  $|\vec{v}|$ ), velocidad angular ( $\vec{\omega}$ ), aceleración ( $\vec{a}$ ) y sus componentes centrípeta ( $\vec{a}_c$ ) y tangencial ( $\vec{a}_T$ ).
  2. Aplican los conceptos antes definidos para el caso del movimiento circular uniforme y demuestran expresiones como:  $|\vec{v}| = \frac{2\pi r}{T}$ ;  $|\vec{a}_c| = \frac{|\vec{v}|^2}{r}$ ;  $|\vec{a}_T| = 0$ ;  $\omega = \frac{360^\circ}{T} = \frac{2\pi}{T}$ ; en que  $r = |\vec{r}|$  es el radio de la circunferencia;  $\omega = |\vec{\omega}|$ , la rapidez angular y  $T$  el período de traslación (o rotación); es decir, el tiempo que tarda un objeto en dar una vuelta en la órbita circular (o sobre sí mismo).
  3. Explican los enunciados de los tres principios de Newton desde el punto de vista vectorial y señalan diversas situaciones en que se ponen en evidencia, e identifican casos cotidianos en que hay presencia de fuerzas de diferente origen; particularmente, las del peso, la de roce y las que aplicamos nosotros al trasladar objetos o jugar a la pelota, entre otras.

**Observaciones al docente**

- Cautelar que los estudiantes no se limiten a un simple procedimiento matemático, sino que entiendan cuál es el significado físico que hay detrás de cada expresión.
- Es importante, asimismo, recordarles que el conjunto de las expresiones y fórmulas en estudio no lo hizo una persona en un día, semana, mes o de un año para otro. Esto fue producto de un proceso de construcción de conocimiento entre muchas personas de diferentes culturas y épocas, que duró más de 1500 años, donde hubo muchas dudas, confusión, errores, propuestas y replanteamientos, y no se limitaba a una sola disciplina. Esto ayuda a empatizar con la complejidad de comprender de inmediato los conceptos y fórmulas en estudio.
- Es una oportuna instancia para alertar y problematizar la estructura simplificadora de los tradicionales libros de física que se limitan a entregar información general, fórmulas y proponer ejercicios y problemas, dejando de lado aspectos de historia y filosofía de la física, que ayudan a entender los contextos académicos y socioculturales, y los obstáculos físicos, matemáticos y filosóficos que existieron para construir los conocimientos en ciencias físicas.
- Para la actividad, sería de gran ayuda que los estudiantes confeccionen afiches con las fórmulas de física que parezcan pertinentes y las pongan en lugares visibles en la sala de clases. También pueden enviar fotografías de ellas a los estudiantes del curso por WhatsApp u otras redes sociales para que las empleen cuando trabajen fuera de la sala de clases. No es importante memorizarlas, hay que entenderlas físicamente y ser capaz de aplicarlas correctamente. A este listado de fórmulas se pueden agregar los enunciados de los tres principios de Newton y la ley de gravitación universal.

**Resolución de desafíos****Observaciones al docente**

- Es importante invitar a los estudiantes a ir mucho más allá de un paso a paso en la resolución. Para que se vuelva un verdadero desafío, se favorezca el razonamiento, la imaginación y el pensamiento crítico, se sugiere guiarles a través de preguntas como las siguientes: ¿consigo imaginarme la situación? ¿Qué otras preguntas me surgen tras la lectura del desafío?, ¿Me hace sentido lo que estoy haciendo?, ¿Es suficiente la información o datos que tengo para resolverlo?, ¿Qué consideraciones y aproximaciones debiese tener en cuenta? ¿Qué emociones me evoca este desafío? ¿Las dificultades que se me presentan, son de naturaleza matemática, física o filosófica? ¿De qué otra manera puedo resolver este desafío?, entre otras.
- Recordarles que el error y el no saber por “dónde continuar” también es una parte importante en el propio proceso de la construcción del conocimiento científico.
- Asimismo, se sugiere que, antes de pasar a resolver problemas de lápiz y papel se realicen diversas actividades demostrativas por el docente con la colaboración de estudiantes para evidenciar que la expresión fuerzas centrales sirve para describir la causa del movimiento de un cuerpo en trayectoria curva y con radio hacia un centro. Explicar, también, que no es un tipo de fuerza en particular; su naturaleza puede ser diversa: fuerza de tensión de una cuerda o una varilla, fuerza gravitacional, fuerza eléctrica o magnética, fuerza de fricción. Por ello, resulta conveniente mostrar ejemplos de cada caso citado. Por último, conviene destacar la relación entre el concepto de fuerza centrípeta y el de fuerzas centrales.

➤ Los estudiantes resuelven los siguientes desafíos:

1. Un automóvil de 1430 kg se mueve en una rotonda de 100 metros de radio con una rapidez constante de 72 km/h. El conductor posee una masa de 70 kg. Responda las siguientes preguntas expresando los resultados en el SI de unidades y justificando cuando corresponda.
  - a) ¿Cuánto tiempo demora el automóvil en dar cada vuelta?
  - b) ¿Cuál es su rapidez angular respecto del suelo y el centro de la rotonda? Exprésela en  $^{\circ}/s$  y en rad/s.
  - c) En un instante dado y respecto del suelo, indica qué direcciones y sentidos poseen:
    - La velocidad lineal
    - La velocidad angular
    - La aceleración lineal

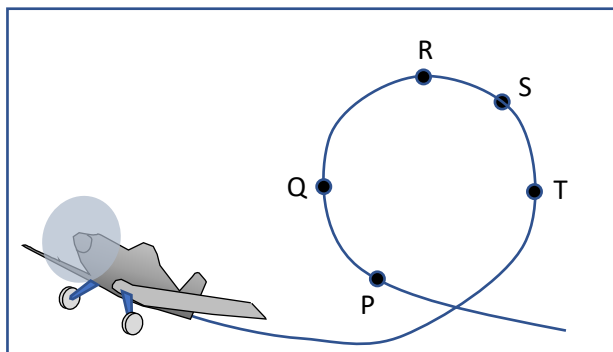
- d) ¿Cuál es la fuerza (en dirección, sentido y módulo) que el suelo aplica al automóvil en cada instante?
  - e) ¿Cuál es la fuerza (en dirección, sentido y módulo) que actúa sobre el chofer del automóvil?
  - f) ¿Qué sensaciones podría estar experimentando el chofer del automóvil?, ¿por qué?
2. En un parque de entreteniones, el Tagadá (ver imagen) es una rueda de aproximadamente 8 metros de diámetro en que las personas se ubican en los bordes mientras gira. Si moviéndose uniformemente la rueda tarda un cuarto de minuto en dar cada vuelta:

- a) ¿Cuál es la rapidez de los jóvenes respecto del suelo?
- b) ¿Qué aceleración experimentan los jóvenes respecto del suelo?
- c) ¿Cuál es la rapidez angular del Tagadá, respecto del suelo?
- d) Para un joven específico y en un instante dado, respecto del suelo, ¿qué dirección y sentido poseen la velocidad lineal, la velocidad angular y la aceleración?
- e) ¿Qué otras variables físicas se podrían medir o calcular en la experiencia del Tagadá?
- f) ¿Cuáles son los riesgos asociados a un mal control de un Tagadá en un parque de entreteniones? Argumenten brevemente.



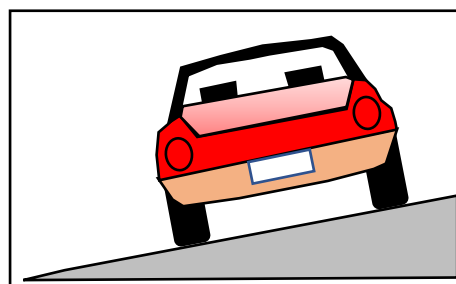
3. En un dibujo que represente a una persona viajando en un avión que hace acrobacias en el aire (como el de la figura), en una trayectoria aproximadamente circunferencial, representar por medio de flechas y en distintos momentos (por ejemplo, cuando la persona pasa por el punto P; Q, R, S y T), las direcciones y sentidos de:

- a) Sus velocidades lineales
- b) Sus velocidades angulares
- c) Su aceleración lineal
- d) La fuerza de gravedad
- e) La fuerza de roce con el aire
- f) La fuerza que la persona aplica sobre el asiento en que se encuentra
- g) La fuerza que el asiento aplica sobre la persona
- h) La fuerza neta o total



4. La figura muestra el corte de una autopista o carretera por donde un automóvil viaja con una gran rapidez, pero constante.

- a) ¿Está viajando en línea recta el automóvil? Expliquen.
- b) Dibuja las distintas fuerzas que están actuando sobre el automóvil.
- c) ¿Cuál es la utilidad de la inclinación del pavimento (o peralte)? Expliquen.
- d) ¿Qué consideraciones se deben tener para la definición del peralte en una carretera?
- e) ¿Todas las carreteras de Chile tienen peralte?, ¿existe alguna ley o instructivo al respecto?





5. A partir del video *Esfera de la muerte*, disponible en el canal de YouTube MisterGatoer, que trata de un espectáculo circense en que participan dos motociclistas, responden las siguientes preguntas:
- ¿Por qué los motociclistas pueden pasar por la parte superior de la esfera sin caerse?
  - ¿Cómo calcularían la fuerza central que actúa sobre los motociclistas?
  - ¿Qué consideraciones deben tener los dos motociclistas para no chocar entre ellos? Expliquen.
  - ¿Piensan que los motociclistas habrán estudiado bastante Física? Argumenten brevemente.
  - ¿Cuáles son los riesgos asociados a la situación en estudio?

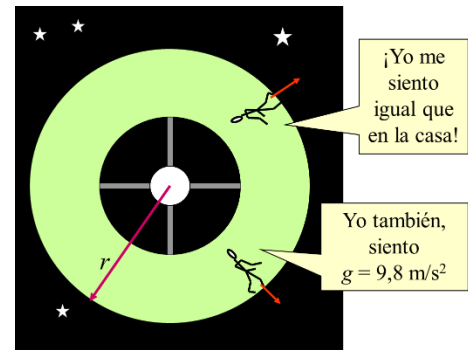
#### Observaciones al docente

- Si incorporan otros desafíos, se sugiere que los problemas y ejercicios, al igual que los propuestos aquí, estén contextualizados y secuenciados, desde los más simples hacia los más complejos, y que sean aprovechados al máximo para valorar los modelos matemáticos que emplea la física.
- Para el desafío n°5 se recomienda descargar antes el video. Asimismo, podría mostrar otros videos parecidos donde participan 4, 6 y hasta 8 motociclistas dentro de una esfera.
- Emplear preferentemente las unidades SI; las de uso cotidiano y las conversiones entre ellas.
- Respecto de la velocidad angular, recordar a los estudiantes la regla de la mano derecha (u otra) para indicar la dirección y sentido del vector  $\vec{\omega}$ , su representación gráfica (cuando entra o sale del plano) y de las unidades angulares en el sistema sexagesimal ( $^{\circ}$ ) y circular (radian).
- Preocuparse de que los estudiantes no se limiten a realizar cálculos en forma mecánica sin comprender e imaginarse lo que esos cálculos significan.
- No descarte la posibilidad de que sean ellos mismos quienes elaboren problemas, y luego los intercambien para resolverlos.
- Se sugiere, asimismo, el uso de simuladores como PhET o software como Tracker para trabajar con movimiento circunferencial uniforme. Existen varios tutoriales sobre su uso en YouTube.
- Se sugiere abordar el tema de las fuerzas ficticias, como la denominada “fuerza centrífuga”, con detalle y con discusiones y análisis, ya que ese concepto está muy difundido y se emplea en forma incorrecta en una gran cantidad de medios (libros, artículos, noticias o internet).

#### Estudio de casos

- Los estudiantes construyen explicaciones sobre lo que experimentan y les puede ocurrir a las personas (jóvenes en juegos mecánicos -como montaña rusa-, pilotos de aviones de prueba, astronautas, entre otros.) cuando están sometidos a muy grandes o pequeñas aceleraciones. Para esto:
1. Estudian casos, como los ya abordados, en que están presentes las fuerzas centrípetas y las fuerzas ficticias, pero centrando la atención en lo que sienten las personas y los efectos físicos y biológicos que se producen en ellas. Luego comparan estas aceleraciones con la magnitud de la aceleración de gravedad  $g$  que soportamos a diario en la superficie terrestre.
  2. Investigan cuáles son, en función de  $g$ , las aceleraciones máximas que soportan los astronautas; por ejemplo, en sus entrenamientos y en los despegues.
  3. Investigan cuáles son las alteraciones que pueden experimentar las personas al estar sometidas por tiempos prolongados a: a) grandes aceleraciones y b) situaciones de “ingravidez”.
  4. Analizan situaciones (futuros vehículos o estaciones espaciales) en que, por medio de rotaciones, sea posible producir efectos de “gravedad artificial”. A este respecto, puede ser útil que los estudiantes analicen:

- o Escenas de la película de ciencia ficción *Gravity*, en que ocurren muchas situaciones en “ausencia de gravedad”. Discuten la pertinencia de los efectos especiales de la película.
- o Escenas de la película de ciencia ficción *2001 Odisea en el espacio*, en que se muestra una gran estación espacial que al rotar permite que sus tripulantes sientan una aceleración de gravedad similar a la que se experimenta normalmente aquí en la superficie terrestre.
- o La situación que se ilustra en la figura adjunta y calcular la rapidez angular y el período de rotación (respecto de las estrellas lejanas) con que debe girar la estación espacial para que sus pasajeros sientan en su interior una aceleración similar a la que tenemos en la superficie terrestre. Suponer que el radio de la estación es  $r = 400$  metros.
- o Escenas de videos en que se muestran astronautas en la Estación Espacial Internacional (ISS) mostrando los efectos que se producen en situaciones en que “no hay gravedad”. Discuten si allí, a pocos cientos de kilómetros de altura, realmente no hay gravedad terrestre. ¿Cómo se explica esta aparente contradicción?



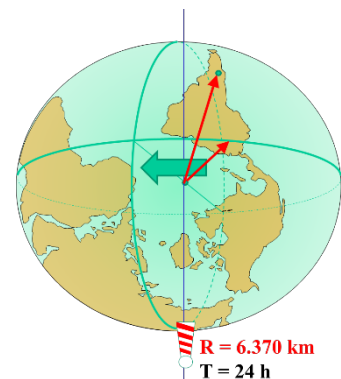
#### Observaciones al docente

- Es importante favorecer la reflexión y el diálogo entre estudiantes, y darle espacio a sus propias preguntas que van emergiendo en la interacción.
- En esta etapa y respecto de los efectos biológicos sobre las personas al experimentar grandes aceleraciones, es conveniente que el estudiante busque refuerzos en docentes del área de biología. Por ejemplo, puede ser oportuno analizar, desde el punto de vista biofísico, la manera en que funciona el sentido del equilibrio, el efecto de la aceleración en el sistema circulatorio y el esquelético-muscular, en situaciones cotidianas y de sufrir aceleraciones extremas.
- Las películas que se sugieren se pueden hallar en <https://www.dailymotion.com/video/x2I5e3e> (para *Gravity* o *Gravedad*; Canal 2 On Line Best Top) y <https://vimeo.com/227985648>, para *2001: Odisea en el Espacio* (Stanley Kubrick, Estados Unidos, 1968); y una página como <https://www.youtube.com/watch?v=6iDAppMS9Og> o de NotimexTV (19 dic. 2017) <https://www.youtube.com/watch?v=u4x1mMt6RoY> para ver astronautas de la Estación Espacial Internacional.
- Puede no ser necesario ver las películas completas, y seleccionar de antemano las escenas que sean de interés.

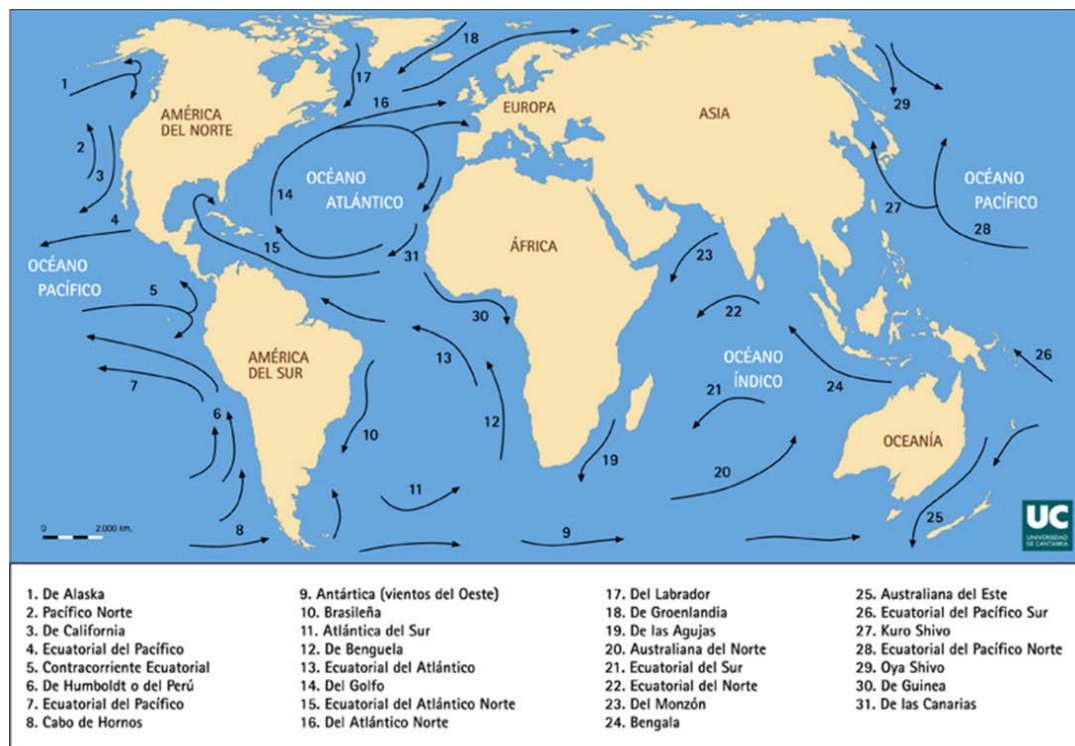
#### Aplicación de cinemática vectorial

- Los estudiantes aplican cinemática vectorial a la solución de problemas de índole astronómico, como los siguientes:

1. Calculan la rapidez lineal, la rapidez angular y la magnitud de la aceleración centrípeta de un objeto en reposo, respecto del suelo, en cualquier latitud del planeta, debido a la rotación terrestre y respecto del Sol.
2. Antes de resolver un problema:
  - o Predicen el resultado esperado, tanto para un objeto situado en el Ecuador, como en el lugar en que viven y en los polos.
  - o Proponen un plan para resolver los problemas; presentan la o las expresiones matemáticas atingentes.
  - o Buscan la información y/o datos que requieren para resolverlos.
  - o Finalmente, realizan los cálculos y expresan los resultados en unidades que les resulten conocidas (km/h para la rapidez lineal; °/h para la rapidez angular y  $m/s^2$  para las aceleraciones)
3. Una vez resuelto el problema:



- o Indican qué supuestos y aproximaciones hicieron al resolver el problema.
- o Formulan hipótesis sobre los siguientes aspectos relacionados con la rotación terrestre: si el periodo de rotación terrestre respecto del Sol fuese de 12 horas en vez de 24, ¿sentiríamos algo diferente?, ¿percibiríamos el movimiento de rotación terrestre? Si en vez de 24 horas fuese de solo 5 minutos, ¿podríamos estar de pie en el suelo?, ¿podríamos caminar? ¿sería posible la vida en la Tierra? En el caso de que pudiéramos existir como especie, ¿qué aspectos serían diferentes en nosotros?, ¿los sistemas naturales funcionarían de la misma manera? Y si el periodo de rotación fuera de 365 días (igual al año).
- o Analizan algunos mitos interesantes de ser investigados, relacionados con las fuerzas de Coriolis debido a la rotación terrestre: por ejemplo, que el agua que sale por el desagüe de un lavamanos rota en un sentido, en un hemisferio del planeta, y en el sentido opuesto, en el otro. Videos en YouTube muestran el experimento en lugares turísticos en la línea del Ecuador; sobre la misma línea del Ecuador y a pocos metros de ella. Muestra, en el primer caso, que el agua que sale de un recipiente no rota y, a pocos metros del Ecuador, que rota en el hemisferio sur en el sentido antihorario y en el norte en el sentido horario. ¿Qué hay de cierto en todo esto? Argumenten.
- o Analizan aspectos como los que encierran las siguientes preguntas: ¿cómo será el valor, la dirección y el sentido de la aceleración centrípeta obtenida, comparado con la aceleración de gravedad terrestre? Cuando se deja caer libremente y en condiciones de vacío un objeto en el lugar en que vives, en rigor, ¿describe una trayectoria rectilínea? Explica.
- o Explican por qué las personas no notamos el movimiento de rotación de la Tierra y cómo se podría poner en evidencia.
- o Investigan en internet las consecuencias que tiene en nuestro planeta su rotación. Consideran las corrientes oceánicas y los vientos globales (alisios y contralisios). Por ejemplo, en un planisferio que muestre las corrientes oceánicas, como el adjunto, identifican los patrones que se producen en cada hemisferio de nuestro planeta y explican las anomalías.



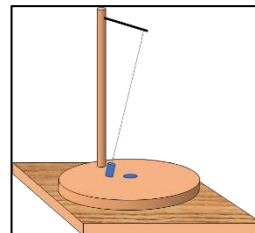
- Investigan en diferentes fuentes acerca del experimento del péndulo de Foucault. Después de enterarse de aspectos históricos, por ejemplo, del péndulo que está en el Panteón de París, responden preguntas como las siguientes: ¿por qué el péndulo debe ser tan largo? ¿Cómo funcionaría justo en la línea del ecuador? ¿y en los polos?

**Observaciones al docente**

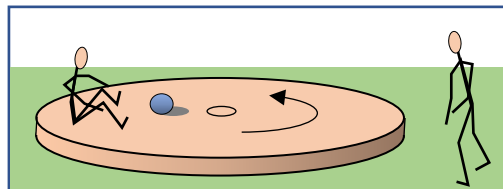
- Hay bastantes recursos en internet y, para los establecimientos escolares de Valdivia o cercanos, se recomienda visitar el que instaló allí el Centro de Estudios Científicos (CECs). En ese sentido, también es importante saber que también se instaló una réplica del péndulo de Foucault en Santiago, en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.
- Con materiales simples e idealmente reciclados (maderas, cartones, alambres y un hilo), se sugiere construir un pequeño péndulo (de unos 50 cm de largo) que emule al de Foucault, como el de la figura; es decir, en que su base pueda rotar sobre un eje vertical, y muestren cómo oscila el péndulo al rotar lentamente la base en que se apoya.

Al hacer oscilar el péndulo, los estudiantes se sorprenden cuando al girar la base observan que el péndulo sigue oscilando en el mismo plano.

Podrían describir, también, cómo se comportaría este péndulo al oscilar en diferentes lugares de la Tierra.



En una plataforma que pueda rotar, como las que existen en juegos infantiles en algunas plazas, un joven sentado en ella lanza por la plataforma una pelota. Describa la forma que sigue la pelota respecto de él, y el resto de los estudiantes la describen respecto al suelo, como se indica en el esquema. La actividad se puede filmar tanto por una cámara fija a la plataforma como con una fija al suelo y después comparar ambas filmaciones. Responden preguntas como: Si respecto de la plataforma en rotación se observa una trayectoria curva para la pelota, ¿qué fuerza la desvía? ¿Cómo definirían fuerza ficticia? Si se reconoce que la situación es similar a la que ocupamos nosotros en la Tierra en rotación, ¿por qué no notamos efectos similares a los observados en la pelota sobre la plataforma en rotación?



4. Calculan la magnitud de las rapidez y de la aceleración centrípeta:
  - o De la Luna, respecto de la Tierra y del Sol.
  - o De la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol y respecto de las estrellas muy distantes (estrellas fijas).
  - o Del Sol en su movimiento alrededor de la galaxia, respecto de las galaxias muy lejanas.

Para las tres situaciones anteriores, indican qué datos se requieren para hacer estos cálculos, y los obtienen de fuentes que les den confianza. En todos estos casos indican también qué aproximaciones y supuestos realizaron para obtener las respuestas.

5. Buscan información acerca de las órbitas (altura, período de traslación, entre otros) que sigue la Estación Espacial Internacional (o ISS); el telescopio espacial Hubble, entre otros, y contrastan la información con los cálculos que pueden realizarse con las fórmulas del movimiento circunferencial uniforme. Explican, si las encuentran, divergencias en la información.
6. Reflexionan, por último, acerca de las siguientes preguntas: ¿por qué la Tierra gira sobre su eje? ¿Por qué la Luna orbita alrededor de la Tierra? ¿Por qué la Tierra y los restantes planetas, asteroides y cometas orbitan alrededor del Sol? ¿Por qué el Sol y las estrellas de nuestra galaxia rotan alrededor de la galaxia? ¿Cómo se explican todas estas situaciones?

#### Observaciones al docente

- Para que los estudiantes trabajen los problemas con datos reales, permita que usen internet para recabarlos y la calculadora y/o el computador para realizar los cálculos.
- Para los desafíos de la quinta etapa es suficiente con datos como: radio de la Tierra (aproximadamente 6370 km) y su período de rotación en torno del Sol (aproximadamente 24 horas), y con supuestos como: forma esférica de la Tierra y rotación uniforme. Que el radio de la órbita lunar es de aproximadamente 386 000 km y su período de traslación de unos 27 días. Que la distancia de la Tierra al Sol es de 150 000 000 km y su período de traslación 365 días. Que el radio de la órbita solar en la galaxia es de unos 27 000 años luz y que su período de traslación (año cósmico) es de 230 000 años. Como las órbitas no son completamente circunferenciales y los movimientos no son rigurosamente uniformes, los cálculos que podemos hacer con las fórmulas del nivel de este curso (movimiento circunferencial uniforme) son solo aproximados; pero los errores no son tan grandes. Generalmente, son más importantes los errores originados en las incertezas de los datos con que contamos.
- Respecto de los mitos relacionados con ciertos efectos de las fuerzas de Coriolis, es conveniente que los estudiantes examinen críticamente, con mucho cuidado, los numerosos videos que se refieren al tema en YouTube. Lo que tales videos muestran tienen algo de cierto, pero están trucados. En rigor, el efecto Coriolis es cierto, pero a pequeñas distancias de la línea del Ecuador son indetectables y, en recipientes pequeños, como en un lavamanos, menos, pues el efecto también es insignificante. Este efecto solo es observable con grandes cantidades de fluidos, como en el caso de los océanos y en nuestra atmósfera.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Cádiz, F., Hevia, S., Reyes, S. (2013) *Mecánica clásica*. Departamento de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <http://info.sitios.ing.uc.cl/libros/Fisica.pdf>
- *Curso Interactivo de Física*. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/index.html#>
- Educaplus. *Cinemática*. Recuperado de <http://www.educaplus.org/games/cinematica>
- Físicanet. *Cinemática vectorial*. Recuperado de [https://www.fisicanet.com.ar/fisica/cinematica/ap02\\_cinematica.php](https://www.fisicanet.com.ar/fisica/cinematica/ap02_cinematica.php)

## Actividad 2. Newton y la fuerza de gravedad: ¡más que la caída de una manzana!

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen sobre el desarrollo histórico, significado físico y aplicaciones de la ley de gravitación universal de Isaac Newton.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3

Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 d

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

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Analizan, mediante el uso de conceptos y modelos de la mecánica clásica, la interacción de cuerpos a distancia.
- Aplican modelos fisicomatemáticos en la resolución de problemas sobre movimientos de cuerpos debidos a la acción de una fuerza central.

### ACTITUDES

- 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.

### DURACIÓN

12 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

- Los estudiantes leen un texto como el siguiente, respondiendo posteriormente algunas preguntas:

#### ¿Qué sabemos acerca de la ley de gravitación universal?

Según la opinión de muchos científicos e historiadores de las ciencias, la ley de gravitación universal de Newton es uno de los mayores logros intelectuales de toda la historia. Parecía explicarlo todo: la trayectoria que sigue una pelota en un partido de fútbol, el movimiento de los astros (planetas, lunas, asteroides, etc.), el cálculo de la masa de la Tierra, la del Sol y la de muchos otros astros; las mareas observadas en nuestros océanos e incluso predecir matemáticamente la existencia de un planeta nunca visto antes (Neptuno). También nos ha permitido hacer los cálculos para poner miles de satélites en órbita, llevar sondas a todos los planetas

del sistema solar, a varios asteroides y cometas, y uno de los logros tecnológicos más importantes del siglo XX: llevar a los humanos a la Luna.

Sin embargo, este saber no apareció de un día para otro. Muchas personas desconocen que Newton, para llegar a tal conocimiento, demoró muchos años. Se basó en el estudio y reflexiones de diversas corrientes y pensadores, cuyo proceso no fue lineal, y no estuvo ajeno a errores, frustraciones y cambios metodológicos.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Qué preguntas te surgen a partir del texto?
2. ¿Cuál es el objetivo del texto y cómo lo titularías?
3. ¿Por qué científicos e historiadores de la ciencia consideran la *ley de gravitación universal* como uno de los mayores logros intelectuales de la historia?
4. ¿Piensas que es natural que el proceso de construcción de conocimiento de Newton no fuera lineal, no estuviera ajeno a errores, frustraciones y cambios metodológicos? Argumenta brevemente.

### Profundización

- Los estudiantes investigan el proceso, contexto y consideraciones que le permitieron a Isaac Newton formular la ley de gravitación universal, su importancia científica y su utilidad en la explicación de movimientos tanto en la superficie terrestre como en el sistema solar; incluyendo los satélites naturales y artificiales, la navegación espacial y las sondas que investigan el universo.

#### Observaciones al docente

- Recordar el contexto sociohistórico en el que se desarrolló Newton; ello debió haberse estudiado en la actividad 2 de la unidad 1, que aborda la controversial transición del geocentrismo al heliocentrismo. No obstante, a modo de síntesis, puede destacar lo delicado que fue en el Renacimiento europeo proponer ideas diferentes al geocentrismo o a cualquier otra idea que fuese en contra de lo defendido por la Iglesia Católica, ya que la que las personas podían ser condenadas a muerte por la Inquisición, como el caso de Giordano Bruno.
- Se sugiere enfatizar en algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia como, por ejemplo; si estudia la época de Newton es necesario cautelar y diferenciar los conceptos de gravedad y gravitación. La palabra "gravedad" ya era usada para indicar la propiedad que tenían los cuerpos pesados (graves) para ir hacia el centro de la Tierra (o del universo, en la cosmología aristotélica). "Gravitación", en tanto, es el término que sería utilizado por Newton para indicar una interacción atractiva existente entre dos cuerpos cualquiera del universo. Newton trabajó durante muchos años para poder comprobar la hipótesis de la extensión de la gravedad hasta la Luna, proceso donde tuvo lugar el error, el cambio conceptual y metodológico, y las frustraciones. Es necesario comprender a Newton no como un científico en el sentido actual, sino que, como un pensador inglés del siglo XVII, un filósofo natural envuelto con saberes característicos de su tiempo. Además de física, matemática, filosofía y astronomía, Newton fue un estudioso de la alquimia, astrología, cábala, magia y teología. Historiadores de la ciencia han mostrado que Newton perteneció a la tradición hermética.

Puede usar la narrativa histórica

"Desmitificando el episodio de la manzana de Newton: ¿qué historia me han y he contado?", disponible Google, o en

[https://www.researchgate.net/publication/333765468\\_Desmitificando\\_el\\_episodio\\_de\\_la\\_manzana\\_de\\_Newton\\_que\\_historia\\_me\\_han\\_y\\_he\\_contado](https://www.researchgate.net/publication/333765468_Desmitificando_el_episodio_de_la_manzana_de_Newton_que_historia_me_han_y_he_contado)

- Los estudiantes analizan la expresión clásica de la ley de gravitación universal de Newton ( $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ) a través de algunas preguntas como:



1. ¿Qué representan cada uno de los símbolos que aparecen en la expresión?
  2. ¿De qué factores depende la fuerza de gravedad  $F_g$  y cómo depende de tales factores? Por ejemplo, ¿qué significa que  $F_g$  sea inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $r$ ?
  3. ¿Hay alguna distancia en que la gravedad terrestre ya no actúe?
  4. ¿A qué se refiere el carácter de "universal" atribuido por Newton a esta ley?
  5. ¿Por qué no apreciamos la fuerza de gravedad con que se atraen dos manzanas (o entre dos objetos cotidianos)?
  6. ¿Cuál es el valor de  $G$ ? ¿Cuándo, cómo y por quién fue medida esta constante universal?
  7. ¿Cómo es la fuerza gravitacional que la Tierra aplica sobre la Luna comparada con la que la Luna aplica sobre la Tierra?
  8. ¿Por qué la fuerza de gravedad que nos describe Newton en su ley es de tipo central?
  9. Si consideramos que  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  en la superficie terrestre, con respecto a la distancia  $R$  del centro de la Tierra, ¿cuál es la aceleración de gravedad terrestre a las distancias  $2R$ ,  $3R$ ,... $60R$ ? Exprese los resultados en una tabla de valores.
  10. ¿Cómo es un gráfico que exprese, para el caso de la Tierra, la aceleración de gravedad  $g$  en función de la distancia al centro de la Tierra?
- Seleccionan y analizan algunas consecuencias y hechos que muestran el valor científico de la ley de gravitación universal de Newton; por ejemplo:
1. Cómo ella explica el fenómeno de las mareas en los océanos de la Tierra y cómo a consecuencia de ellas se ha ido frenando la rotación terrestre y la lunar. ¿Existirán otros casos en el sistema solar en que el efecto de las mareas es o ha sido significativo? Las mareas que producen la Luna y el Sol sobre nuestros océanos, ¿afectarán también a nuestra litósfera y a nuestra atmósfera?, ¿tendrán alguna incidencia en la actividad sísmica?
  2. Cómo el estudio del movimiento del planeta Urano le permitió a científicos como Urbain Le Verrier y John Couch Adams predecir la existencia de Neptuno, lo cual se vio confirmado por observaciones telescópicas, lo que reafirmó una vez más el valor de la ley de gravitación universal de Newton.
  3. La importancia que ha tenido la ley de gravitación universal de Newton en la era espacial, que ha permitido poner en órbita terrestre satélites para comunicaciones con instrumentos científicos, estaciones espaciales, enviar sondas espaciales a todos los planetas de nuestro sistema solar, incluido Plutón, algunos asteroides y cometas; y lograr uno de los más grandes sueños de la humanidad: ir al espacio, a la Luna y próximamente a Marte.

### Resolución de desafíos

- Los estudiantes aplican la ley de gravitación universal de Newton para responder preguntas y resolver algunos problemas emblemáticos; por ejemplo:
1. Determinar la masa de la Tierra, a partir del valor de la aceleración de gravedad en su superficie (aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ ) y el radio de la Tierra (aproximadamente  $6370 \text{ km}$ ). Comparan el valor obtenido con el que figura en diferentes fuentes.
  2. Determinar la masa del Sol a partir de los siguientes datos: el período de traslación de la Tierra en torno del Sol y la distancia promedio de la Tierra respecto al Sol. Comparan el valor obtenido con el que figura en diferentes fuentes y con la masa de la Tierra.
  3. Considerar el hecho de que el planeta Marte posee dos satélites. Buscan información sobre estos (el radio de sus órbitas y sus períodos de traslación) y determinan la masa del planeta. Con este dato y el radio del planeta Marte, determinan la aceleración de gravedad en su superficie. Comparan el resultado de sus cálculos con los que indican fuentes confiables.
  4. ¿La masa de qué otros astros se podría determinar a partir de la ley de gravitación universal de Newton?

5. ¿Cómo podríamos calcular la masa de nuestra Luna por medio de la ley de gravitación universal de Newton?
6. Proponer tres nuevos problemas que sean innovadores y desafiantes para sus compañeros. Argumentar su diseño desde un punto de vista disciplinar y pedagógico.

#### Observaciones al docente

- Considere que la constante de gravitación universal es  $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ ; destacando que se trata de una de las constantes físicas más importantes, cuya ingeniosa medición por parte de Henry Cavendish tuvo importantes consecuencias.
- Para los cálculos, idealmente, usar una calculadora que trabaje con notación científica. Existen las tradicionales calculadoras científicas, pero también están las que se pueden instalar en notebooks, tablet y teléfonos celulares. Si es necesario, explicar a los estudiantes cómo se emplean en la escritura y lectura de números expresados en notación científica.
- Explicar que, con el nivel matemático del curso, se ha considerado la aproximación de que los astros siguen movimientos con órbitas circunferenciales y uniformes, lo que significa que no podríamos considerar, por ejemplo, el movimiento de un cometa, los cuales tienen órbitas elípticas muy excéntricas. No obstante, Newton hizo el trabajo teórico en forma exacta, para lo cual se vio en la necesidad de inventar una herramienta matemática magistral: el cálculo.
- Explicar que la fuerza analizada en esta actividad, la fuerza de gravedad, es, por lo menos en este momento de la historia, una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza y que estas fuerzas parecen explicarlo todo. Las otras tres fuerzas fundamentales son las eléctricas y las nucleares fuertes y las débiles.
- Explicar también que las “acciones a distancia” han generado muchas dudas en los físicos. Incluso para el propio Isaac Newton era un gran misterio que no conseguía entender muy bien, como lo han mostrado sus principales biógrafos Richard Westfall y Bernard Cohen, reconocidos historiadores de la ciencia. Es Einstein quien en la teoría general de la relatividad propone otra manera de entender la gravedad. Esto se estudiará en la unidad 4 sobre Física moderna, que viene a mostrar los límites de validez de mecánica clásica y la dinámica cambiante del conocimiento científico a través del tiempo.
- Consideración para la determinación de la masa de la Tierra:

Sea  $M$  la masa de la Tierra y  $m$  la masa de una manzana aquí en la superficie de la Tierra en que la aceleración de gravedad es  $g$ . Así, la magnitud de la fuerza con que la Tierra y la manzana se atraen es:  $F = mg$

Pero también se puede calcular con:  $F = G \frac{mM}{R^2}$  en que  $R$  es la distancia entre los centros de la manzana y de la Tierra, es decir, el radio de la Tierra. Igualando y despejando  $M$  se obtiene  $M = \frac{gR^2}{G}$

- Consideración para la determinación de la masa de un astro central:

Sea un astro de masa  $M$  que es orbitado por un satélite de masa insignificante  $m$  en una órbita circunferencial de radio  $r$  y con un período de traslación  $T$ . Entonces, la fuerza sobre el satélite se puede calcular con las siguientes expresiones:

$$F = ma_c = m \frac{v^2}{r} = m \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

de donde se sigue que la masa  $M$  es:

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

Hacer ver que la masa del satélite ( $m$ ) se simplifica y que, por lo tanto, no es posible de calcular sobre la base de las otras variables involucradas en la situación.

### Divulgación de los alcances de la ley de gravitación universal de Newton

- Finalmente, el curso elabora un recurso educativo sintético sobre el tema central de la actividad, guiado por la pregunta: ¿cómo le explicarían los alcances y límites de validez de la ley de gravitación universal de Newton a su familia o vecinos?

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
 OA 7, 3° medio.

#### Observaciones al docente

De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir el recurso educativo en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

### RECURSOS Y SITIOS WEB



- Cautivo R. (2019). *Módulo Física Electivo 3° y 4° medio, Los conceptos y sus Fórmulas*, Editorial Cid.
- *Guía 9. Ley de Gravitación Universal de Newton* Recuperado de [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/cra/fisica/NM3/RFE3G\\_006.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/cra/fisica/NM3/RFE3G_006.pdf)
- Mora, C., Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol.3, No. 1, recuperado de [http://www.lajpe.org/jan09/13\\_Cesar\\_Mora.pdf](http://www.lajpe.org/jan09/13_Cesar_Mora.pdf)
- PBS Learning Media. *Fuerza centrípeta*. Recuperado de <https://www.pbslearningmedia.org/resource/phy03.sci.phys.mfw.roller/centripetal-force-roller-coaster-loops/>
- PHET. *Simulador de Gravedad y órbitas*. Universidad de Colorado. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulation/gravity-and-orbits>
- Rivera-Juárez, J.M., Rivera-Vargas, Y., Cabrera-Muruato, R. (2018). Evolución histórica del concepto de fuerza. Parte II. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 12, No. 2, recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6556411>
- Wainmaier, C., Salinas, J. (2005). Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica clásica básica. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 18, N°1, 2005, pp. 39-54.

## Actividad 3. ¿Vamos a modelizar los efectos de las fuerzas centrales?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen sobre la importancia de la modelización de fenómenos naturales y cotidianos en general, y de los efectos de las fuerzas centrales en particular.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3

Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 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.

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Modelizan fenómenos que evidencian la relación entre fuerzas centrales y movimiento.

### ACTITUDES

- Pensar con perseverancia y proactividad para encontrar soluciones innovadoras a los problemas.
- Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.

### DURACIÓN

12 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

- Los estudiantes leen el siguiente texto, respondiendo posteriormente algunas preguntas.

Desde el Sputnik 1, puesto en órbita en 1957, la cantidad de satélites artificiales que orbitan la Tierra ha crecido exponencialmente. Gran parte de los países poseen sus propios satélites artificiales. Estos parecen ser indispensables en nuestra civilización, cada vez más tecnolizada y globalizada (por ejemplo, en lo que se relaciona con las comunicaciones). Por lo tanto, entender cómo se ponen en órbita, qué utilidades prestan y qué problemas implican (por ejemplo, el de la basura espacial) son aspectos importantes para desarrollar una opinión fundada como ciudadanos.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Qué interrogantes les surgen con el texto?
2. ¿Cuántos satélites piensan que actualmente orbitan la Tierra?
3. ¿Piensan que Chile también tiene algún satélite en órbita en el espacio?
4. ¿Cómo algunos satélites artificiales en órbita se relacionan con sus vidas, las de sus familias y amistades?

### Resolución de desafíos

- Teniendo en cuenta el texto anterior, y con el objeto de profundizar, los estudiantes resuelven los siguientes desafíos:
1. Investigan sobre los satélites artificiales que posee la Tierra, considerando:
    - Número aproximado de satélites puestos actualmente en órbita terrestre.
    - Países responsables.
    - Principales usos que se les da a los satélites artificiales.
  2. Describen de qué elementos está constituida la basura espacial y qué inconvenientes y peligros potenciales puede significar para la humanidad.

#### Observaciones al docente

- Sugerir el estudio de las emergencias que vivió la Estación Espacial Internacional en 2009 como consecuencia de la basura espacial.

3. ¿Qué países poseen la capacidad para poner en órbita los satélites artificiales? Por ejemplo, ¿quién ha puesto en órbita los satélites chilenos?
4. Explican qué les ocurre a los satélites artificiales que en órbitas bajas empiezan a interactuar con la atmósfera.
5. Explican el movimiento de los satélites artificiales en términos de fuerzas centrales.
6. Describen cómo se llevan los satélites artificiales desde la superficie terrestre hasta la altura en que orbitarán y cómo se los deja en la órbita que se desea.

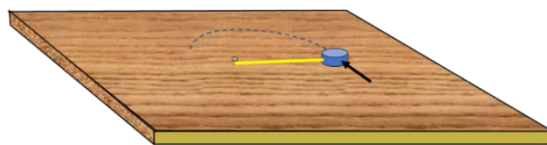
#### Observaciones al docente

- Se sugiere que analicen un video como el que aparece en el canal de YouTube de educaciontv titulado *Cómo poner un satélite en órbita*, disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=jmDYAGkhQQ0>.

7. Analizan cómo debiesen impulsar un objeto (dirección, sentido y rapidez) puesto a gran distancia de la Tierra (donde la acción de la atmósfera es insignificante) para ponerlo en una órbita estable, y las eventuales trayectorias que podría seguir, si:
  - Se impulsa en otra dirección o con otras rapidezces.
  - En la situación se considera la fuerza de roce, qué le ocurriría a un satélite que, en órbita baja, empieza a interactuar con la atmósfera.
8. Responden preguntas como:
  - ¿Puede ponerse en órbita un satélite artificial a cierta altura con cualquier rapidez? Argumenten.
  - Si a la Estación Espacial Internacional (ISS), que orbita a unos 400 km de altura, en la que normalmente viven unas seis personas, se trasladan 100 personas y la respectiva carga (20 toneladas) con comida, agua, etc. para asegurar que puedan sobrevivir, ¿se corre riesgo de que la estación se venga a tierra?
  - Si una nave espacial está en una cierta órbita alrededor de la Tierra, ¿qué se debe hacer para descender con seguridad?
  - Respecto de los satélites artificiales “estacionarios” o “geosincrónicos”:
    - ¿Qué caracteriza sus órbitas?
    - ¿A qué altura respecto del suelo se encuentran?
    - ¿Principalmente en qué se los emplea?

### Desarrollo de un modelo mecánico

- En un primer momento de esta etapa, los estudiantes observan el siguiente modelo mecánico demostrativo, y luego responden algunas preguntas.



1. ¿Qué preguntas les surgen tras observar la demostración del modelo mecánico?
2. ¿Qué variables físicas están involucradas en el modelo?
3. ¿Qué limitaciones posee el modelo?
4. Además de la fuerza central producida por el elástico o resorte, ¿hay otras fuerzas presentes?
5. La fuerza central en este modelo, ¿cómo depende de la distancia al centro?
6. ¿Qué serían “las fuerzas centrales” presentes en la naturaleza?

#### Observaciones al docente

- Es importante que el modelo mecánico de demostración sea presentado de manera concreta en clases.
- El modelo que se propone aquí consiste en impulsar, por un plano (horizontal), un tejo atado a un elástico para billetes (o resorte) y unido, en el otro extremo, a un clavo o tachuela clavada en el plano (lámina de madera o cartón duro), como se ilustra en la figura.  
Es recomendable que el tejo sea lo suficientemente masivo y el elástico o resorte lo suficientemente “blando” para que el montaje funcione. También se recomienda poner algún material suave, por ejemplo, una felpa, en la zona del tejo que interactúa con la superficie y suavizar lo más posible el plano con el fin de reducir el roce en el sistema.
- Una variación de este modelo demostrativo puede ser reemplazar el tejo por un auto de juguete a pilas. Aquí pueden estudiar, también, el movimiento del auto sujeto a la cuerda para distintas longitudes de la cuerda, ver la relación entre periodo y radio, y velocidad tangencial y angular.
- Es un oportuno momento para enfatizar nuevamente que, en rigor, la fuerza centrípeta no es otro tipo de fuerza física real más, sino que es la forma de llamar a alguna fuerza real que, bajo ciertas circunstancias, presenta la característica de tirar del cuerpo hacia el centro de giro.

- Luego los estudiantes desarrollan un modelo mecánico propio que permita simular los efectos de las fuerzas centrales. Para esto:
  - Conforman grupos de trabajo constituidos por cuatro o cinco estudiantes.
  - Planifican el trabajo: qué harán, con qué lo harán, cuándo y dónde lo harán.
  - Realizan el montaje y lo prueban internamente en el grupo.
  - Presentan y argumentan el modelo desarrollado a sus pares, destacando también las limitaciones que presenta.

#### Observaciones al docente

- Antes de que inicien los trabajos prácticos, sobre la base de sus conocimientos de mecánica, describen brevemente los efectos que producen las fuerzas centrales en distintas situaciones.
- Es una excelente oportunidad para favorecer la creatividad. Permítales desarrollar lo que decidan hacer, resguardando rigor conceptual, la seguridad individual y colectiva.
- Sugiera que los materiales que decidan utilizar para su modelo sean reciclados.
- Para el análisis teórico, solicitar a los estudiantes que consideren y apliquen sus conocimientos de cinemática y dinámica, y hagan predicciones fundamentadas en relación con un cuerpo situado a gran altura, más allá de la atmósfera, cuando se lo impulsa en diferentes direcciones y con distintas rapidezces.
- Puede sugerir que hagan algunas mediciones y cálculos en sus modelos mecánicos, y puedan presentar esta información a través de gráficos.
- Invíteles a que, tras realizar el montaje y la prueba del modelo, introduzcan las mejoras necesarias.

- Sugiera, también, que vayan registrando como grupo los diversos obstáculos y sentimientos que van teniendo durante el desafío. Esto favorece su propio proceso metacognitivo y, por tanto, la autorregulación del aprendizaje.

- Analizan de manera crítica y respetuosa los modelos desarrollados por cada grupo de estudiantes y proponen modificaciones que permitan mejorarlos.
- Para evidenciar lo aprendido sobre el fenómeno observado, responden preguntas como: ¿por qué está ocurriendo lo observado y cuáles son las magnitudes físicas presentes? ¿Creen ustedes que con una experiencia demostrativa sus familias entenderían lo que es una fuerza central y sus efectos?
- Finalmente, llevan a cabo un proceso metacognitivo de lo realizado, a través de preguntas como: ¿cuáles son los pasos que realizamos hasta el diseño del modelo? ¿Cuáles fueron nuestros momentos de mayor dificultad o confusión?, ¿qué hicimos para superar los obstáculos? ¿Qué emociones o sentimientos fueron parte del proceso y cómo influyeron estos en nuestro compromiso personal y colectivo en el desafío? ¿Qué aprendimos y qué dudas persisten tras el trabajo?

#### Observaciones al docente

- Favorecer un ambiente de respeto y empatía.
- Se sugiere diseñar y entregar una pequeña rúbrica para evaluar el modelo mecánico de sus compañeros.
- Es importante, finalmente, realizar una retroalimentación personal y colectiva sobre el proceso llevado a cabo.

#### RECURSOS Y SITIOS WEB



- *Dinámica del movimiento circular.* Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/circular1/circular1.htm>
- *Fuerza centrípeta y gravitación,* Recuperado de <https://es.khanacademy.org/science/physics/centripetal-force-and-gravitation>

## Actividad 4. ¿Cómo y para qué poner un satélite artificial en órbita terrestre?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y analicen las dificultades que implica la puesta en órbita de un satélite artificial, los beneficios y las consecuencias éticas, sociales y ambientales que ello puede tener.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

OA 3

Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Justifican la selección e integración de conocimientos de la mecánica clásica y de otras ciencias para el análisis de problemáticas.
- Analizan implicancias de proyectos e iniciativas científico-tecnológicas que requieren del conocimiento de la acción de fuerzas centrales para su funcionamiento.
- Expresan su opinión fundada sobre los enfoques interdisciplinarios para el análisis y propuesta de soluciones a problemáticas científicas.

### ACTITUDES

- Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.
- Pensar con perseverancia y proactividad para encontrar soluciones innovadoras a los problemas.

### DURACIÓN

12 horas pedagógicas.



## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Activación

- A modo de introducción, los estudiantes leen o escuchan un texto como el siguiente, y responden posteriormente algunas preguntas:

#### Mecánica clásica y satélites

La mecánica clásica nos enseñó a poner satélites artificiales en órbita alrededor de la Tierra, pero tuvieron que pasar más de dos siglos para que la tecnología lo hiciera posible. Hoy, varios miles de satélites prestan los más variados servicios: en las comunicaciones, en la investigación científica e incluso en el espionaje. Las personas ya no podemos desconocer esta realidad. Muchos de nosotros, en el diario vivir y sin darnos cuenta, empleamos satélites artificiales, ya sea en forma directa o indirecta.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Sabían que existen miles de satélites girando alrededor de la Tierra?
2. ¿Qué ideas, preguntas y sentimientos les evoca el texto?
3. ¿Piensan que es necesario o es un derecho conocer los satélites artificiales que nos orbitan como planeta?
4. ¿Habría satélites artificiales hoy si Isaac Newton no hubiese existido en la historia? Argumenten brevemente.

### Investigación

- Los estudiantes desarrollan investigaciones sobre satélites artificiales, respondiendo:
  1. Si con Newton tuvimos los conocimientos teóricos de mecánica necesarios para poner un satélite en órbita terrestre, ¿por qué hubo que esperar más de 200 años para hacerlo?
  2. ¿Qué otras ciencias o ramas de la Física son indispensables para poner en órbita un satélite? ¿por qué?
  3. Los ciudadanos, ¿cuándo usamos directa o indirectamente satélites artificiales? Expliquen.
  4. ¿Cuáles son los conocimientos físicos y matemáticos necesarios para poner en órbita un satélite?
  5. ¿Cuáles son los satélites artificiales más importantes que otros países y Chile han puesto y pondrán en órbita? Consideren sus respectivas finalidades y estado actual.
  6. ¿Es importante que Chile tenga sus propios satélites artificiales?, ¿por qué?
  7. ¿Cuáles son las implicancias éticas, sociales y ambientales asociadas al desarrollo, puesta en órbita y uso de satélites artificiales en la actualidad? Construyan argumentos.
- A partir de la investigación realizada sobre los satélites artificiales en órbitas terrestres, escogen uno que les resulte de interés, profundizan, y luego:
  1. Responden preguntas como:
    - ¿Cuándo y por qué fue diseñado?
    - ¿Qué instrumentos porta?
    - ¿A qué país pertenece?
    - ¿Cuáles son las principales características de su órbita?
    - ¿Cuáles son sus medidas?
    - ¿Cuál es su vida útil?
  2. Socializan sus respuestas con sus compañeros, apoyados con el uso de TIC.

## Diseño

- Los estudiantes diseñan una propuesta de satélite artificial destinado a resolver un problema para nuestro país, considerando:
  - Su finalidad e instrumentos que portará (antenas transmisoras y receptoras, computador, cámaras fotográficas y/o de videos, termómetros, giroscopios, etc.).
  - La manera como debe orbitar la Tierra (la altura, si será una órbita ecuatorial o circumpolar, etc.) para la finalidad definida.
  - Cómo será llevado al espacio.
  - Cómo se financiará el proyecto;
  - Las implicancias sociales, éticas y ambientales de un proyecto como el definido.
  - El diseño de una maqueta a escala o un esquema que ilustre al satélite.
  
- Montan una exposición que dé cuenta de sus investigaciones acerca de los satélites y de su proyecto para la ciudadanía. Los grupos, frente al curso, explican y defienden el proyecto de satélite que han definido con todas las variables consideradas.

### Observaciones al docente

- Hay que señalar que, para poner un satélite en órbita no bastan los conocimientos de mecánica que nos aportó Newton; que fue necesario que se desarrollara una poderosa coherencia y muchos detalles de la electrónica que no estaban en su época.
- Mencionar que habitualmente empleamos satélites artificiales en nuestros computadores y teléfonos celulares cuando:
  - Usamos sistemas de geolocalización, GoogleMaps o sistemas de GPS (o sistema de posicionamiento global).
  - Cuando vemos televisión satelital a través de antenas parabólicas que se conectan con satélites.
  - Cuando vemos televisión abierta o por cable que muestra programación en directo de otros países.
  - Cuando en la televisión vemos meteorólogos que hacen predicciones del tiempo. Ellos obtienen gran parte de la información que usan de los satélites, por ejemplo, sus mapas sinópticos, gracias a satélites artificiales.
- Puede aportar ideas durante el desarrollo de la actividad. Por ejemplo, en relación con la finalidad del satélite artificial, se puede sugerir uno destinado a:
  - Medir los cambios en los recursos hídricos del país, incluyendo lagunas, ríos y glaciares.
  - Descubrir antiguos asentamientos humanos y proteger recursos arqueológicos.
  - Identificar fallas tectónicas y hacer estudios sobre sismos y tsunamis.
  - Vigilar bosques con el fin de prevenir incendios forestales y deforestación.
  - Hacer una prospección de recursos minerales (metálicos y no metálicos).
  - Vigilar las fronteras para identificar tráfico de drogas o armas.
  - Proporcionar internet gratuito a toda la población.
  - Monitorear siembras y cultivos que pueden verse afectados por lluvias, sequías, heladas, etc.
  - Realizar una investigación astronómica en longitudes de onda que no atraviesan la atmósfera.
- Si los estudiantes tienen dificultades en la primera y segunda etapa con la búsqueda de la información, orientarlos a buscarla en las distintas agencias espaciales que tienen las potencias del mundo y que lideran el área de los satélites (Estados Unidos, NASA; Unión Europea, ESA; Francia, CNES; Japón, JAXA; etc.

- Finalmente, los estudiantes tienen el desafío de diseñar un experimento científico para ser realizado en condiciones de ingravidez. Para esto:
  - Suponen, por ejemplo, que han ganado un premio consistente en viajar por un mes a la Estación Espacial Internacional. ¿Qué experimento científico se les ocurre que podrían realizar allí?, ¿por qué?

**Observaciones al docente**

- Para inspirarse, sugiera buscar información sobre las liceanas chilenas que en 1999 enviaron chinitas al espacio (ver, de Explora: <https://www.explora.cl/blog/2015/09/14/a-16-anos-del-viaje-a-la-nasa-la-historia-de-las-liceanas-chilenas-que-mandarón-chinitas-al-espacio/>), lo que constituyó un gran experimento que probó la efectividad de estos insectos como eventuales controladores de plagas en el espacio.
- Otras ideas motivadoras con las que el profesor podría despertar el entusiasmo de los estudiantes son hacerlos reflexionar e investigar aspectos como:
  - Qué ocurre en situaciones de ingravidez con:
    - o La llama de una vela.
    - o Agua en un frasco a medio llenar.
    - o El comportamiento de diversos animales.
    - o El crecimiento de las plantas.
  - Cómo se las arreglan los astronautas con:
    - o Abastecerse de oxígeno para respirar.
    - o Mantener las cabinas presurizadas.
    - o Salir y entrar de la Estación para realizar caminatas espaciales.
    - o El aseo personal.
    - o Alimentarse.
    - o Dormir.
    - o El reciclaje del agua.
    - o El deshacerse de los desperdicios.

**RECURSOS Y SITIOS WEB**

- Duarte, C. (2019). *CelesTrak, una herramienta para entender las aplicaciones espaciales*. Recuperado de <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=186>
- European Space Agency. *Órbitas de satélites*. Recuperado de [http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_ES/SEMXM3E3GXF\\_0.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMXM3E3GXF_0.html)
- Fuerza Aérea de Chile. *Fasat-Charlie*. Recuperado de <http://www.ssot.cl/>
- Futurizable. (2017). *Descubre el interesante mundo de los satélites*. Recuperado de <https://futurizable.com/satelites/>
- Martínez Rodríguez-Osorio, R. (2009). *Tipos de órbitas. Constelaciones de satélites*. ETSI de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/csat/material/CSAT09-2-OrbitasConstelaciones.pdf>
- NASA. (2015). *¡Somos expertos en órbitas!* Recuperado de <https://spaceplace.nasa.gov/geo-orbits/sp/>
- S.N. (2015) *Uso de los satélites*. Recuperado de <http://satelitesartificiales32.blogspot.com/2015/10/aplicaciones-de-satelites-estos.html>

## Actividad de evaluación. Fuerzas centrales en diversos contextos

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y resuelvan desafíos con base en el uso de saberes relacionados con fuerzas centrales en distintos contextos.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3. Analizar el movimiento de cuerpos bajo la acción de una fuerza central en diversas situaciones cotidianas o fenómenos naturales, con base en conceptos y modelos de la mecánica clásica.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

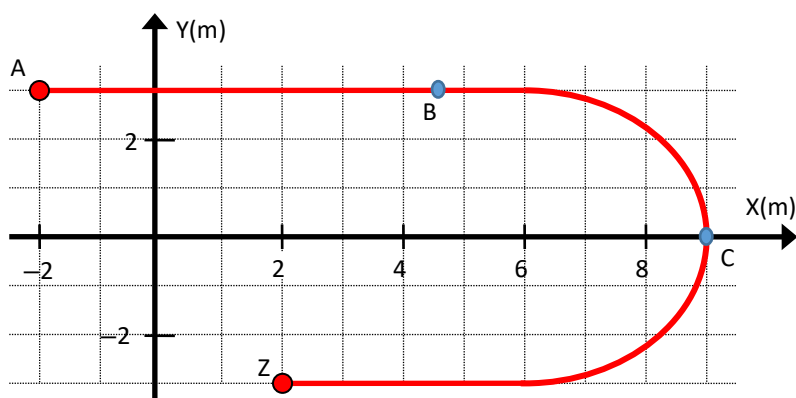
- Modelizan fenómenos que evidencian la relación entre fuerzas centrales y movimiento.
- Aplican modelos fisicomatemáticos en la resolución de problemas sobre movimientos de cuerpos debidos a la acción de una fuerza central.
- Analizan implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales asociadas al desarrollo tecnológico.

**DURACIÓN:** 4 horas pedagógicas.

### Descripción de los movimientos en el plano

1. Un ciclista se mueve uniformemente en el plano horizontal XY por la trayectoria que se indica, y demora 30 segundos en ir de A hasta Z. En el gráfico las distancias están expresadas en metros.

- ¿Qué vector representa la posición del ciclista en el instante final (Z)?
- ¿Qué vector representa el desplazamiento experimentado por el ciclista en los 30 segundos?



- ¿Qué vector representa la velocidad media experimentada por el ciclista en los 30 segundos?
- Expresen el desplazamiento experimentado por el ciclista al ir desde el punto C al Z.
- ¿Cuál es el camino recorrido por el ciclista durante los 30 segundos de movimiento?

- f. ¿Cuál es el módulo del desplazamiento experimentado por el ciclista durante los 30 segundos de movimiento?
  - g. ¿Qué rapidez posee el ciclista en el instante que pasa por el punto B?
  - h. Aproximadamente, ¿cuál es la aceleración del ciclista cuando pasa por el punto C?
  - i. ¿Cuál es la velocidad angular del ciclista cuando pasa por el punto C?
2. Mencionen tres efectos de la rotación terrestre y las maneras en que se ponen en evidencia.
3. ¿Por qué en lo cotidiano no advertimos con nuestros sentidos ni la rotación ni la traslación de nuestro planeta en torno del Sol?
4. ¿Qué efectos puede producir en los organismos de las personas el ser sometido por tiempos prolongados a:
- a. Ausencia de gravedad.
  - b. Aceleraciones muy grandes.
5. ¿Cómo podemos simular gravedad en una nave espacial que viaja entre las estrellas?

### **Análisis de los efectos de las fuerzas centrales**

1. Un motociclista sigue una trayectoria circunferencial en una rotonda de 100 m de radio con una rapidez de 20 m/s. Si entre él y la motocicleta poseen una masa de 140 kg:
- a. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza que actúa sobre ellos?
  - b. ¿Qué dirección y sentido tiene esta fuerza?
  - c. ¿Quién aplica esta fuerza?
  - d. ¿Cuál es la fuerza tangencial que actúa sobre ellos?
2. Un asteroide casi esférico posee un radio de 400 km. Una sonda que se aproxima a él logra quedar en una órbita circular de 1000 km de radio y con un período orbital de 100 horas.
- a. ¿Cuál es el período de traslación de la sonda en torno del asteroide?
  - b. ¿Cuál es la masa del asteroide?
  - c. ¿Cuál es aproximadamente la aceleración de gravedad en la superficie del asteroide?

### **Estudio de los satélites artificiales**

- 1. Explican, brevemente, saberes de la física involucrados para poner en órbita un satélite artificial.
- 2. Describen brevemente la historia de los satélites artificiales chilenos y de los proyectos futuros.
- 3. Exhiben el modelo mecánico desarrollado en la actividad para modelar la puesta en órbita de un satélite artificial, explicando sus aciertos y limitaciones.
- 4. Elaboran un ensayo, de no más de cuatro páginas, en torno a los beneficios de los satélites artificiales y a los problemas que están generando. Dar dos argumentos a favor de los satélites artificiales y dos en contra de ellos.

## UNIDAD 3.

### Cambio climático: del saber a la acción sostenible

#### PROPÓSITO DE LA UNIDAD

Esta unidad busca que los estudiantes analicen críticamente la emergencia climática y sus alcances en la sociedad, las tecnologías y los sistemas naturales; que tomen consciencia y propongan soluciones sostenibles de acción por el cambio climático sobre la base de la integración de las ciencias físicas con otras ciencias y áreas de conocimiento, considerando interrogantes como: ¿por qué se atribuye un origen antropogénico al cambio climático actual? ¿Cómo se explica la dinámica sistémica de la naturaleza? ¿De qué manera el cambio climático afecta a nuestra generación y a las próximas? ¿Cómo la Física, junto con otras ciencias, puede favorecer el diseño de propuestas de acción por el cambio climático?

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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.

#### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Diferencian los conceptos de estaciones del año, tiempo atmosférico, clima, variabilidad y cambio climáticos.
- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para explicar las interacciones en el sistema climático.
- Seleccionan datos científicos actuales e históricos pertinentes para el estudio y análisis crítico sobre el cambio climático.
- Usan modelos para explicar los efectos actuales y posibles consecuencias del cambio climático global sobre los sistemas naturales, los territorios y la sociedad.
- Planifican y desarrollan investigaciones sobre conocimientos de las ciencias físicas necesarios para comprender procesos y/o fenómenos que ocurren en sistemas naturales.
- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para describir fenómenos que ocurren en sistemas naturales.
- Analizan componentes, características, interacciones y procesos en diversos sistemas naturales.
- Justifican la selección e integración de conocimientos de diversas ciencias para el análisis de temas o problemáticas sobre cambio climático y sistemas naturales.

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 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.

- Argumentan el rol de la interdisciplinariedad para el análisis y propuesta de soluciones a problemáticas sobre el cambio climático.
- Evalúan el alcance de acciones sostenibles.
- Diseñan proyectos para prevenir y mitigar los efectos del cambio climático.

## Actividad 1. ¿Cómo las ciencias físicas nos ayudan a comprender el cambio climático?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes desarrollen un marco conceptual sobre la base de las ciencias físicas y conocimientos sobre sistemas requeridos para aproximarse a la comprensión del cambio climático.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1

Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.

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 h

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

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para explicar las interacciones en el sistema climático.

### ACTITUD

- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.

### DURACIÓN

8 horas pedagógicas.



## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Activación

- Los estudiantes observan la siguiente imagen y, posteriormente, responden algunas preguntas.



1. ¿Qué concepto engloba toda la información de la imagen? Expliquen.
2. ¿El pronóstico que transmiten los canales de televisión cada noche o cuando investigamos a través del celular se refieren al clima o al tiempo atmosférico?, ¿por qué?
3. Muchas personas afirman que “el clima cambia todos los días”. ¿Están de acuerdo con la afirmación? Argumenten brevemente.
4. ¿El clima refleja la diversidad de estados del tiempo atmosférico?
5. ¿Qué beneficios tiene conocer el tiempo atmosférico y el clima de un lugar?
6. ¿Cómo describirían el tiempo atmosférico de hoy en su comuna? ¿Se relaciona este tiempo con la estación del año actual y con la zona climática en la que se encuentran?, ¿por qué?

#### Observaciones al docente

- Es relevante tener en cuenta que, en rigor, este contenido no es de física pura.
- La activación también podría ser complementada a través del recurso *Norte claro, sur oscuro. Explicaciones científicas a relatos y dichos populares de fenómenos meteorológicos*, disponible en: <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2018/07/libro-norteclaro-suroscuro.pdf>
- Existe una tendencia a pensar que estos contenidos son “fáciles”. No obstante, poco a poco se va dimensionando la complejidad, por lo que se recomienda ir paso a paso desde lo más simple.
- Es necesario asegurarse de que los estudiantes comprendan y diferencien correctamente las nociones de *tiempo atmosférico* y *clima*. Para esto, es pertinente entregarles una guía para recordar los factores y elementos del clima. Esto es clave antes de que estudien el concepto de cambio climático propiamente tal.
- Asimismo, es necesario apoyar el desarrollo de los aprendizajes con algún documento o video que les haga recordar el origen de las estaciones del año y de las zonas climáticas.
- En el caso de que los estudiantes estén respondiendo fluidamente, podría realizar otras preguntas como: ¿podríamos afirmar que el tiempo atmosférico y el clima son estudiados de la misma manera?, ¿quiénes realizan tales estudios y a través de qué instrumentos y métodos? ¿Cuáles son los objetivos principales de los climatólogos y meteorólogos, y en qué se diferencian?, entre otras.
- Se les puede sugerir, también, que investiguen y analicen cómo entendían el tiempo atmosférico y el clima nuestros antepasados, y cómo se relaciona con los saberes actuales de la ciencia.
- Puede sugerirles que vean en su tiempo libre el documental *La Tierra desde el espacio, componentes del clima global*, de National Geographic, disponible en YouTube.

- En seguida, los estudiantes se organizan en parejas y proceden a relacionar las siguientes imágenes con los conceptos de estaciones del año, tiempo atmosférico y clima, y socializan la justificación en cada caso.



**Observaciones al docente**

- Es importante hacer saber a los estudiantes que no existe una única relación correcta, pues, de alguna manera, el conjunto de los conceptos abordados puede ser utilizado para la reflexión en todas las imágenes. Probablemente, habrá una tendencia a relacionar a partir de los patrones naturales que han observado durante su vida, pero todo va a depender del punto de vista con que quieran analizar cada caso.
- Tome una o dos imágenes y destaque nuevamente la diferencia entre tiempo atmosférico y clima.

### Interpretación para aproximarse al concepto de cambio climático

- Los estudiantes leen los siguientes titulares y responden los desafíos posteriores.

Lun. 25 Marzo, 2019 23:54

## El cambio climático y su impacto sobre el déficit hídrico en la región del Bío Bío

DETECTAN EN CHILE EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ANTÁRTIDA



## Cambio climático: ¡Tenemos que actuar ya!

Sociedad 02 de abril de 2019 Por THE TIMES CHILE

Un reporte publicado el pasado 6 de febrero por la Organización Meteorológica Mundial, dependiente de la ONU, indicó que los años 2015, 2016, 2017 y 2018 fueron los cuatro más cálidos registrados jamás en la historia de la humanidad.



1. Define con tus propias palabras el concepto de cambio climático.
  2. ¿Por qué se han vuelto frecuentes las noticias sobre cambio climático?
  3. ¿Qué piensan y sienten cuando leen o les hablan del cambio climático?
  4. ¿Piensan que las personas, en general, comprenden el cambio climático? Elaboren, al menos, dos razones.
- En seguida, los estudiantes, a partir de la lectura de la siguiente definición oficial sobre el “cambio climático” adoptada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) de la Organización de las Naciones Unidas, reflexionan y responden posteriormente algunas preguntas:

“La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”<sup>6</sup>.

1. ¿Qué preguntas o dudas les surgen tras la lectura?
2. ¿El texto se refiere al tiempo atmosférico, cambio climático o a la variabilidad climática? Argumenten brevemente.
3. ¿Por qué la CMNUCC atribuye directa o indirectamente el cambio climático a la acción humana? Expliquen
4. ¿Con la información entregada, se puede atribuir el 100% de la responsabilidad del cambio climático a la actividad humana? Argumenten brevemente.
5. ¿Piensas que la definición sobre el concepto de cambio climático del IPCC es entendible por cualquier persona? ¿Por qué?
6. ¿La información explicitada, es suficiente para dimensionar científicamente los procesos involucrados en el fenómeno del cambio climático? Argumenten.

<sup>6</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)

7. ¿Qué coincidencias o diferencias se presentan entre la definición leída y la redactada por ustedes?

**Observaciones al docente**

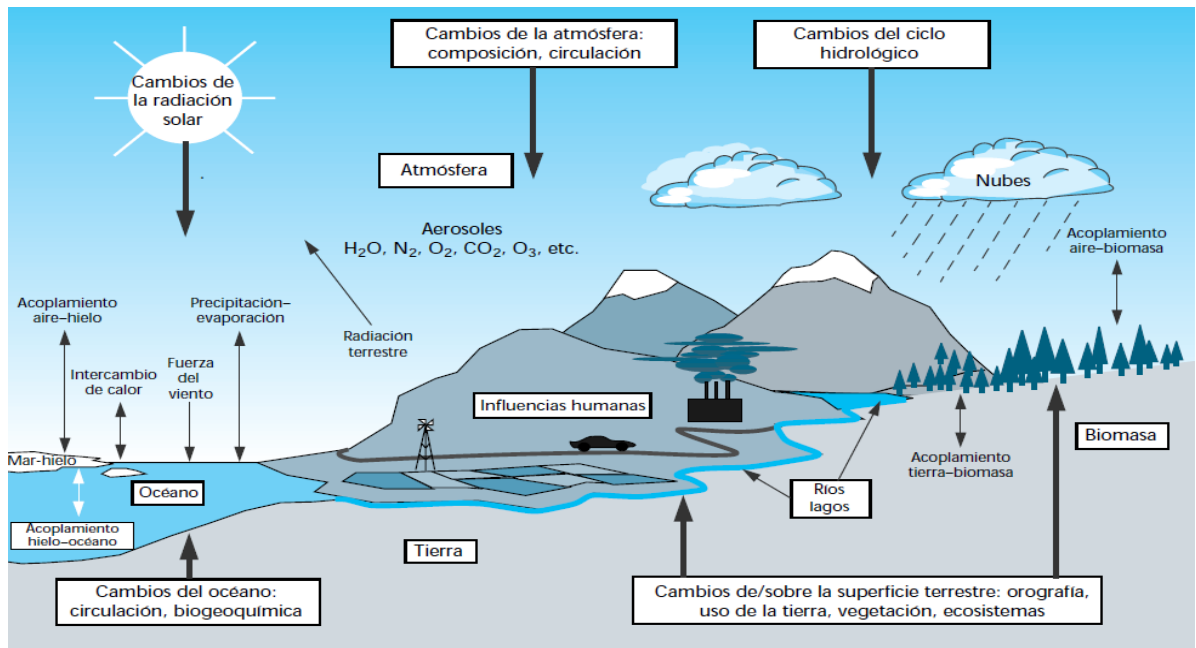
- Es importante mencionar que cambio climático no es lo mismo que variabilidad climática. La variabilidad climática corresponde a las fluctuaciones del clima que se han presentado en diversas escalas de tiempo y espacio durante la historia de la Tierra.
- En caso de que los estudiantes tengan dudas sobre el equipo de IPCC, se sugiere invitarles a investigar más sobre los integrantes: quiénes lo componen; cómo se organizan y en qué contextos; si hay o no investigadores representantes de Chile, entre otros aspectos.
- Es una instancia oportuna para destacar la importancia de la colaboración en la construcción del conocimiento científico.

**Relación entre sistema climático y cambio climático**

**Observaciones al docente**

- Antes de aproximarse a la noción de sistema climático y su dinámica, introduzca los conceptos de sistema y estado de un sistema, diferenciando entre sistemas abiertos, sistemas cerrados y sistemas aislados. Puede iniciar preguntándoles: ¿qué entienden por el concepto de sistema? ¿Qué sistemas conocen?, ¿cuáles son sus características?
- Se sugiere introducir, de forma general, en qué consiste un “sistema complejo”, relevando las nociones de componentes, interacciones, retroalimentación y propiedades emergentes. Esto favorecerá, en caso de profundizar, la comprensión de la dinámica del sistema climático como un problema complejo. Existen varios videos en internet que pueden servir de apoyo, por ejemplo, el documental *Sistemas complejos*, del Instituto de Física de la UNAM: <https://www.youtube.com/watch?v=1CCXfFSkr6g>

➤ Los estudiantes analizan la siguiente representación sobre interacciones entre los componentes del sistema climático (atmósfera, litósfera, hidrósfera, criósfera y biósfera), respondiendo luego a algunos desafíos.



1. Identifiquen en la representación los elementos que corresponden a la atmósfera, hidrósfera, litosfera, criósfera y biósfera.
2. Expliquen desde las ciencias físicas las interacciones entre los componentes del sistema climático. Además, respondan: ¿cómo aportan estas interacciones a su complejidad?
3. ¿Por qué la teoría de la complejidad contribuye al estudio del sistema climático?
4. ¿Por qué se dice que el estudio del sistema climático y sus componentes es necesario para comprender la complejidad del cambio climático? Argumenten.

#### Observaciones al docente

- Primero, es relevante destacar que la comprensión del sistema climático es un desafío complejo incluso para los especialistas, pues, en rigor, se requiere del conocimiento de otras áreas del saber y de una perspectiva sistémica a la que no estamos acostumbrados. Así, se recomienda una mayor empatía y humildad en su abordaje, y reconocer que se sabe parcialmente sobre algunas interacciones y fenómenos. Esto puede ser de gran motivación para promover la curiosidad intelectual y asumir desde ya los desafíos del futuro.
- Es importante destacar que los componentes del sistema climático son diferentes en composición, propiedades físicas, estructura y comportamiento, pero, aun así, todos ellos están interconectados entre sí a través de flujos de masa, energía y momento, constituyéndose como “subsistemas” abiertos.
- Tener presente que el sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y, además, debido a forzamientos externos como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y los forzamientos antropogénicos.
- Sería de gran apoyo disponer de una guía sobre algunas características de los componentes del sistema climático enfatizando, por ejemplo, que la atmósfera tiene el menor tiempo de respuesta (días o semanas) ante un forzamiento, debido a su bajo calor específico y densidad en comparación con los otros componentes del sistema climático, en particular los océanos, que son parte de la hidrósfera.
- Enfatizar que las interacciones entre los diferentes componentes del sistema climático son no lineales, pues el resultado de la misma puede retroalimentar positiva o negativamente la perturbación original, es decir, amplificarla o inhibirla. Por ejemplo, un incremento de la temperatura del aire aumentaría la evaporación del agua de los océanos, lo que tendría asociado un incremento de la concentración de vapor de agua en la atmósfera. Pero, al ser un gas de efecto invernadero, una mayor concentración de vapor de agua incrementaría la temperatura del planeta, lo cual, a su vez, favorecería nuevamente el incremento de la evaporación del agua de los océanos. En este ejemplo, se ve claramente cómo, tras la interacción, la perturbación original (incremento de la temperatura del aire) se ve amplificada. A este tipo de mecanismo se le conoce como retroalimentación positiva (Martín-Gómez, 2016). Como propuesta, se sugiere investigar la retroalimentación “hielo-albedo”.
- En el caso de que se dificulte el estudio del sistema climático, puede mostrar a los estudiantes algunas imágenes donde se perciba la interacción solo entre dos componentes del sistema climático. Por ejemplo, si muestra una fotografía donde esté en contacto el océano con la atmósfera, puede colaborar para que perciban la existencia de intercambio de masa a través de la evaporación de agua, la que posteriormente se condensará en la atmósfera como efecto de la disminución de la temperatura liberando energía en forma de calor latente, siendo parte de la energía necesaria para el desarrollo del ciclo hidrológico. Contrariamente, la precipitación del agua representa un flujo de materia atmósfera → océano. El estrés que ejercen los vientos sobre la superficie del océano dirigiendo las corrientes más superficiales de este representa una transferencia de momento de la atmósfera → océano<sup>7</sup>.
- Es fundamental leer el informe del IPCC sobre las bases físicas del cambio climático. Aquí aparecen varias relaciones entre variables, respuestas a preguntas frecuentes, además de gráficos muy claros. Estos pueden ser usados complementariamente en las actividades. La versión resumida del documento está disponible en [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf)

<sup>7</sup> [http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico\\_climatologia\\_2016/TEMA1\\_climatologia2016.pdf](http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico_climatologia_2016/TEMA1_climatologia2016.pdf)

### Diseño de un juego didáctico

- Finalmente, los estudiantes diseñan un juego didáctico para jóvenes que permita responder la siguiente pregunta: ¿cuáles son los saberes mínimos que necesito para entender el cambio climático desde las ciencias físicas? Luego invitan a algunas personas a jugarlo.

#### Observaciones al docente

- Sería pertinente que, previamente, los estudiantes sean invitados a realizar un recorrido sobre el proceso de toda la actividad realizada, donde expliciten brevemente la diferencia entre tiempo atmosférico, clima, variabilidad climática y cambio climático; y socialicen reflexiones sobre sus obstáculos para el aprendizaje y cómo los fueron superando.
- Se recomienda favorecer un espacio agradable con música o al aire libre que colabore en la expresión de la imaginación y creatividad de los estudiantes.
- Puede apoyarse del recurso “El Juego Didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje. ¿Cómo crearlo en el aula?” disponible en: <http://www.e-historia.cl/cursosudla/13-EDU413/lecturas/06%20-%20EI%20Juego%20Didactico%20Como%20Estrategia%20de%20Ense%C3%B1anza%20y%20Aprendizaje.pdf>
- Es pertinente que exista una evaluación del juego que considere lo lúdico y, sobre todo, la rigurosidad de la información y si se consigue responder a la pregunta planteada en el desafío. Para esto, se sugiere la evaluación entre pares, como complemento a la realizada por el docente. Esta instancia ayudará, también, a identificar algunos errores conceptuales que aún persistan.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los juegos en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

### RECURSOS Y SITIOS WEB



- Dirección Meteorológica de Chile (S/I). *Cambio Climático*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaCambioClimatico.pdf>
- Dirección Meteorológica de Chile. (2018). *Reporte climático*. Recuperado de <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/reporteclimatologico/2018>
- Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (2009). *Meteorología y Climatología. Semana de la Ciencia y la Tecnología*. Recuperado de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Informe IPCC (2013). *Cambio Climático. Bases físicas*. Recuperado de [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente (2017). *Guía de apoyo docente en Cambio Climático*. Recuperado de <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Gu%c3%ada-de-Cambio-Clim%c3%a1tico-2017.pdf>

## Actividad 2. Profe, ¿somos responsables del cambio climático?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y debatan sobre el origen antropogénico del cambio climático actual.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1

Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.

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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Seleccionan datos científicos actuales e históricos pertinentes para el estudio y análisis crítico sobre el cambio climático.
- Usan modelos para explicar los efectos actuales y posibles consecuencias del cambio climático global sobre los sistemas naturales, los territorios y la sociedad.

### ACTITUDES

- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Respuestas a interrogantes

- A modo de introducir de manera más amplia el cambio climático, los estudiantes buscan y ven el video *IPCC AR5 syr spanish*, disponible en el canal de YouTube del IPCC, para luego responder colectivamente las siguientes preguntas:
  1. ¿Cuáles son las causas y consecuencias del cambio climático, según el Grupo de Expertos del IPCC?
  2. ¿Cómo explicarían el papel de los modelos climáticos en la comprensión del cambio climático?
  3. ¿Cómo los investigadores del IPCC van mejorando su conocimiento sobre el cambio climático a lo largo del tiempo?
  4. ¿Por qué el IPCC incorpora a expertos de diversas áreas de conocimiento para estudiar el cambio climático?

#### Observaciones al docente

- Dada la existencia de muchos recursos sobre cambio climático en internet, se sugiere utilizar aquellos que tienen algún respaldo institucional. De hecho, podría alertar acerca del desafío que significa buscar y seleccionar información en internet. Por ejemplo, al escribir “cambio climático” en Google aparecen cerca de 13.000.000 de resultados.
- A modo de complemento del video de introducción, podría sugerir a los estudiantes que vean colectivamente la película *Before the flood*, de National Geographic, que está disponible en YouTube, subtítulo al español. Es un recurso que favorece una profunda reflexión sobre el origen del cambio climático.

### Análisis de gráficos

- Con la finalidad de profundizar en las evidencias del cambio climático, los estudiantes analizan los gráficos 1, 2 y 3<sup>8</sup> del IPCC, y luego responden las preguntas propuestas en i, ii, iii y iv:

Conexión interdisciplinar:

#### Matemática.

OA d, OA f y OA h. 3° y 4° medio.

#### Ciencias para la Ciudadanía.

OA 3, Módulo Ambiente y Sostenibilidad, 3° o 4° medio.

#### Observaciones al docente

- Para conocer más detalles de los gráficos siguientes, se sugiere revisar las páginas 2 y 3 del informe del IPCC disponible en [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

<sup>8</sup> Fuente: Informe *Base de ciencias físicas del cambio climático* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml).



Gráfico 1: Anomalías del promedio anual y global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas respecto del promedio del periodo 1986 a 2005

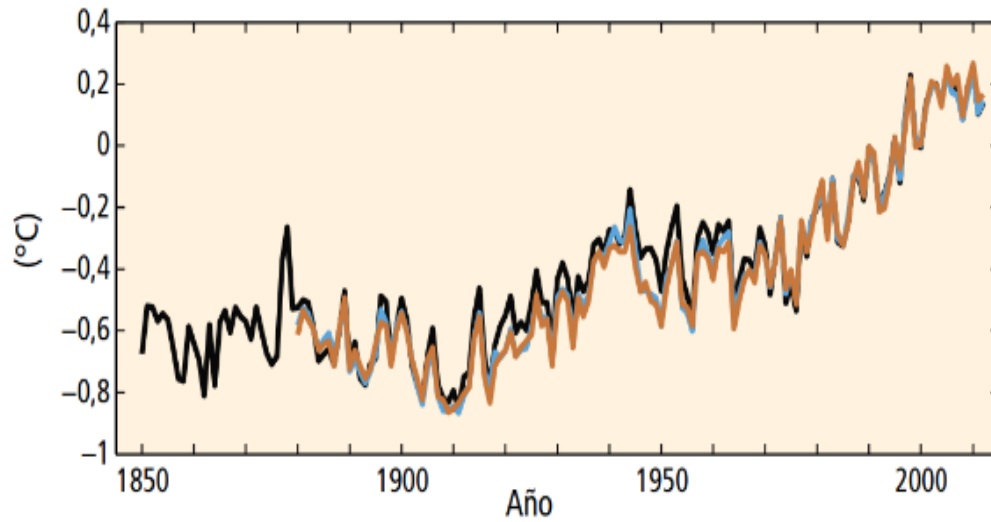


Gráfico 2: Promedio anual y global del cambio del nivel del mar con respecto al promedio del conjunto de datos de más larga duración entre 1986 y 2005.

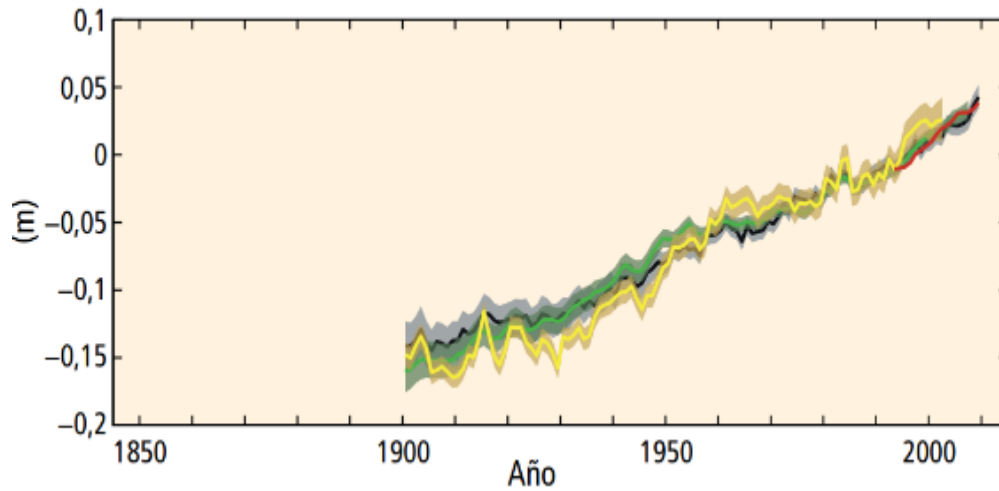
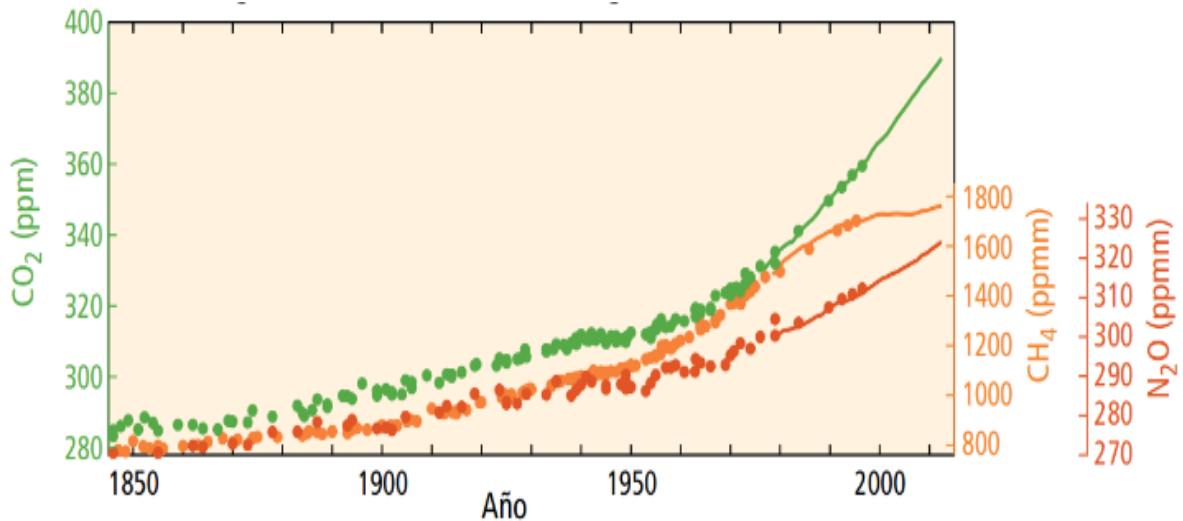


Gráfico 3: Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero



- i. Con base en la observación del primer gráfico (1):
  1. ¿Qué significa “promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas”?
  2. ¿Pueden dimensionar cuántas personas están involucradas en todas las etapas características de la obtención y el uso de estas observaciones meteorológicas?
  3. ¿La temperatura superficial del planeta fue bajo cero grados Celsius durante el primer siglo considerado? Expliquen.
  4. ¿Cómo ha sido el ritmo de variación de las temperaturas globales en la superficie de los océanos y superficies terrestres? ¿Qué característica del gráfico nos permite identificar el ritmo de variación?
  5. ¿El gráfico se refiere a la temperatura real o a la que informan los especialistas? Argumenten brevemente.
  6. ¿A qué se atribuye el aumento de la temperatura a la cual se refiere el gráfico? Justifiquen.
- ii. Explicar, observando el segundo gráfico (2):
  1. ¿Cómo se miden las variaciones del nivel del mar?
  2. ¿A qué puede atribuirse el aumento del nivel del mar que nos indica el gráfico?, ¿será consecuencia del derretimiento de los casquetes polares? Argumenten sobre la base de conocimientos físicos.
  3. El aumento del nivel del mar, ¿sucede porque aumenta la cantidad de agua en los mares o por dilatación térmica?
- iii. A partir del tercer gráfico (3):
  1. ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero y en qué se diferencian de otros gases?
  2. Expliquen fisicoquímicamente el fenómeno de efecto invernadero.
  3. ¿Qué puede estar causando el aumento de los gases de efecto invernadero?, ¿es responsabilidad de la propia humanidad o pueden existir otros factores? Expliquen.

**Observaciones al docente**

- Es una oportuna instancia para preguntar a los estudiantes: ¿es el efecto invernadero perjudicial para nosotros? Hoy existe una gran confusión al respecto, por lo cual es relevante no inducir a una visión negativa del efecto invernadero. Hay que señalar que el efecto invernadero es un fenómeno beneficioso para las condiciones de vida en la Tierra. Es el incremento del efecto invernadero el que contribuye en el desequilibrio del sistema climático, cuyo origen se atribuye actualmente a las intervenciones artificiales de parte de la actividad humana.

## iv. Considerando simultáneamente los tres gráficos:

1. ¿Observan correlación entre ellos? Explica con base en conocimientos de ciencias físicas.
2. ¿Cuáles piensan que son los posibles factores que pueden estar causando los cambios observados?
3. ¿Cuál de los hechos descritos en los gráficos puede ser consecuencia de los otros? Expliquen.
4. Si la tendencia que muestran los gráficos continúa en el futuro, ¿qué consecuencias podría acarrear para la vida en el planeta?

**Observaciones al docente**

- Si no consiguen dimensionar las causas y alcance del aumento de temperaturas a nivel mundial, se sugiere ver y establecer relaciones entre evidencias y conocimientos físicos a partir de la película *Seis grados que podrían cambiar el mundo*, de National Geographic, que está disponible en YouTube.

**Debate sobre el origen antropogénico del cambio climático****Observaciones al docente**

- En esta etapa, es necesario asegurarse de que los estudiantes diferencien entre fuentes de información sin evidencia y aquellas basadas en evidencias científicas, dimensionando el rol de esta última en la construcción y comunicación del conocimiento científico, más aún si estas han sido analizadas y validadas por una comunidad de especialistas a nivel internacional, como el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), las que han sido comunicadas en el sitio web oficial de la ONU.

- Con el propósito de desarrollar criterios para la reflexión y la discusión sobre la naturaleza del cambio climático, los estudiantes consideran la siguiente situación para posteriormente participar de un debate:

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
OA 3, 3° medio.

Un especialista en ciencias físicas asumió el desafío de divulgar un reporte científico sobre el cambio climático para su respectiva reflexión, debate y concientización en diversas instituciones de Educación Media en Chile.

En una de sus conferencias, además de hacer alusión al origen antropogénico del cambio climático, indica: "Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), formado por más de 2500 científicos de 130 países, 'el calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal y como evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y los océanos, el derretimiento generalizado de hielo y nieve y el incremento medio global del nivel del mar'"<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Información presente en el Quinto Informe de Evaluación de del IPCC  
[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)

Al finalizar su conferencia, Max, un estudiante de 17 años, le expresa lo siguiente:  
 “Profe, he hablado con mi familia del tema y no creo que el cambio climático sea por la acción inconsciente de las personas. Percibo como un hecho muy natural que el clima de la Tierra esté cambiando. ¿Acaso hace millones de años atrás no hubo periodos caóticos en el planeta y después todo se calmó? Además, desde una escala geológica, nosotros existimos hace casi nada de tiempo como especie. Al menos yo, confío en que la Tierra se autorregulará independientemente de lo que sigamos haciendo día a día. Eso me deja más tranquilo”.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

- Antes de iniciar el debate, los estudiantes se reúnen en grupos e intercambian opiniones en relación con lo planteado por Max, guiados por preguntas como las siguientes:
  1. ¿Están de acuerdo o en desacuerdo con Max?, ¿por qué?
  2. ¿Es la idea de Max coherente con lo estudiado en las actividades previas de la unidad? Argumenten.

#### Observaciones al docente

- El profesor puede hacer un diagrama en la pizarra, donde en los extremos se escriben las ideas opuestas; en el eje central, los argumentos menos elaborados abajo, y los más elaborados, arriba.



- A partir de lo anterior, los estudiantes realizan un debate entre dos posturas:

1. El actual cambio climático es responsabilidad del ser humano y, por lo tanto, se deben buscar medidas que mitiguen sus efectos.
2. El actual cambio climático es un proceso natural, y, por lo tanto, el planeta se autorregulará, independientemente de las acciones del ser humano.

Conexión interdisciplinar:

#### Educación Ciudadana.

- OA c, OA d, OA e, OA f y OA g, 3° y 4° medio.
- OA 3, 4° medio.

#### Observaciones al docente

- Se sugiere que el curso se distribuya en tres grupos: dos para el debate y uno que represente a una comisión evaluadora. Si no existe un grupo voluntario que quiera defender el origen natural del cambio climático, realizar un sorteo en el curso.
- Si bien se sugiere que sea el docente quien pueda moderar el debate, no descartar la posibilidad de que lo haga un estudiante. Ante esto, sería pertinente orientarlo para que se prepare en su rol de moderador.
- Orientar a la comisión evaluadora sobre los criterios por evaluar para el debate, para lo cual se sugiere preparar una guía con las directrices.
- Dar el tiempo a cada grupo para que se organice, estudie y se prepare para el debate. Puede ser de una semana para otra.
- Explicar muy bien las reglas a seguir durante el debate: el respeto por el uso de la palabra, la duración, los argumentos desde una perspectiva física, la contraargumentación, la presentación de evidencias, el uso de fuentes confiables, el análisis crítico de la evidencia y datos con los que cada grupo trabaje, entre otras.
- El docente debe tener presente que lo que interesa en el proceso de la actividad son los aprendizajes de los estudiantes, así como el desarrollo de habilidades y actitudes científicas.

- Por último, la comisión evaluadora, apoyada por el docente, socializa sus impresiones y principales conclusiones sobre el proceso.

**Observaciones al docente**

- Es relevante no focalizar la atención en distinguir entre “ganadores y perdedores”, sino que en que la forma en que todos aprendemos en un proceso respetuoso de construcción y comunicación de argumentos basados en evidencia científica.
- Se sugiere, también, ofrecer un espacio para que los estudiantes compartan cómo se sintieron durante el debate, principalmente, aquellos que defendieron alguna idea que no creían, o bien, que no están del todo convencidos.
- Finalmente, enfatizar en que, si bien el cambio climático también tiene causas naturales, las evidencias de las influencias antropogénicas se hacen significativamente más claras, al menos, en los últimos 50 años. Es desde aquí el llamado urgente a hacernos cargo como especie humana.

**RECURSOS Y SITIOS WEB**

- Informe IPCC (2013). Cambio Climático. Bases físicas. Recuperado de [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente (2017). Guía de apoyo docente en Cambio Climático. Recuperado de <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Gu%C3%ada-de-Cambio-Clim%C3%A1tico-2017.pdf>
- Center for Climate and Resilience Research (2019) *Conferencia Internacional de Educación en Cambio Climático*. Recuperado de <http://www.cr2.cl/ciecc2019/#1555635942734-91d1ae9d-a554>
- Center for Climate and Resilience Research. *Tras la huella del cambio climático*. Recuperado de <https://www.explora.cl/wp-content/uploads/2019/06/Gui%CC%81a-Tras-la-huella-del-cambio-clima%CC%81tico.pdf?fbclid=IwAR2wALVMSOOY38BYHCvPKaoRxNM4D-s4nA91uIUaPaCvV5iYhgAACCLvwwA>
- Dirección Meteorológica de Chile (S/I). *Cambio Climático*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaCambioClimatico.pdf>
- Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (2009). *Meteorología y Climatología. Semana de la Ciencia y la Tecnología*. Recuperado de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- García-Rodeja, I., De Oliveira, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos sección investigación didáctica. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 30(3), 195-218.
- Garreaud, R. (2011). *Cambio Climático: Bases Físicas e Impactos en Chile*. Recuperado de [http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/inia\\_RGS\\_final.pdf](http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/inia_RGS_final.pdf)
- Meira-Carrea, P., Arto-Blanco, M. (2014). Representaciones del cambio climático en estudiantes universitarios en España: aportes para la educación y la comunicación. *Educación en revista*, 3, 15-33.



## Actividad 3. ¿Cómo se relacionan los fenómenos naturales y socioambientales locales con los globales?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen, investiguen y apliquen conocimientos físicos para la comprensión de las interacciones y dinámica sistémica entre componentes de la naturaleza, considerando su relación con el sistema climático y sus impactos en los territorios.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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 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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Planifican y desarrollan investigaciones sobre conocimientos de las ciencias físicas necesarios para comprender procesos y/o fenómenos que ocurren en sistemas naturales.
- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para describir fenómenos que ocurren en sistemas naturales.

### ACTITUDES

- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

17 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Activación

- A modo de introducción, los estudiantes inician una reflexión colectiva sobre un estudio de la NASA que afirma que “El polvo del desierto del Sahara alimenta los bosques amazónicos”, cuyo recurso audiovisual está disponible en [https://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/29apr\\_amazondust](https://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/29apr_amazondust)

Algunas preguntas para mediar el diálogo pueden ser:

1. ¿Conocen algún otro fenómeno natural que funcione a tal escala?
2. ¿Qué preguntas le surgen al respecto?
3. ¿Cómo se puede explicar el fenómeno en estudio?
4. ¿Podríamos decir que este fenómeno se relaciona con el “efecto mariposa”? Expliquen.
5. ¿Se relaciona este fenómeno con la teoría Gaia? Expliquen.

#### Observaciones al docente

- Invite a los estudiantes a realizar una observación en Google Earth o en Google Maps para dimensionar la distancia entre ambos sectores del planeta, favoreciendo el planteamiento de preguntas.
- Esta es una instancia oportuna para enfatizar que el sistema climático no es rígido y restringido a una parte específica del planeta, sino que dinámico y global, pues la Tierra es un todo integrado y cambiante<sup>10</sup>.
- Se sugiere mencionar cómo se interpreta el dinamismo terrestre desde la teoría Gaia, cautelando el trabajo original de James Lovelock, que está enmarcado en el formato científico tradicional. Esto favorece, además, la reflexión sobre aspectos de la naturaleza de las ciencias, como el carácter inacabado del conocimiento científico, y los alcances y limitaciones de los modelos explicativos. Podría incluso leer en conjunto el artículo *¿Es Gaia una teoría adelantada a su tiempo o una broma vitalista?*, publicado en la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, disponible en: <https://eprints.ucm.es/34128/1/88677-133033-1-PB.pdf>

### Investigación de fenómenos en sistemas naturales

- Los estudiantes seleccionan dos fenómenos que ocurren en el sistema climático, los clasifican en alguna categoría de escala espaciotemporal, los investigan y aplican conocimientos de las ciencias físicas pertinentes para explicar su origen, sus características y posibles impactos en el resto de la naturaleza y en la sociedad.

Conexión interdisciplinar:  
**Educación Ciudadana.**  
OA b, 3° y 4° medio.

#### Observaciones al docente

- Es fundamental introducir las escalas espaciotemporales que clasifican los fenómenos climáticos.
- Les puede sugerir, por ejemplo, el estudio de fenómenos como: balance energético del planeta Tierra; calentamiento global; El Niño-Oscilación del Sur; ciclo hidrológico; tormentas eléctricas; corrientes marinas; deriva continental; erupciones volcánicas; sismos; olas de frío y calor, entre otros.
- Dada la diversidad de fenómenos posibles de estudiar, se sugiere disponer de guías de apoyo con bases conceptuales de mecánica de fluidos, termodinámica, electromagnetismo, geociencias, etc.
- Cautelar que el conocimiento físico utilizado sea el apropiado para explicar cada fenómeno. No obstante, frente a preguntas y fenómenos demasiado desafiantes, se sugiere ser humilde y reconocer que no se sabe. Esto no solo favorece una mayor empatía, sino que también motiva a los estudiantes a profundizar por su propia cuenta e incluso continuar estudios en el tema.

- En seguida, comunican, a través del uso de TIC, la explicación física construida del fenómeno en estudio expresando, además, los supuestos que tuvieron en cuenta, las principales dificultades en el proceso de investigación, y las referencias bibliográficas utilizadas.
- Luego, responden: ¿podríamos afirmar que estos fenómenos son atribuibles o se relacionan con el cambio climático? Argumenten.

<sup>10</sup> <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/274145/362238>

### Conexión con la realidad natural y social de los territorios

- Los estudiantes observan en directo o a través del uso de software como Google Earth el territorio natural del lugar en el que habitan y luego:
1. Identifican los elementos más característicos de su entorno (valles, montañas, ríos, humedales, bosques, etc.), obtienen registros fotográficos o capturas de imágenes y, a continuación, los relacionan con los componentes del sistema climático.
  2. Aplican conocimientos físicos para explicar las interacciones entre los elementos identificados, a través del uso de TIC.
  3. Seleccionan un elemento de su entorno natural y argumentan los posibles efectos en la sociedad y en los sistemas naturales que pueden existir si este elemento es modificado por algún forzamiento (natural o antrópico) en un corto o mediano plazo.

Conexión interdisciplinar:  
**Educación Ciudadana.**  
 OA a, 3° y 4° medio.

#### Observaciones al docente

- Puede plantear, por ejemplo: ¿qué sucedería si un lago o un humedal se seca? ¿Qué pasaría si aumentan considerablemente las precipitaciones o los vientos? ¿Qué consecuencias tiene una erupción volcánica? ¿Qué efectos tiene la erosión progresiva del suelo? ¿Qué sucede con un sistema natural después de un proceso de reforestación? ¿Qué ocurriría con una disminución progresiva de las masas de nieve en la cordillera de Los Andes?, entre otras preguntas. Guíelos a dimensionar los diversos niveles de consecuencias, apoyándose nuevamente en el “efecto mariposa”.
- Sugerir a los estudiantes que exploren algunos simuladores disponibles en internet que permiten modelar algunos fenómenos naturales.
- Es una oportuna instancia para articular los conocimientos abordados en las actividades anteriores.

### Reporte científico

- Los estudiantes tendrán la misión de realizar un mini reportaje sobre una problemática socioambiental de interés presente en el territorio local, regional o nacional. Para esto:
1. Investigan las principales variables involucradas en la problemática, concentrándose en aquellas que puedan ser explicadas físicamente.
  2. Entrevistan a actores claves que conozcan o estén involucrados en la problemática.
  3. Analizan posibles causas y sus alcances en la dinámica de los sistemas naturales y en las personas.
  4. Evalúan la relación entre la problemática socioambiental con el cambio climático.
  5. Comunican su reportaje en diversos medios y espacios, cautelando el respeto, el rigor y la estructura argumentativa.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
 OA 7, 3° medio.  
**Matemática.**  
 OA c, 3° y 4° medio.  
**Educación Ciudadana.**  
 OA a, OA b y OA g, 3° y 4° medio; OA 7, 3° medio.

#### Observaciones al docente

- Sería adecuado, previamente, hacerles reflexionar sobre qué se entiende por “problemática socioambiental”, y cómo lo estudian y abordan desde el Instituto Nacional de Derechos Humanos (<https://mapaconflictos.indh.cl/>), o bien, desde el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Socioambientales (<http://www.olca.cl>).
- Generalmente, se pueden identificar las problemáticas socioambientales vía internet. No obstante, no descartar la indagación a través de salidas a terrenos, pues hay casos específicos en cada comuna que no son visibilizados en medios de comunicación masiva y la percepción propia es relevante.
- Sugerir problemáticas socioambientales de diversa naturaleza, por ejemplo: generación de energía eléctrica con fuentes no renovables, contaminación atmosférica, zonas de sacrificio, cambio de uso del suelo, contaminación de las aguas, gestión hídrica, basurales, megaincendios forestales, monocultivos, entre otras. Es un oportuno momento para problematizar la situación actual de las zonas de sacrificio en Chile, puede apoyar con diversas noticias disponibles en la web.



- Si se elige una problemática local o regional, se sugiere que los estudiantes visiten el sector territorial en estudio y que realicen registros fotográficos. Es una oportuna instancia para enfatizar el papel de las evidencias en el proceso investigativo para la posterior construcción de argumentos.
- Monitorear la aplicación de conocimientos físicos en el fenómeno en estudio, organizando la información en tablas, diagramas y gráficos.
- Es una oportuna instancia para invitarles al uso de los instrumentos públicos de participación ciudadana del Ministerio del Medio Ambiente, los que también son estudiados en el módulo de ambiente y sostenibilidad de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía.
- Podría aprovechar la actividad para preguntar: ¿cuáles podrían ser las implicancias éticas, sociales y ambientales si en Chile se llegase a reconocer a la naturaleza como sujeto de derechos? Podría indicarles que algunos países como Nueva Zelanda, Ecuador, México y Bolivia están reconociendo que la naturaleza también tiene derechos. De hecho, Ecuador fue el primer país en el mundo en reconocer a la naturaleza como sujeto de derechos, evidenciado en el artículo 71 de su constitución: "La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos". Para enriquecer una posible reflexión sobre esto, se recomienda la lectura de documentos sobre Derechos de la Naturaleza disponibles en la web como *La naturaleza como sujeto de derechos: análisis bioético de las Constituciones de Ecuador y Bolivia*, disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfb/v18n1/1657-4702-rfb-18-01-00155.pdf>, o bien, *Los derechos de la naturaleza como puerta de entrada a otro mundo posible*, disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rdp/v8n4/2179-8966-rdp-8-4-2927.pdf>
- Mencionar que existen bastantes recursos en la web sobre las consideraciones y maneras de diseñar un reportaje.
- Preguntarles constantemente en qué aspectos necesitan orientación y cuáles están siendo sus principales obstáculos.
- Es relevante hacer saber a los estudiantes que cuentan con la libertad de preguntar a docentes de otras disciplinas, pues una problemática socioambiental es de carácter interdisciplinar. Por esto, sería pertinente ayudarles a que tomen consciencia de la importancia de la selección e integración de conocimientos de las ciencias físicas con otros saberes para el análisis de temas o problemáticas que se relacionan con sistemas naturales, sociedad y cambio climático.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los reportes socioambientales en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

- Finalmente, en un ambiente abierto, los estudiantes realizan un proceso reflexivo del proceso llevado a cabo, destacando sus principales dificultades y cómo lo fueron superando; qué fueron pensando y sintiendo; qué fue lo más significativo de la experiencia; evalúan de qué manera les sirvieron los conocimientos previos sobre la dinámica de los sistemas naturales para analizar la problemática; y explican el rol de las ciencias físicas en el abordaje de problemas socioambientales

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Bonan, L., Chadwick, G., Robledo, F., Moreira, D. (S.N). *La física del océano y la atmósfera*. Recuperado de <http://difusion.df.uba.ar/Voluntariados/La%20f%C3%ADsica%20del%20Oce%C3%A9ano%20completo.pdf>
- Center of Climate and Resilience Research. (S.N) *Explorador Climático*. Recuperado de <http://explorador.cr2.cl/>
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2017) *Reporte anual de la evolución del clima en Chile*. Recuperado de [http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/documentos/Reporte2017\\_DMC\\_Inter.pdf](http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/documentos/Reporte2017_DMC_Inter.pdf)

- Dirección Meteorológica de Chile (S.N) *Fenómeno “el niño – la niña”*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaCicloElNinoLaNina.pdf>
- Dirección Meteorológica de Chile (S.N) *Heladas en Chile*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaHeladasChile.pdf>
- Dirección Meteorológica de Chile (S.N) *Olas de calor en Chile*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaOlasdeCalor.pdf>
- Dirección Meteorológica de Chile (S.N) *Radiación UV y Ozono en Chile*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaRadiacionUltravioleta.pdf>
- Dirección Meteorológica de Chile (S.N). *Sequía en Chile*. Recuperado de <http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/agrometeorologia/documentos/ImagenDidacticaLaSequiaChile.pdf>
- Fernández, G., Gonzáles, F., Molina, J. (2011). El cambio climático y el agua: lo que piensan los universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 427-438.
- Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (2009). *Meteorología y Climatología. Semana de la Ciencia y la Tecnología*. Recuperado de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Hernández, C. y Carbonnel, A. (2018). *Guía de Implementación de un modelo pedagógico de Educación Científica para la Sustentabilidad Territorial*. Universidad de Santiago de Chile.
- Instituto Nacional de Derechos Humanos. (S.N) *Mapa de conflictos socioambientales del INDH*. Recuperado de <https://bibliotecadigital.indh.cl/bitstream/handle/123456789/478/mapa-conflictos.pdf?sequence=4>
- Ministerio de Energía (S.N). *Explorador de energía eólica*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Recuperado de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- Ministerio de Energía (S.N). *Explorador de energía marina*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Recuperado de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Marino/>
- Ministerio de Energía (S.N). *Explorador de energía solar*. Recuperado de <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>
- Ministerio del Medio Ambiente (2017). Guía de apoyo docente en Cambio Climático. Recuperado de <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Gu%c3%ada-de-Cambio-Clim%c3%a1tico-2017.pdf>
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Recuperado de <http://www.olca.cl/oca/index.htm>

- PHET Simulations. (S.N) *Efecto Invernadero*. University of Colorado. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/greenhouse>
- PHET Simulations. (S.N) *Glaciares*. University of Colorado. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/glaciers>
- Rojas, M. (S.N) Escenarios climáticos y la vulnerabilidad en Chile. Recuperado de [http://www.uchile.cl/documentos/escenarios-climaticos-y-la-vulnerabilidad-de-chile-pdf-216-mb\\_123286\\_1\\_4327.pdf](http://www.uchile.cl/documentos/escenarios-climaticos-y-la-vulnerabilidad-de-chile-pdf-216-mb_123286_1_4327.pdf)
- Rondanelli, R. (2019). *Análisis: ¿El tornado y tromba que vimos en el sur del país se debieron al cambio climático?* Center for Climate and Resilience Research. Recuperado de <http://www.cr2.cl/analisis-el-tornado-y-tromba-que-vimos-en-el-sur-del-pais-se-debieron-al-cambio-climatico-cr2/>
- Watt, S. (2013). La fuerza que mueve las aguas: la física de los mares. *The European journal for science teachers*. Recuperado de <https://www.scienceinschool.org/es/2012/issue25/ocean>
- Windfinder (S.N). *Simulador de vientos*. Recuperado de <https://es.windfinder.com/#6/-28.8062/-86.1328>

## Actividad 4. Acción por el cambio climático: ¿cuál es mi parte en todo esto?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen sobre los alcances del cambio climático e integren conocimientos de las ciencias físicas con otros saberes para la evaluación y diseño de proyectos de acción sostenible por el cambio climático.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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 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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Argumentan el rol de la interdisciplinariedad para el análisis y propuesta de soluciones a problemáticas sobre el cambio climático.
- Evalúan el alcance de acciones sostenibles.

### ACTITUDES

- Tomar decisiones democráticas, respetando los derechos humanos, la diversidad y la multiculturalidad.
- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.

### DURACIÓN

17 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Reflexión sobre los alcances del cambio climático

- Con la finalidad de favorecer la sensibilización y la consciencia sobre los alcances del cambio climático, los estudiantes observan imágenes y responden posteriormente algunas preguntas.



1. ¿Por qué las imágenes se consideran evidencias y proyecciones futuras del cambio climático? Argumenten.
2. ¿Cómo explican que habiendo tantas evidencias del cambio climático por acción antropogénica continúen las prácticas no responsables?
3. ¿Por qué si dañamos los ciclos naturales nos dañamos a nosotros mismos? Argumenten brevemente.
4. ¿Qué razones permiten explicar la falta de acciones sostenibles y regenerativas? Expliquen.
5. ¿En qué tipo de planeta quieren que sigan viviendo sus seres queridos y las próximas generaciones?
6. ¿Qué opinan sobre el optimismo tecnológico, que plantea que las ciencias siempre encontrarán una respuesta a nuestros problemas?

**Concientización sobre el llamado urgente a actuar frente al cambio climático.**

- Los estudiantes observan el video *Secretario General de la ONU hace el llamado a actuar contra el cambio climático*, disponible en internet y desarrollan las siguientes actividades:
- i. Responden las siguientes preguntas:
1. ¿Por qué la autoridad de la Organización de las Naciones Unidas se muestra tan preocupado en relación con el cambio climático?
  2. ¿Asumirían el liderazgo contra el cambio climático que sugiere el Secretario General de la ONU?, ¿por qué? ¿Tiene sentido para ustedes apoyar con “un granito de arena”?
  3. ¿Cómo podemos hacer frente al cambio climático a nivel local, nacional y global? Describan acciones.
  4. ¿Puede detenerse el cambio climático si no cambiamos el paradigma cultural dominante de la humanidad? Expliquen.
- ii. Los estudiantes investigan y analizan colectivamente los diversos eventos y acuerdos internacionales relacionados con cambio climático y ambiente, considerando lo comprometido, los logros reales y los desafíos vigentes en la crisis ambiental.

Conexión interdisciplinar:  
**Educación Ciudadana.**  
 OA 2 y OA 3, 4° medio.

**Observaciones al docente**

- Es importante mencionar que, si bien estamos frente a una situación de emergencia planetaria y tenemos que aumentar nuestras acciones responsables, sí ha existido una alarma internacional e intento de frenarlo. El tema es que estas alarmas y pactos no han sido suficientes, razón por la que “La acción por el clima” se volvió uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- Algunos de los eventos climáticos que se pueden sugerir son: la Cumbre de la Tierra, en Stockholm en 1972, con el inicio del Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA); la conferencia sobre cambio climático en Ginebra en 1979; la creación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en 1988; la tercera Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992; la firma del protocolo de Kioto en 1997, que entró en vigencia en febrero de 2005; la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático, en Copenhague en 2009; la creación del Fondo Verde del Clima en la COP16, en Cancún en 2010; la COP21 con la firma del Acuerdo de París en 2015, entre otras.
- Poner énfasis en la participación de Chile en la firma de acuerdos sobre cambio climático y las acciones que se están realizando actualmente a nivel nacional. Puede sugerir un análisis crítico frente al rol que asumió Chile como anfitrión de la COP 25 de 2019.
- Es relevante mencionar que a junio de 2019 ya existía un Anteproyecto de la Ley del Cambio Climático para Chile. Se sugiere que antes de abordar esta actividad se actualice del estado de esta situación en la página web del Ministerio del Medio Ambiente.
- Puede invitarles a confeccionar un recurso audiovisual que muestre la evolución y alcances de los acuerdos internacionales sobre cambio climático.

**Evaluación de imágenes sobre acciones sostenibles**

- Los estudiantes observan imágenes y evalúan si son soluciones coherentes con el desarrollo sostenible y la regeneración territorial, guiados por las siguientes preguntas:
1. ¿Cuál piensan que es el propósito principal de la acción/objeto en estudio?
  2. ¿Los elementos o materiales que observan en la acción/objeto parecen ser contaminantes? Expliquen.
  3. ¿La adquisición y uso de estos materiales parece implicar grandes gastos?
  4. ¿Favorece esta acción/objeto a la reducción de gases de efecto invernadero o al ahorro de energía?
  5. ¿Podría afirmar que desde una perspectiva física es una solución sostenible? Argumenten.
  6. ¿Qué conocimientos y principios de las ciencias físicas parecen estar involucrados en la acción/objeto en estudio?

7. Expliquen los alcances de la acción/objeto en estudio en la sociedad y en los componentes del sistema climático.
8. ¿Es una práctica/objeto viable en el territorio donde vivo? Argumenten.



#### Observaciones al docente

- No descartar la oportunidad de que los estudiantes busquen y seleccionen soluciones de su propio interés.
- Otras posibles soluciones posibles de investigar y evaluar son: paneles solares de bajo costo, reutilización y reciclaje eficiente de materiales, aumento de áreas de conservación de bosques nativos, descarbonización de la matriz energética, aumento de eficiencia energética y durabilidad de tecnologías, electrificar el transporte público, arquitectura bioclimática y sustentable, bosques y jardines comestibles, ecoaldeas y ecociudades, reducción del consumo de carne, estufa rocket, ecoturismo regenerativo, entre otras.
- Es una oportuna instancia para fomentar el pensamiento crítico. Por ejemplo, podría mencionar el aumento de scooter o motos eléctricas en algunas ciudades. Si bien se podría interpretar que hay un uso de energía limpia por el hecho de usar energía eléctrica, hay que preguntarse: ¿la fuente de la generación de la energía utilizada en el medio de transporte en estudio es renovable?
- Alertar que el uso de una fuente de energía renovable no implica necesariamente la no generación de residuos.
- Se sugiere entregar a los estudiantes una guía sobre las diversas formas de generación de energía eléctrica que se utilizan en Chile y el mundo, considerando sus usos, ventajas y desventajas en la sociedad y en el ambiente.
- Sería adecuado sugerir, además, que vean el video *¿Qué es la eficiencia energética?*, disponible en el canal de YouTube Sostenibilidad Energética.

### Diseño de un proyecto de acción por el cambio climático

- Finalmente, los estudiantes diseñan un proyecto que favorezca la mitigación o adaptación al cambio climático relacionado con una problemática ambiental local, guiados por algunas preguntas como las siguientes:
1. ¿Cuáles son las variables que se deben considerar para un proyecto de mitigación o adaptación sobre cambio climático en su territorio?
  2. ¿Cómo delimitar la problemática ambiental de interés?
  3. ¿Quiénes serán los beneficiarios directos e indirectos de un proyecto que permita la mitigación o adaptación sobre cambio climático?
  4. ¿Cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para el diseño e implementación del proyecto?
  5. ¿Cuál es la contribución de la física en un proyecto de mitigación o adaptación sobre cambio climático y qué saberes utilizaremos en nuestro proyecto?
  6. ¿Por qué es necesario un enfoque interdisciplinar que considere los Objetivos de Desarrollo Sostenible en un proyecto que busque mitigar los efectos del cambio climático?
  7. ¿Cuál debiera ser la participación ciudadana en un proyecto local sobre cambio climático?

Conexión interdisciplinar:

**Matemática.**

OA a y OA e, 3° y 4° medio.

**Educación Ciudadana.**

OA a y OA g, 3° y 4° medio; OA 7 y OA 8, 3° medio.

**Ciencias para la Ciudadanía.**

OA 2, Ambiente y Sostenibilidad, 3° o 4° medio.

#### Observaciones al docente

- Incentive a los estudiantes a asumir de manera activa su rol en un cambio que necesitamos realizar con urgencia, el que involucra el futuro del Planeta Tierra y de toda la Humanidad.
- Mediar para que el proyecto incluya la selección y aplicación de conocimientos y principios de las ciencias físicas. En física, en general, se tendrá el desafío de la reducción o captación de los Gases de Efecto Invernadero para que no continúe su incremento y concentración en la atmósfera, lo que está estrechamente relacionado con el uso eficiente y responsable de materiales y energía, velando por el carácter renovable de este último. Esto será complementario a la integración con otras ciencias durante el proyecto, cuya presencia debe ser explicada.
- Es pertinente que los estudiantes, independientemente de donde quieran focalizar el desarrollo del proyecto, tengan claridad sobre las características y contexto actual del territorio en el que habitan.
- Es importante que los estudiantes aborden una problemática o necesidad real que relacione la comunidad o el territorio local con cambio climático, lo que favorece una inmersión con más sentido y voluntad de acción.
- Es relevante que, durante el periodo de levantamiento de información, los estudiantes puedan consultar en su propia institución educativa, en juntas vecinales cercanas y en la municipalidad si existe o no un plan sobre cambio climático, o bien, si algo ya se hizo. Estos antecedentes, junto con el análisis, son clave para el proyecto.
- Cautelar que el proyecto de acción consciente por el cambio climático vincule a diversos actores: estudiantes, docentes, amistades, familias, juntas vecinales del entorno del establecimiento, representantes municipales, entre otros, identificando cuál sería el rol que podrían cumplir a partir de conversaciones con ellos. concientícelos e indicando los alcances del proyecto, favorecerán la apropiación y colaboración genuina entre actores.
- Acompañar y reoalimentar durante el ciclo completo de cada proyecto: diagnóstico, diseño, ejecución y evaluación. Puede apoyarse en el *Manual para la generación de proyectos sobre cambio climático*, disponible en <http://www.adapt-chile.org/web/wp-content/uploads/2015/04/Manual-para-la-Generacion-de-Proyectos-de-Cambio-Climatico.pdf>. Puede complementar con el libro *La enseñanza de las Ciencias Naturales basada en proyectos. Qué es un proyecto y cómo trabajarlo en aula*, disponible en <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CS-Nats-y-Trabajo-por-Proyectos-Version-digital.pdf>
- Hay que mencionar a los estudiantes que, durante el proceso, agradezcan la participación y el trabajo de cada miembro del proyecto; que dediquen tiempo a explicar y escuchar las inquietudes y propuestas de sus compañeros u otros actores; que comuniquen sus avances, tropiezos y desafíos del proyecto periódicamente a los diversos actores involucrados; que cuiden su ambiente de trabajo para que sea cordial



- y respetuoso en todo momento; que evalúen la posibilidad de rotación de roles dentro del equipo; y que confíen en su propio potencial intelectual, imaginativo y creativo.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los proyectos en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

## RECURSOS Y SITIOS WEB

- Benjumeda, F., Romero, I. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (3), 621–637.
- Cifuentes, L.A., Meza, F.J. (2008). *Cambio climático: Consecuencias y desafíos para Chile*. Centro Interdisciplinario de Cambio Global. Recuperado de [https://cambioglobal.uc.cl/images/publicacionesextension/1\\_2008\\_Cambio\\_Climatico\\_Consecuencias\\_Desafios.pdf](https://cambioglobal.uc.cl/images/publicacionesextension/1_2008_Cambio_Climatico_Consecuencias_Desafios.pdf)
- Debus, V., Santander-Massa, R. (2016). Energía y cambio climático. Soluciones locales para un problema de escala global. El caso del proyecto: generación de capacidades locales con energías renovables no convencionales. *Gestión Ambiental*, 32, 45-58.
- Duarte, C. (2006). Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra. *Colección divulgación*, 3. 167 p.
- Hernández, C. y Carbonnel, A. (2018). *Guía de Implementación de un modelo pedagógico de Educación Científica para la Sustentabilidad Territorial*. Universidad de Santiago de Chile. Agencia Chilena de Eficiencia Energética
- Informe IPCC (2013). *Cambio Climático. Bases físicas*. Recuperado de [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)
- Informe IPCC (2014). *Cambio climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Recuperado de [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure\\_es.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es.pdf)
- IPCC (2017) *El IPCC y el Sexto ciclo de evaluación*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/09/AC6\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/09/AC6_brochure_es.pdf)
- Ministerio de Energía (S.N). *Manual etiquetado energético*. Recuperado de <http://www.minenergia.cl/ganamostodos/docweb/Manual%20Etiquetado.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente (2017). Guía de apoyo docente en Cambio Climático. Recuperado de <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Gu%c3%ada-de-Cambio-Clim%c3%a1tico-2017.pdf>
- UN. (1992) *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- UN. (S.N) *Objetivos de Desarrollo Sostenible ONU*. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>



- Vilches, A., Gil-Pérez, D. (2016). La transición a la sostenibilidad como objetivo urgente para la superación de la crisis sistémica actual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 395-407.
- Permacultura y soluciones sustentables:  
<https://elhorticultor.org/biblioteca-completa-de-permacultura-y-ecologia-en-pdf-para-descargar/>

## Actividad de evaluación. ¿Estoy en condiciones de liderar discusiones sobre cambio climático?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y tomen consciencia sobre la importancia de comprender y divulgar científicamente el cambio climático y sus alcances en diversos contextos.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 1. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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

- Diferencian los conceptos de estaciones del año, tiempo atmosférico, clima, variabilidad y cambio climático.
- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para explicar las interacciones en el sistema climático.
- Usan modelos para explicar los efectos actuales y posibles consecuencias del cambio climático global sobre los sistemas naturales, los territorios y la sociedad.
- Aplican conocimientos de las ciencias físicas para describir fenómenos que ocurren en sistemas naturales.
- Justifican la selección e integración de conocimientos de diversas ciencias para el análisis de temas o problemáticas sobre cambio climático y sistemas naturales.

**DURACIÓN:** 4 horas pedagógicas.

## Investigación y análisis de un fenómeno

➤ A modo de motivación, los estudiantes leen el titular de la siguiente noticia:

### Nacional

viernes 17 noviembre de 2017 | Publicado a las 14:22

## "TropiConce" del dicho a la realidad: científicos estudian vínculo tropical en el Bío Bío

(Fuente: <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-del-bio-bio/2017/11/17/tropiconce-del-dicho-a-la-realidad-cientificos-estudian-vinculo-tropical-en-el-bio-bio.shtml>)

Sobre la base del titular, los estudiantes:

- Redactan posibles razones para denominar "TropiConce" a la ciudad de Concepción.
- Investigan en qué consiste el efecto "TropiConce" y responden las siguientes preguntas:
  - i. ¿Qué conocimientos de las ciencias físicas son necesarios para comprender el fenómeno? Argumenten.
  - ii. Elaboren un modelo explicativo sobre el origen del fenómeno en estudio que considere las interacciones entre componentes del sistema climático.
  - iii. ¿Cómo se podría relacionar el fenómeno con los conceptos de estaciones del año, tiempo atmosférico, clima y variabilidad climática?
  - iv. ¿Podrían afirmar que el efecto "TropiConce" es una evidencia del cambio climático? Argumenten.

### Observaciones al docente

- "TropiConce", finalmente, alude a la rápida variabilidad meteorológica intra-diaria de las condiciones atmosféricas. Así pues, tiene que ver con las transiciones (eventualmente repetidas) dentro de un día, entre lluvia y nubosidad, sol, etc. Finalmente, una posible explicación desde la climatología es que Concepción se encuentra en el límite norte de la región afectada por el paso de sistemas frontales, por lo que sus efectos son más intermitentes que en regiones que están más al sur.

## Reflexión sobre el cambio climático

➤ Los estudiantes leen el siguiente texto de la Organización de las Naciones Unidas, y luego responden algunas preguntas.

El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo y nos encontramos en un momento decisivo. Desde pautas meteorológicas cambiantes, que amenazan la producción de alimentos, hasta el aumento del nivel del mar, que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas, los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes. Si no se toman medidas drásticas desde hoy, será más difícil y costoso adaptarse a estos efectos en el futuro.

(Fuente: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>)

1. ¿Qué entiende la comunidad científica por clima y cambio climático?
2. ¿Cuáles podrían ser las razones de que la ONU afirme que el cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo?, ¿acaso el clima no ha cambiado durante toda la historia de la Tierra?
3. ¿Por qué se dice que los efectos del cambio climático son de alcance mundial?
4. ¿Cuáles podrían ser las medidas "drásticas" a la que se refiere el texto y qué tan viables son estas en la actualidad?

- Los estudiantes leen la noticia “Estudio: el cambio climático no ocurrirá mañana” basada en el artículo científico *Emergence of robust precipitation changes across crop production areas in the 21st century* (2019), y luego responden algunas preguntas.

### Estudio: el cambio climático no ocurrirá mañana

Se requiere una disminución radical de las emisiones de gases de efecto invernadero para que los agricultores tengan tiempo de prepararse para los grandes cambios en la lluvia que podrían diezmar los cultivos, dijeron los investigadores [...].

Ya las áreas húmedas verán más lluvia y las áreas secas se secarán a un ritmo determinado por los niveles de emisiones, dijeron los investigadores en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Estos cambios ocurrirán independientemente de las medidas tomadas sobre el cambio climático, pero, al reducir las emisiones, los países pueden ganar tiempo para adaptarse a los nuevos niveles de lluvia.

Para este estudio, los investigadores analizaron el trigo, la soja, el arroz y el maíz, cultivos que representan aproximadamente el 40 por ciento de la ingesta calórica global, en diferentes escenarios de emisión.

"Creo que es preocupante", dijo a la Fundación Thomson Reuters la autora principal del estudio, Maisa Rojas, profesora de climatología de la Universidad de Chile.

La mayoría de los cultivos que se consumen en todo el mundo son producidos por la lluvia y la agricultura, según el Instituto Internacional de Gestión del Agua, una organización de investigación científica sin fines de lucro.

Alrededor del 60 por ciento de las tierras cultivadas en el sur de Asia y el 95 por ciento en el África subsahariana dependen de la lluvia.

Si el mundo cumple con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París 2016 para mantener el aumento de la temperatura global en menos de 2 grados centígrados, estas regiones tendrán entre 20 y 30 años para preparar y adaptar las prácticas agrícolas.

Si estos estándares no se cumplen y las emisiones continúan al ritmo actual o aumentan, algunas regiones verán cambios a partir de 2020.

Rojas señaló que los países más pobres y secos sentirán de manera desproporcionada los efectos negativos de tales cambios y pueden volverse dependientes de las importaciones.

Las regiones secas como el sur de África y Australia, que dijo que ya están viendo una disminución en las precipitaciones, deben examinar de inmediato los sistemas de riego, las represas o el cultivo de diferentes alimentos por completo.

Si se cumplen los estándares del Acuerdo de París, las áreas más afectadas tendrán hasta 2040 para prepararse para los próximos cambios de precipitación.

"Cada vez que pensábamos en el cambio climático hasta ahora, decíamos: 'Esto es algo que sucederá en el futuro'", dijo Rojas. "Tenemos que darnos prisa".

(Fuente: <https://www.voanoticias.com/a/estudio-el-cambio-clim%C3%A1tico-no-ocurrir%C3%A1-ma%C3%B1ana/4824667.htm>)

1. ¿El título quiere decir que no habrá cambio climático en el futuro? Expliquen. ¿Qué efecto se está buscando en el público lector con este título?
2. ¿Cómo puede favorecer la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero un periodo de preparación por parte de agricultores frente al cambio climático?
3. ¿Cómo se explica científicamente la proyección de que zonas húmedas verán más lluvias y zonas secas tendrán la tendencia a una mayor sequía?

4. ¿Será relevante que las personas de zonas afectadas vulnerables al cambio climático comprendan la relación entre los gases de efecto invernadero y el ciclo hidrológico? Argumenten brevemente.
5. ¿Qué prácticas en relación con el ciclo hidrológico podrían realizar las personas que saben que sufrirán sequías?
6. ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de la variación drástica en la producción agrícola a nivel global?

### Profundización en la complejidad

- Respondan las siguientes preguntas:
  1. ¿Cuál es la diferencia entre variabilidad climática y cambio climático?
  2. ¿Qué conocimiento de las ciencias físicas y otras áreas son necesarias para comprender el cambio climático? Argumenten.
  3. ¿Cómo relacionarían los conceptos de sistema climático y sistema complejo, y cómo este último favorece una percepción más real del cambio climático?
  4. ¿Cuál es el significado de las relaciones no lineales dentro del sistema climático?
  5. El Panel Intergubernamental de Expertos por el Cambio Climático de la ONU (IPCC), a partir de diversas investigaciones científicas, muestra que algunas de las evidencias más significativas del cambio climático a lo largo de los años son: el aumento de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas; el cambio del nivel del mar; acidificación de los océanos. ¿Cómo explicarían cualitativamente cada uno de estos fenómenos desde las ciencias físicas?, y ¿cómo representarían la relación entre estos fenómenos en una gráfica?
- Elaboren en parejas un mapa conceptual que responda la siguiente pregunta: ¿cómo el cambio climático afecta a los sistemas naturales, los territorios y a la sociedad?

### Acción por el cambio climático

- Propongan un plan de prevención y mitigación del cambio climático para su hogar o su institución educativa basado en el conocimiento de su territorio y de las ciencias físicas integradas con otras ciencias.
- Establezcan relaciones entre sus conocimientos, habilidades y convicciones para enfrentar la siguiente situación:
 

Eres elegido como uno de los jóvenes de tu comuna para **concientizar a la ciudadanía sobre las causas y efectos del cambio climático**, por lo que tienes el desafío de preparar una innovadora y rigurosa conferencia sobre el tema para presentarla en dos horas. En este día estará tu familia, amistades, compañeros de colegio, y representantes de juntas vecinales, pueblos originarios y alcalde, entre otros.

Redacten un guion y argumenten la organización de la secuencia, la información, las evidencias y los ejemplos seleccionados.

#### Observaciones al docente

- Se sugiere alentar a los estudiantes recordándoles el potencial de la creatividad y la imaginación de todo ser humano.
- Motívelos a crear un título que sensibilice; que seleccionen información y evidencias claras y significativas que conduzcan al cuestionamiento y a la necesidad de asumir un compromiso a la brevedad, ejemplificando que para eso hay varios caminos posibles.
- Sugiera, finalmente, a quienes sientan hacerlo, grabar un audio o video con el guion diseñado y viralizarlo entre las redes sociales, familiares y amigos.

## UNIDAD 4.

# Física moderna: ¿qué sabemos de lo más pequeño y lo más grande de la naturaleza?

### PROPÓSITO DE LA UNIDAD

Esta unidad busca que los estudiantes reflexionen y debatan sobre la naturaleza de la realidad, con base en los estudios teóricos y experimentales desarrollados en el marco de la física moderna<sup>11</sup>, considerando interrogantes como: ¿qué diferencia a la física moderna de la física clásica? ¿Por qué los saberes de la física moderna desafían nuestros sentidos y percepciones de la realidad? ¿Cómo la mecánica cuántica y la relatividad favorecen una comprensión más amplia de la naturaleza? ¿Cuál es el alcance de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales?

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4. Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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 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

- Planifican y desarrollan investigaciones sobre el origen, desarrollo, características y límites de validez de la física moderna.
- Formulan preguntas y problemas sobre tópicos de física moderna de interés.
- Aplican conceptos y modelos de la teoría de la relatividad especial y general para analizar fenómenos.
- Explican fenómenos a pequeña escala con base en principios y modelos de la mecánica cuántica.
- Analizan críticamente las implicancias del conocimiento de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.
- Argumentan la contribución de la física moderna para el debate sobre la naturaleza de la realidad.
- Evalúan la validez de información sobre física moderna proveniente de diversas fuentes.
- Identifican problemáticas que pueden resolverse con los conocimientos de la física moderna.

<sup>11</sup> En este Programa de Estudio, a diferencia de la mayoría de los textos de estudio, se incorpora la teoría de la relatividad a lo que denominamos "Física moderna".

- 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.
- Aplican conocimientos de física moderna junto con otras ciencias para analizar soluciones a problemáticas CTSA.
  - Argumentan el rol de los enfoques interdisciplinarios y la inclusión de la dimensión ética, social y ambiental para el desarrollo científico-tecnológico relacionado con física moderna.



## Actividad 1. ¿Qué es relativo y qué absoluto? Einstein y sus nuevas ideas

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen sobre el impacto de la teoría de la relatividad especial en la sociedad y en la comunidad científica en el marco de una transición paradigmática sobre la comprensión de la naturaleza.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4

Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

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 e

Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f

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

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Argumentan la contribución de la física moderna para el debate sobre la naturaleza de la realidad.

### ACTITUDES

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

11 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

- Los estudiantes, a modo de introducción, leen o escuchan el siguiente mensaje y reflexionan a partir de algunas preguntas.

#### Mensaje al viajero del conocimiento moderno y contemporáneo

Iniciarás un viaje en el que no hay vuelta atrás (¿O sí?). Profundizarás en temas que, actualmente, son una de las mayores aventuras del conocimiento humano sobre la naturaleza en sus diversas escalas y manifestaciones posibles. Casi en todo momento serás desafiado en términos de lógica, sentidos y percepción. Hoy, como especie humana, tenemos algunas respuestas preliminares, pero existen diversas

interpretaciones y muchas dudas por resolver. Te invitamos a una apertura de tu mente, pero también de tu corazón. Habitas en el cosmos, pero también este habita en ti. Por eso, sentimos y pensamos que ya estás preparado para el viaje. El saber, la incertidumbre y lo místico también lo vivenciaron Einstein, Schrödinger, Heisenberg, entre otros, a lo largo de la historia de la humanidad.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

1. ¿Cuál es el objetivo del texto leído?
2. ¿Qué preguntas, ideas y sentimientos les evoca el texto?
3. ¿Se han relacionado con algunas situaciones o conocimientos que vayan más allá de su comprensión lógica, sentido y percepción? Expliquen.
4. ¿Se sienten preparados para profundizar en los saberes de las escalas micro y macro de la naturaleza?
5. ¿Se han cuestionado sobre qué es esa cosa llamada "realidad"? ¿La "realidad" es universal? ¿Cómo se podría entender la realidad desde una perspectiva intercultural? ¿La comunidad científica entiende lo mismo que Uds. cuando habla de "realidad"?
6. ¿Qué han entendido hasta ahora sobre qué es el tiempo? ¿Tiene un origen? ¿Tiene el mismo significado en todas las culturas? ¿La noción de tiempo habrá sido igual para Lao-Tse, Sócrates, Caupolicán, Newton, Einstein y nuestros abuelos? ¿Qué entienden hoy las personas por el concepto "tiempo", según su percepción? ¿Se habían dado la oportunidad de reflexionar y cuestionar qué parece ser el tiempo y qué implicancias tiene en la naturaleza, sociedad y comunidad científica?
7. ¿Cómo describirían el concepto de "espacio" en este momento? ¿Qué significado y sentido tiene para ustedes? ¿Habrá tenido alguna evolución el concepto de espacio a lo largo de la historia de la humanidad? ¿El espacio tendrá dimensiones determinadas?

Conexión interdisciplinar:

**Filosofía.**

OA a y OA c, 3° y 4° medio;  
OA 3, 3° medio.

#### Observaciones al docente

- Es fundamental una detención en esta parte de la actividad, pues no es habitual que los estudiantes indaguen y observen sus propias creencias, concepciones y percepciones sobre el mundo natural en diversas escalas y en las ciencias físicas, y mucho menos sobre la naturaleza de la realidad.
- Es clave, por lo tanto, que desde un principio se favorezca la empatía, el respeto, la tolerancia a la incompreensión o incertidumbre y, sobre todo, la imaginación y creatividad.
- Es importante, asimismo, hacer preguntas y profundizar progresivamente en las nociones de "tiempo" y "espacio", lo que naturalmente es muy abstracto no solo para estudiantes, sino que para los propios científicos.
- Es esencial tener presente que resolver una ecuación o definir conceptos no necesariamente implica una comprensión más amplia y epistemológica sobre el tema que se aborda.
- Se sugiere dialogar con el docente de Filosofía sobre cómo abordar la discusión o reflexión sobre la naturaleza de la realidad, y con el docente de Educación Ciudadana para abordar la noción de realidad desde una perspectiva intercultural.

- Enseguida, los estudiantes analizan diferentes descripciones de un mismo fenómeno físico (por ejemplo, la caída libre de una pelota) desde distintos sistemas de referencias (por ejemplo, arriba de un tren en movimiento y desde el andén). Para simular la situación pueden hacer lo siguiente: un estudiante corre (en línea recta y con rapidez constante -aproximada) con una pelota que suelta al lado de su cuerpo. Discuten acerca de cómo fue el movimiento de la pelota para el estudiante que corría y para los que lo observaban fijos al suelo. Para el análisis del caso puede ser recomendable considerar un video de la situación.

**Observaciones al docente**

- La discusión de este tema suele resultar compleja para los estudiantes, pues normalmente, arrastran preconcepciones erróneas sobre los movimientos: por ejemplo, creen que la descripción de los movimientos respecto del suelo es la única y verdadera.
- Ilustrar el tema de la relatividad clásica del movimiento con diversos casos. Por ejemplo, trasladándose con el borrador en la sala de clases y haciendo ver a los estudiantes que el borrador se mueve respecto de la sala de clases, pero no respecto de él; es decir, que un mismo objeto puede estarse moviendo en un sistema de referencia y no en otro, y que ambas descripciones son correctas y verdaderas.
- Es el momento para que el docente introduzca formalmente las ecuaciones de transformación de Galileo Galilei después de recordar los conceptos de sistema de referencias, sistema de coordenadas y de observador.

- A continuación, para reforzar el concepto de relatividad clásica, los estudiantes discuten preguntas como:
  - Si arriba del tren cae libremente una manzana, ¿cómo es su trayectoria respecto del tren y respecto del suelo?
  - ¿Se cumple el principio de inercia en cualquier sistema de referencias?
  - Si dos automóviles viajan por una misma carretera con rapidez de 100 y 80 km/h (respecto del suelo), pero en sentidos opuestos, ¿cuál es la rapidez de un automóvil respecto del otro?
  - En la misma situación anterior, si los autos se están aproximando con sus luces encendidas, ¿cuál sería la rapidez de la luz que emiten los focos de los autos para cada uno de los choferes?

**Observaciones al docente**

- En esta primera parte es necesario que quede claro en los estudiantes que cuando se habla de la descripción que observadores hagan de distintos sistemas de referencias de un mismo fenómeno, no se trata de lo que ellos detecten con sus sentidos: se trata de lo que ellos medirían en cada uno de los sistemas de referencias con instrumentos ideales. Es pertinente empezar esta actividad con un análisis de los sistemas de referencias, pues la teoría de la relatividad (tanto la especial como la general) tratan de la relación que existe entre la descripción de los fenómenos físicos desde distintos sistemas de referencias.

**Investigación**

- Los estudiantes investigan en diferentes fuentes los problemas que enfrentaba la física inmediatamente antes de que Einstein entrara en escena, y el contexto histórico y sociocultural de Europa. La investigación puede ser guiada a través de preguntas como:
  - ¿Por qué los físicos antes de Einstein consideraban necesaria la existencia de un medio que sustentara a las ondas electromagnéticas: el "éter cósmico"?
  - ¿Cómo era y funcionaba el interferómetro de Michelson y Morley? ¿Cuál era el propósito del experimento que ellos realizaron? ¿Qué resultados esperaban encontrar sus autores y cuál encontraron?
  - ¿Qué otros aportes realizó Einstein a la Física en el año 1905? ¿Cómo era la vida personal de Einstein en esa época y cómo estaba la situación política en aquellos años?

**Observaciones al docente**

- Puede ser oportuno analizar un video del famoso experimento de Michelson y Morley como el siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=FgKXAvUxy14> y otros relacionados con la biografía de Einstein.
- Aclarar que el experimento de Michelson y Morley en el desarrollo de la teoría especial de la relatividad, según diversos historiadores de la ciencia, parece haber sido menor e indirecto, contrario a como se ha mostrado en medios de divulgación y libros de física. Decir que este experimento fue clave para que Einstein desarrollara su teoría distorsiona la imagen de la actividad científica, pues la limita y reproduce

una visión puramente empirista de la ciencia, donde en primer lugar está el experimento y a continuación la teoría, lo que no es deseable desde un punto de vista epistemológico de la ciencia.

## Análisis

### Observaciones al docente

- Ser empáticos con los estudiantes, pues la teoría de relatividad especial (TER) aborda conceptos contraintuitivos. Estudios evidencian que la evolución conceptual hacia la TER no solo es compleja para los estudiantes, sino que también para los propios docentes.
- Los estudiantes interpretan los conceptos relativistas desde su sistema de creencias y no a partir de los nuevos conceptos en el marco de la TER.
- Es fundamental una contextualización histórica de cómo y dónde surge la TER. Para esto, puede apoyarse en el artículo *Algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordaje de la teoría de la Relatividad Especial en el nivel medio y polimodal*, disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132002000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132002000100005)
- Se sugiere tener en cuenta los siguientes conceptos, las representaciones de los estudiantes, los obstáculos identificados y las oportunidades de objetivos por abordar para el aprendizaje<sup>12</sup>.

Conceptos	Representaciones de los estudiantes	Obstáculos identificados	Objetivos sugeridos por trabajar
<b>Tiempo</b>	El concepto de tiempo es difícil de definir.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los estudiantes asumen que el concepto de tiempo que se utiliza en el ámbito científico no difiere del utilizado en el lenguaje cotidiano.</li> <li>- Cuando los estudiantes se refieren al concepto de tiempo, supuestamente desde el contexto de la ciencia, incurren en errores como confundir magnitudes con unidades, y no establecen correctamente las relaciones entre estos conceptos y el significado del proceso de medición de la magnitud tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar el concepto de tiempo desde diversos enfoques: filosófico, científico y psicológico.</li> <li>- Reconocer las diversas posibilidades de representación gráfica de la magnitud tiempo.</li> <li>- Identificar los conceptos involucrados en el proceso de medición del tiempo.</li> <li>- Interpretar el concepto de tiempo en el campo conceptual de la TER estableciendo las diferencias con la mecánica clásica.</li> </ul>
	El tiempo es una unidad.		
	El tiempo se puede representar como la variable independiente en un sistema de ejes coordenados.		
	El tiempo no se puede representar.		
	No es posible, actualmente, viajar en el tiempo, por cuestiones tecnológicas.		
	No es posible viajar en el tiempo físicamente		
<b>Espacio</b>	El espacio no se puede representar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las representaciones de los estudiantes respecto del espacio coinciden con el modelo platónico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reelaborar el modelo construido de espacio, adecuándolo al requerido en la mecánica clásica.</li> <li>- Interpretar el concepto de espacio en el campo conceptual de la TER estableciendo las diferencias con la mecánica clásica.</li> </ul>
	El espacio es el lugar que ocupan los cuerpos y los huecos que quedan entre ellos.		
	El observador puede ser un individuo o un instrumento que	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los estudiantes vinculan la idea de observador con la de una persona que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redefinir la noción de observador adecuándose a la TER.</li> </ul>

<sup>12</sup> Tabla adaptada de: Arriasec, I., Greca, I., Cayul, E. (2017). Secuencias de enseñanza y aprendizaje basadas en resultados de investigación: propuesta de un marco teórico para el abordaje de la teoría especial de la relatividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 133-155.

<b>Observador</b>	registra datos detalladamente.	“observa”, otorgándole el sentido de “ver” o “mirar”.	
<b>Simultaneidad</b>	Dos sucesos son simultáneos cuando ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar.	- Los estudiantes consideran que la simultaneidad de eventos solo puede ocurrir cuando estos acontecen en un mismo lugar.	- Analizar las diversas posibilidades de eventos simultáneos en mecánica clásica. - Analizar las diversas posibilidades de eventos simultáneos en la TER.
<b>Medición</b>	Lo más importante en el proceso de medición es el instrumento.	- Para el estudiante no es relevante el rol del observador en el proceso de medición.	- Distinguir, desde el punto de vista físico, que en el contexto de la TER “ver” no es lo mismo que medir. - Analizar la relación entre proceso de medición, observador e instrumentos.
<b>Sistemas de referencia</b>	Para resolver problemas de física no es necesario tener en cuenta el sistema de referencia.	- Ante situaciones problemáticas concretas que requieren del concepto de sistema de referencia para su resolución, los estudiantes no lo utilizan.	- Resolver diferentes situaciones problemáticas que requieran ser analizadas desde diferentes sistemas de referencia.

- Los estudiantes analizan y discuten las consecuencias físicas y matemáticas de los postulados de la teoría especial de la relatividad, particularmente, la de la constancia de la rapidez de la luz. Para ello imaginan un vagón de tren que se mueve con velocidad constante respecto del suelo y describen matemáticamente el tiempo que un rayo de luz tarda en ir del centro de un carro a sus extremos y del suelo hasta el techo, tanto para observadores situados en el tren como en el suelo.

**Observaciones al docente**

- Este análisis los conducirá a encontrar las expresiones matemáticas de la relatividad especial y a reconocer que:
  - Las ecuaciones de transformación de Lorentz-Einstein son diferentes a las de Galileo Galilei.
  - Dos eventos simultáneos en un sistema de referencias (en el tren) no lo son desde otro sistema de referencias (desde el suelo).
  - La duración entre dos eventos en un sistema de referencias (arriba del tren) no es igual que en otro (respecto del suelo); es decir, que el tiempo se dilata.
  - La longitud de un objeto (el largo del tren) no es la misma desde todos los sistemas de referencias; es decir, que el espacio se contrae.
- Es conveniente dar a los estudiantes las orientaciones para que ellos realicen las deducciones matemáticas que se requieren. El trabajo es solo algebraico, pero puede complicar a algunos estudiantes. Entre las deducciones necesarias están las ecuaciones de transformación de Lorentz-Einstein, las expresiones para la dilatación del tiempo y la contracción del espacio.
- Mencionar que la teoría especial de la relatividad no se limita a cuestiones estrictamente teóricas, pues también posibilita la interpretación de otros fenómenos de la naturaleza, por ejemplo, el estudio de fuentes de energía nuclear. Asimismo, no se limita al ámbito científico, pues también ha tenido influencias en la filosofía y en las artes, entre otras.
- Sería interesante mencionar, también, que la repercusión de la TER fue diferente en diversos países, siendo influenciada por el contexto histórico. Por ejemplo, mientras en Alemania se le dio apoyo a la TER, en Inglaterra se le consideró como un ataque al concepto de éter, que era importante para la “física inglesa” de ese momento.

### Resolución de desafíos

- Los estudiantes aplican lo aprendido para resolver variados problemas de física relativista destinados a contrastar las predicciones de la física moderna respecto de lo que nos dicen los sentidos, y a apreciar el carácter revolucionario de las concepciones de Einstein.
- Entre los aspectos por analizar deben estar:
  - Lo que ocurre con las ecuaciones de transformación de Lorentz-Einstein cuando las rapidezces de un sistema de referencias respecto de otro: a) son muy pequeñas; b) son muy cercanas o iguales a  $c$  (la rapidez de la luz) o cuando es mayor que  $c$ .
  - Lo que ocurre con la duración de un fenómeno y la longitud de un objeto en dos sistemas de referencias tales que uno se mueve respecto del otro con pequeñas o muy grandes rapidezces.
  - La paradoja de los gemelos, suponiendo viajes espaciales rectilíneos y uniformes.
  - Los experimentos que prueban la dilatación del tiempo y la contracción del espacio; por ejemplo, el experimento de los muones originados en la radiación cósmica y lo que ocurre con los electrones en los aceleradores de partículas.
  - La relatividad de la masa de un cuerpo en distintos sistemas de referencias.
  - El significado de la relación entre masa y energía:  $E = mc^2$ .
- Entre los problemas por resolver pueden considerarse, por ejemplo:
  - ¿Con qué rapidez debe alejarse un cohete de nosotros para que los latidos de los corazones de los astronautas que viajan en él nos parezcan de unos 2 segundos?
  - ¿Cuál será la longitud para nosotros de un cohete que en reposo aquí en tierra medía 100 m si se aleja de nosotros con una rapidez igual al 90% de la rapidez de la luz?
  - ¿Cuál es la masa de un electrón en reposo y cuál es su masa si se mueve en un acelerador lineal de partículas al 90% de la rapidez de la luz?
  - ¿Qué energía posee un cuaderno escolar de 700 g, por el solo hecho de poseer masa? ¿Aproximadamente cuántos domicilios podrían abastecerse durante un mes con esta energía, si pudiese ser aprovechada?

#### Observaciones al docente

- Esta cuarta etapa es de gran importancia porque familiarizará a los estudiantes con el formalismo matemático de la relatividad especial y los acostumbrará a razonar con una lógica que se separa considerablemente de lo que nos dice el sentido común y la física de Newton.

### Redacción de un ensayo

- Finalmente, los estudiantes redactan un ensayo que dé cuenta de los principales aspectos de la teoría de la relatividad especial, abordando la siguiente pregunta: ¿en qué se diferencia la física de Einstein de la de Newton? Destacan, entre otros aspectos:
  - Las diferencias fundamentales entre sus postulados.
  - Las situaciones en que conviene emplear una u otra teoría.
  - Cómo cambian los absolutos antes y después de Einstein.

Conexión interdisciplinar:  
**Lengua y Literatura.**  
 OA 6, 3° medio.

#### Observaciones al docente

- En esta quinta y última etapa, la idea es que los estudiantes viertan las ideas aprendidas en un ensayo que debe satisfacer los siguientes requerimientos:
- Introducción (definición del tema controversial y presentación de la afirmación central del trabajo).
  - Desarrollo (presentación de los distintos argumentos, ejemplos, contraargumentos y refutaciones).

- Conclusión (síntesis de lo expuesto en el desarrollo, reafirmación o no de la afirmación central del trabajo).
- Bibliografía.

El trabajo escrito debe ser redactado con vocabulario académico y científico, y tener una extensión de 1500 a 2000 palabras.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Frente de Trabajadores para la Energía (2005). *Teoría especial de la relatividad y la energía*. Recuperado de [https://www.nodo50.org/ciencia\\_popular/articulos/Einstein4.htm](https://www.nodo50.org/ciencia_popular/articulos/Einstein4.htm)
- Haycan, S. (S.N) *Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo*. Recuperado de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/50/html/sec\\_4.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/50/html/sec_4.html)
- National Geographic (2018) *Las mejores noticias de ciencia de 2018*. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2018/12/las-mejores-noticias-de-ciencia-de-2018>
- [http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/12FetcTeoriarelatividad/co/modulo\\_contenido.html](http://fisica.cubaeduca.cu/media/fisica.cubaeduca.cu/medias/interactividades/12FetcTeoriarelatividad/co/modulo_contenido.html)
- Pineda, A. (2012) *Teoría de la Relatividad*. Recurso Audiovisual. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=vXSN5GOzkVY>
- Flores, L. (S.N) *Relatividad Especial. Ciclo Conferencias: "Una introducción a la Relatividad desde un punto de vista Matemático"*. Universidad de Málaga. Recuperado de <http://www.uco.es/geometria/documentos/JLFlores.pdf>
- *Teoría general de la relatividad*. Recurso Audiovisual. Recuperado de <https://vimeo.com/186311657>

## Actividad 2. ¿Qué significa que el espacio-tiempo sea curvo? Einstein y la relatividad general

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y debatan sobre la contribución de la teoría de la relatividad general de Einstein al entendimiento de la naturaleza y la realidad.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4

Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

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 f

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

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Argumentan la contribución de la física moderna para el debate sobre la naturaleza de la realidad.

### ACTITUDES

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

16 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

- A modo de introducción, los estudiantes:
  1. Analizan una película de ciencia ficción como *Interestelar*, que trata de un agujero negro y de viajes en el tiempo; o documentales como *El Universo de Stephen Hawking*; Cap. 2: Viajar en el tiempo, disponible en YouTube.
  2. Realizan una “lluvia de ideas” para responder preguntas como:
    - ¿Qué nuevas ideas introducirá la teoría general de la relatividad sobre la teoría especial estudiada en la actividad anterior?
    - ¿En qué situaciones la mecánica de Newton sigue siendo de utilidad práctica?, ¿en cuáles ya no corresponde usar la física de Newton?
    - ¿Qué es una línea recta?, ¿un triángulo?, ¿una esfera?



- ¿Cómo serán esas geometrías distintas a la de Euclides, que es la que nos enseñan en la asignatura Matemática?
- ¿Hay rectas, triángulos, esferas, etc. en el mundo real que pretende estudiar la física?
- ¿Qué habrá que entender por una realidad de cuatro dimensiones?
- ¿Cómo se relaciona el tiempo con la cuarta dimensión?
- Según la física actual, ¿cómo sería posible viajar en el tiempo?
- ¿Por qué la luz no puede escapar de los agujeros negros?
- ¿Qué puede significar que el universo, a gran escala, presente una curvatura?
- ¿Qué otras preguntas les surgen?

#### Observaciones al docente

- Esta etapa es principalmente de carácter motivacional, pero permite además recabar información acerca de dos aspectos: los conocimientos que ya posean los estudiantes y las preconcepciones erróneas que puedan arrastrar sobre esta área de la física, que se explica porque el nivel de la divulgación en lo que se refiere a la teoría general de la relatividad suele ser confusa.
- La película que se recomienda analizar, *Interstellar*, contó en su realización con la asesoría del físico teórico Kip Thorne, particularmente en los efectos especiales; pero también ha recibido la crítica en aspectos científicos. Véase, por ejemplo: <https://danielmarin.naukas.com/2014/11/09/los-aciertos-y-errores-de-interstellar/>

#### Construcción de explicaciones

- Los estudiantes discuten sobre si es posible distinguir, realizando algún tipo de experimento, si se está en un campo gravitacional (una habitación sin ventanas aquí en la superficie terrestre, por ejemplo) o en un sistema de referencias acelerado (una nave espacial, también sin ventanas, que acelera respecto de las estrellas lejanas a razón de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , por ejemplo).
  1. Para ello, en parejas, discuten acerca de lo que ocurre en los siguientes experimentos:
    - Cómo se mueven las manzanas al dejarlas caer libremente en cada uno de los sistemas de referencias mencionados.
    - Las trayectorias que siguen rayos de luz en cada uno de los sistemas de referencias mencionados.
    - Cómo ocurren las cosas dentro de un ascensor que cae libremente aquí en la Tierra y cómo en una nave espacial muy lejos en el vacío del espacio.
  2. Explican el significado del principio de equivalencia de la teoría general de la relatividad; analizan las consecuencias y predicciones que se derivan de él. Por ejemplo:
    - La necesidad de reconocer que el espacio-tiempo, si se acepta la constancia de la velocidad de la luz, debe obedecer a una geometría distinta a la de Euclides o presentar cierta curvatura.
    - Investigan la verificación de la curvatura del espacio-tiempo alrededor del Sol en el eclipse solar de 1911 en la Isla Príncipe de África por parte de Sir Arthur Eddington.
    - La explicación del movimiento “anómalo” del perihelio del planeta Mercurio, por no poder ser explicado por la mecánica de Newton.
    - El descubrimiento de agujeros negros.
    - El descubrimiento de lentes gravitacionales.

#### Observaciones al docente

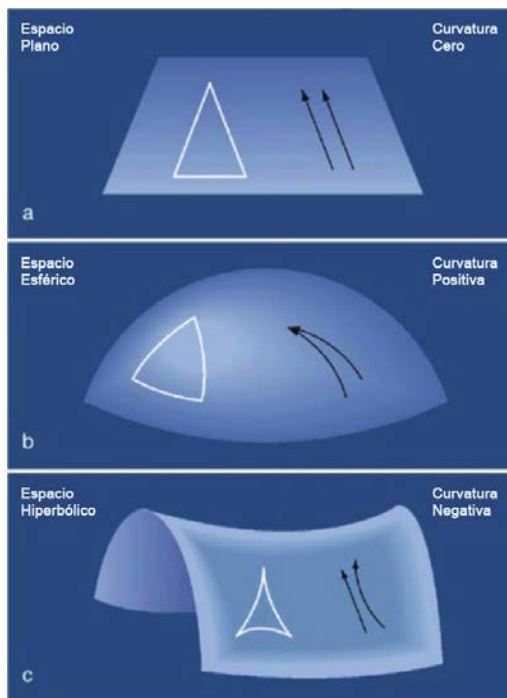
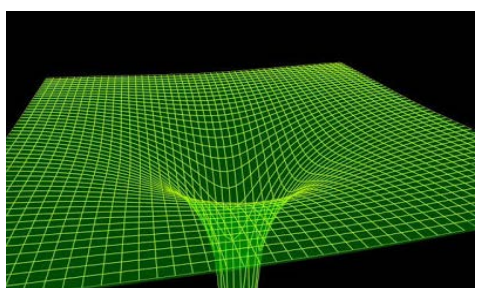
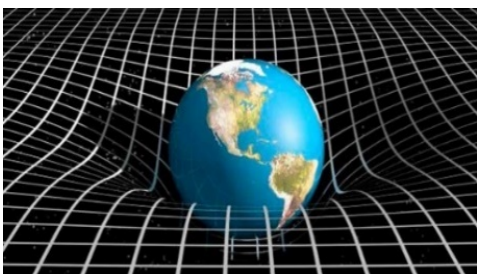
- Para esta segunda etapa, que trata del principio de equivalencia (clave para entender la relatividad general) puede ser oportuno apoyarse en videos (y animaciones) disponibles en internet, como *Relatividad*

[*Experimento mental del Principio de Equivalencia*], disponible en YouTube; y resaltar los siguientes aspectos:

- La importancia de los “experimentos pensados”, como los que empleó Einstein para concebir sus teorías.
- Que la luz se mueve en línea recta y con rapidez constante en todos los sistemas de referencias; cuestión que vincula el concepto geométrico de recta (mundo de las ideas) con la propagación de la luz en un medio homogéneo (mundo real).
- Señalar las condiciones de aislamiento en que se encuentran los sistemas de referencias necesarios de considerar para el enunciado del principio de equivalencia: imposibilidad de observar fuera del laboratorio; pequeñas dimensiones del laboratorio; equipos para producir distintos fenómenos (mecánicos y con luz), e instrumentos adecuados para realizar todo tipo de mediciones y con total exactitud.
- Que la fuerza de gravedad puede ser entendida como consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo; es decir, que una manzana cuando cae, un planeta que orbita una estrella, etc. no se mueven como consecuencia de la fuerza de gravedad, sino que, lo hacen porque siguen la curvatura del espacio-tiempo a través de trayectorias denominadas geodésicas.
- Puede apoyarse con explicaciones breves sobre relatividad general disponibles en algunos canales de YouTube, como Quantum Fracture o Date un Voltio.

### Descripción de geometrías que puede adoptar el espacio-tiempo

- En seguida, los estudiantes consideran imágenes como las siguientes, que típicamente pretenden representar la curvatura del espacio-tiempo relativista, y luego responden a algunos desafíos.



3. Describen cualitativamente, por medio de modelos y esquemas, las características de las distintas geometrías que puede adoptar el espacio-tiempo según la teoría general de la relatividad. Para esto:
  - Consideran la geometría de Euclides: su importancia histórica y práctica, los postulados que la caracterizan (especialmente el quinto postulado) y su significado e implicancias en el mundo físico de Newton.

- Consideran las geometrías no euclidianas en espacios con curvaturas positivas y negativas y cómo se separan de la geometría de Euclides (en el quinto postulado), y en algunos teoremas geométricos básicos; por ejemplo, cuánto suman los ángulos interiores de un triángulo, cómo es la medida de la hipotenusa en relación con los catetos en un triángulo rectángulo (teorema de Pitágoras), etc.
4. Discuten acerca de qué geometría es la que le corresponde realmente al universo físico y de cómo se puede dirimir una discusión como esta.
  5. Formulan hipótesis sobre la realidad en el universo físico de las geometrías no euclidianas y las formas de ponerlas en evidencia.

#### Observaciones al docente

- Para la tercera etapa, que trata de la geometría del espacio-tiempo, es necesario:
  - Analizar las diversas geometrías desde el punto de vista lógico, tanto respecto a las dimensiones como en relación con sus postulados. Hacer ver que se puede construir cualquier geometría con el número de las dimensiones que se desee y que los postulados son arbitrarios. Que la geometría del mundo real debe determinarse experimentalmente.
  - Acudir, como es tradicional, a mundos habitados por seres bidimensionales que hacen geometrías en espacios-tiempos planos, esféricos (cerrados) y con forma de silla de montar (abiertos), para explicar la curvatura del espacio.

### Investigación

- Los estudiantes investigan las consecuencias más importantes de la teoría general de la relatividad, guiados por los siguientes desafíos:
  6. En el caso de los agujeros negros:
    - Analizan la historia de su estudio, desde el clérigo inglés John Michell, hasta la actualidad, pasando por Albert Einstein, Stephen Hawking y la primera fotografía de uno de ellos publicada el 10 de abril de 2019.
    - Investigan las formas en que se los clasifica (activos e inactivos; micros y macros; etc.) y las técnicas con las que se los pone en evidencia.
    - Explican lo que ocurre con el espacio-tiempo fuera, dentro y en el horizonte de sucesos de un agujero negro.
    - Investigan lo que se piensa puede ocurrir con la materia en su interior.
    - Explican el posible origen de los agujeros negros.
    - Investigan las opiniones de los astrónomos sobre la existencia de agujeros blancos y los agujeros de gusanos que los comunicarían.
    - Especulan sobre el significado que ellos puedan tener acerca de la evolución del universo.
  7. En el caso de las ondas gravitacionales detectadas en 2016:
    - Describen su historia, las tecnologías con las que fueron detectadas y las futuras utilidades que pueda tener en la investigación astronómica.
  8. Analizan, desde el punto de vista científico, el mal uso que en ciertos contextos se hace del concepto de dimensión; asociándolo, por ejemplo, a misterios como “portales” para pasar de una a otra dimensión.
  9. En el caso de las implicancias cosmológicas:
    - Investigan la predicción de la teoría del Big Bang, la inestabilidad que implican las ecuaciones de la teoría general de la relatividad y la necesidad de que se esté expandiendo o comprimiendo.
    - Describen las posibles geometrías del espacio-tiempo a escala global (cerrado, abierto y plano) y la posible finitud o infinitud del universo.

- Explican lo conveniente de considerar el espacio-tiempo como una sola entidad, en vez de referirse separadamente al espacio y al tiempo, y que esta entidad es de cuatro dimensiones.
- Analizan las posibilidades reales de viajar en el tiempo; por ejemplo, al futuro, al moverse cerca de un agujero negro.

#### Observaciones al docente

- Si los estudiantes no vieron la película *Einstein y Eddington* en la unidad 1 sobre el cosmos, es una excelente oportunidad para verla y analizar algunos aspectos sobre la construcción del conocimiento científico y el contexto sociocultural. La película está disponible en internet.
- Explicar a los estudiantes a qué corresponden las dimensiones en Matemática (desde la mirada de la geometría). Por una parte, la consistencia de considerar el espacio-tiempo como una entidad de cuatro dimensiones, y, por otra, la necesidad de realizar (por medio de planos) cortes geométricos en espacios de cuatro dimensiones para ayudar a la imaginación.

- Finalmente, en grupos, enfrentan el desafío de elaborar una infografía con el uso de TIC sobre las principales ideas y aportes de la teoría general de la relatividad. La socializan entre sus propios compañeros y eligen tres de estas para publicarlas en redes sociales o páginas web desde donde pueden ser cargados recursos educativos.

#### Observaciones al docente

- Colabore con los estudiantes para que organicen sus ideas y reflexiones. Como se ha insistido, el tema es contraintuitiva, y ya se les hace complejo su propio entendimiento. Por eso, para diseñar el recurso, sería conveniente plantearles algunas preguntas que puedan guiar la organización de la información; por ejemplo: ¿a qué público va dirigida su infografía (¿niños, jóvenes, adultos, ancianos u otro)? ¿Qué aspectos les gustaría destacar y por qué? ¿Qué recursos piensan que les ayudarán a conseguir la transmisión efectiva de la información (¿gráficos, imágenes, tablas, fotografías u otro)? ¿Cómo debiese secuenciarse, según su parecer, la información?
- Recordarles que en internet hay varios tutoriales sobre qué consideraciones hay que tener en cuenta para el diseño de infografías.
- Incentive una evaluación entre pares sobre la infografía diseñada, enfocándose en aspectos como rigurosidad conceptual, creatividad e imaginación, entre otros. Para que esta práctica resulte más eficiente, se sugiere codiseñar con ellos una rúbrica, que incluso puede ser elaborada antes que realicen la infografía.
- Finalmente, haga reflexionar y tomar consciencia a los estudiantes sobre el proceso desarrollado; sus sentimientos, emociones y obstáculos durante la actividad; y las ideas físicas en las que aún tienen dificultades.

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2015). La Teoría de Relatividad General de Einstein. Universidad de Chile. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=Clb8O\\_itOZM](https://www.youtube.com/watch?v=Clb8O_itOZM); <https://www.youtube.com/watch?v=GTHdtrgolbE>; <https://www.youtube.com/watch?v=vG1vXgDvvqY>; <https://www.youtube.com/watch?v=VTPZFXzUqZg>.
- Cosmo Educa (S.N) *Gravitación*. Recuperado de <https://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad/temas/g1.htm>
- S.N. (2018) *Las ecuaciones de campo de la relatividad general. Cuaderno de Cultura Científica*. Recuperado de <https://culturacientifica.com/2018/03/27/las-ecuaciones-de-campo-de-la-relatividad-general/>

## Actividad 3. La realidad en el mundo de lo muy pequeño. ¿Determinismo absoluto o determinismo probabilístico?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y debatan sobre las nociones básicas de la mecánica cuántica y entiendan cómo ellas han contribuido a cambiar las ideas y modelos que teníamos sobre la naturaleza de la realidad.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4

Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

OA b

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

OA f

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

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

- Explican fenómenos a pequeña escala con base en principios de la mecánica cuántica.
- Argumentan la contribución de la física moderna para el debate sobre la naturaleza de la realidad.

### ACTITUDES

- Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

### DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

#### Activación

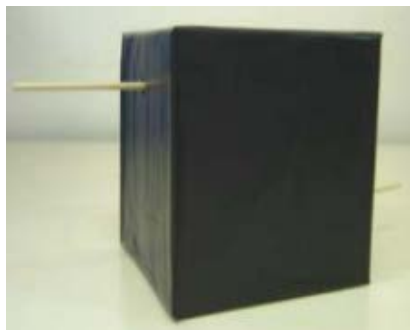
- Los estudiantes escuchan un texto, como el siguiente, y luego responden algunas preguntas.

#### Te seguimos la pista, viajero...

Sabemos muy bien por lo que estás pasando con la aventura emprendida en los saberes modernos de la física. A nosotros nos pasó lo mismo. Las dudas, el error y la confusión fueron parte importante de nuestro camino. Todo este proceso es más natural de lo que te imaginas. Poco a poco irás asimilando los conceptos e ideas que desafían nuestros sentidos, percepción y lógica. Ahora navegarás en la mecánica cuántica, la que invita a reflexionar profundamente sobre la constitución y comportamiento de la realidad natural de lo más pequeño. A pesar de que todavía la teoría cuántica presenta problemas de interpretación y distorsiones en su divulgación, es nuestro deber decirte que, hasta ahora, es increíble su éxito predictivo.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

- ¿Qué piensan y sienten cuando escuchan o leen “las dudas, el error y la confusión fueron parte importante de nuestro camino. Todo este proceso es más natural de lo que te imaginas. Poco a poco irás asimilando los conceptos e ideas que desafían nuestros sentidos, percepción y lógica”?
  - ¿Qué es lo más pequeño de la realidad natural según su percepción?
  - ¿Por qué la mecánica cuántica presenta problemas de interpretación?
  - ¿A qué se referirá el texto cuando alude a que hoy la teoría cuántica presenta distorsiones en su divulgación?
- Luego los estudiantes, organizados en grupos, observan una experiencia demostrativa, “Caja negra”, y:
- Construyen, colaborativamente, un modelo explicativo del fenómeno presentado por el docente.
  - Socializan sus modelos entre los grupos, y estudian las consideraciones relevantes y limitaciones de los modelos elaborados por sus compañeros.
  - Reflexionan colectivamente sobre el rol de los modelos en las ciencias físicas.



#### Observaciones al docente

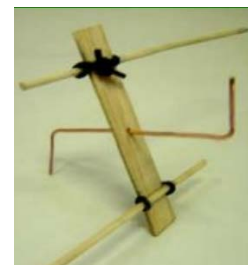
- El objetivo de esta actividad es que los estudiantes desarrollen sus propios modelos para describir un determinado sistema físico y, desde aquí, poco a poco, se familiaricen con el rol de los modelos en la construcción del conocimiento científico, considerando sus alcances y limitaciones.
- En lo práctico, el mecanismo de funcionamiento permanece oculto (caja negra) hasta el momento final de la actividad, por lo que su construcción solo deberá ser conocida por el docente.

A continuación, se describen los pasos para construir la experiencia de la caja negra<sup>13</sup>:

**1°** Consiga los siguientes materiales: una caja de cartón pequeña, elástico, dos palitos para brochetas sin las puntas, un palito de helado, alambre grueso de cobre, cinta adhesiva y papel negro.

**2°** Haga un agujero en el centro del palito de helado y corte sus puntas de modo que la longitud quede un poco menor que la altura de la caja. A continuación, ate un palito de brocheta en cada extremo del palito de helado utilizando un elástico. Corte un pedazo de alambre grueso, mayor que la anchura de la caja y páselo por el centro del palito de helado.

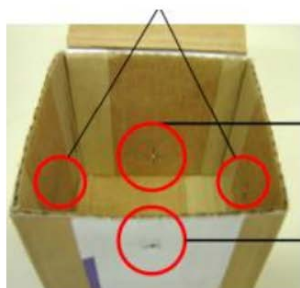
**3°** Haga dos agujeros a la misma altura en dos lados opuestos de la caja para encajar el alambre. En otro lado, haga un agujero para el palito de brocheta superior y, en el lateral opuesto, otro agujero para el palito inferior.



<sup>13</sup> El paso a paso y montaje fue adaptado y traducido del trabajo de Bueno., L., Palmieri, M., Mendes, W. (2015). Fisistória. *Guia de experimentação*.

4° Enganche el mecanismo dentro de la caja y, utilizando elástico y cinta adhesiva, sujete la parte más pequeña de los palitos de brocheta en las laterales de la caja.

#### Agujeros centrales



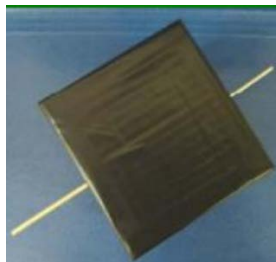
Agujero inferior

Agujero superior



5° Ahora mueva (empuje o tire con cuidado) uno de los palitos de brocheta para ver cómo el otro se comporta. Si está funcionando bien, cierre la tapa, cubra su caja con papel negro, sin que se note el alambre en las laterales.

Se entiende que funciona bien si empujando un palito de brocheta hacia dentro de la caja provoca que el otro palito de brocheta ingrese también a la caja, o bien, si se tira con cuidado un palito, el otro también se mueva hacia afuera de la caja.



- La caja negra debe ser llevada lista a la clase. Se sugiere llevar una caja más en caso de emergencia, pues siempre existe el riesgo de que algo no funcione.
- Realice la demostración para todos los estudiantes.
- Es muy importante que cada grupo tenga la oportunidad de manipular la caja y observarla con más detalles (2 minutos por grupo), y que el docente cautele que no la abran.
- Se sugiere darles 30 minutos para que elaboren su modelo y redacten o esquematicen su justificación.
- Cuando compartan sus modelos en clases y analicen el de sus compañeros, favorecer un ambiente de respeto.
- Una variación o complemento que podría hacerse a la actividad es que pongan a prueba sus modelos a través de la construcción de su propia caja negra.
- Para la reflexión en torno al rol de los modelos, puede apoyarse con el texto *Sobre modelos científicos*, disponible en: <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sobre-modelos-cientificos>. Asimismo, se recomienda plantear algunas preguntas; por ejemplo: ¿cómo los físicos construyen sus modelos? ¿Por qué los modelos cambian en las ciencias a lo largo de la historia? ¿Qué hace que un modelo sea más aceptado que otro en las ciencias?

### Resolución de desafíos

- Los estudiantes observan un video como *¿Qué es la mecánica cuántica?* del canal CuriosaMente de YouTube, y luego:
  - Responden algunas preguntas:
    - ¿Cuáles son las ideas del texto que más les llamaron la atención?
    - ¿A qué personas se menciona?
    - ¿Qué dudas y preguntas les surgen tras ver el video?
    - ¿Lo que explican en el video, es la realidad misma o son modelos sobre la realidad natural?
    - ¿Qué aspectos del contenido del video son criticables desde la perspectiva de la naturaleza de las ciencias?
- En seguida, realizan una investigación acerca de los problemas que enfrentaba la física clásica a finales del siglo diecinueve, principalmente, la incapacidad de explicar el efecto fotoeléctrico y la existencia de espectros atómicos, y reflexionan colectivamente cómo esto promovió la necesidad de nuevos modelos y teorías.
- Explican el origen, el valor y el significado de la constante  $h$  de Planck.
- Elaboran un mapa conceptual con las principales ideas sobre la discontinuidad de la materia, desde Parménides hasta Schrödinger, pasando por los modelos atómicos de Dalton, Thompson, Rutherford, y de Bohr; destacan los aportes de cada uno de estos modelos a la comprensión del átomo en su época, sus postulados básicos y sus limitaciones.

#### Observaciones al docente

- Enfatizar en que los modelos son aportes esenciales para interpretar la realidad natural, pero no son la realidad propiamente tal.
- Para apoyar la investigación y la reflexión sobre la crisis que enfrentó la física clásica, utilizar, por ejemplo, la discusión realizada en el artículo *Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias*, disponible en internet.
- Para el estudio del efecto fotoeléctrico, se sugiere trabajar con algún simulador como, por ejemplo, el disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/photoelectric>
- Es importante, también, conocer las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la física cuántica, tales como los alertados por Sinarcas y Solbes (2013), donde indican que los estudiantes:
  - No ven la física cuántica como un cambio necesario frente a los inconvenientes de la newtoniana.
  - No comprenden el papel de los modelos y no saben relacionar un salto de un electrón entre dos niveles con la correspondiente banda de color del espectro del átomo.
  - Representan al fotón y al electrón como partículas clásicas (con trayectorias u órbitas).
  - Interpretan erróneamente la dualidad (ondas y partículas, ondas o partículas según la experiencia).
  - No tienen una imagen clara de qué representa la  $\psi$  y, por lo tanto, un orbital.
  - Interpretan las relaciones de indeterminación como un error en la medida por la pequeñez del electrón, el protón, etc. Mantienen el determinismo o las órbitas clásicas.
  - No tienen claros los límites de la física clásica ni las diferencias con la cuántica, porque no ven la física cuántica como un cambio frente a la newtoniana.
  - Desconocen los procedimientos implicados y, en particular, qué hacer cuando no coincide lo predicho por la teoría con los resultados del experimento.
  - No ven las conexiones de la física cuántica con la tecnología y la sociedad.
- Tener en cuenta, además, que muchos libros de física presentan serias limitaciones: muchos no abordan la crisis de la física clásica; no hacen alusión al problema de cuerpo negro con el abordaje de electromagnetismo, termodinámica u otros pertinentes; no se muestran las limitaciones del modelo precuántico de Bohr; no se presentan los electrones, neutrones, electrones, fotones y otros como objetos de tipo nuevo, en comparación a los modelos clásicos de onda y partícula; falta de claridad entre la diferencia entre física clásica y cuántica; escasez de relaciones entre física cuántica, tecnología y sociedad.



## Experimentación

- Los estudiantes analizan experimentalmente el fenómeno de interferencia de ondas superficiales en agua y reproducen el experimento de Young de la doble rendija. Para esto:
  1. Preparan una cubeta de ondas de modo que exista un generador puntual de ondas circulares periódicas, y disponen de una doble abertura para que las ondas se difracten y luego interfieran. Analizan el patrón de interferencia que se obtiene y lo explican desde el punto de vista del modelo ondulatorio.
  2. Por una doble ranura (practicada en un vidrio ahumado) hacen pasar la luz de un puntero láser, reproduciendo el experimento de Young e identificando las zonas de interferencia constructiva y destructiva. Investigan la importancia que tuvo este experimento que convenció a la comunidad científica del comportamiento ondulatorio de la luz.
  3. Analizan un experimento equivalente a los anteriores pero hecho con sonido, reconociendo que el sonido debe interferir constructivamente en algunos lugares y destructivamente en otros, produciendo zonas de silencio, con un patrón de interferencia similar a la de los experimentos anteriores.
  4. Comparan los experimentos anteriores de interferencia de ondas superficiales en agua con luz y con sonido. Explican cómo a partir de los diagramas de interferencia se pueden determinar las longitudes de onda de las ondas.
  5. Predicen qué ocurrirá en un experimento similar a los anteriores, pero en el que, en vez de enviar ondas a una doble ranura, se envían electrones. ¿Qué ocurrirá si los electrones se envían de a uno? ¿Por qué ranura o abertura pasarán? ¿Qué patrón se obtendrá después de enviar muchos electrones?
  6. Investigan, finalmente, el resultado de este experimento (el de la doble ranura) realizado con electrones, tanto cuando se detecta la ranura por donde pasan como cuando no se detecta. Comparan sus predicciones con los resultados experimentales reales.

### Observaciones al docente

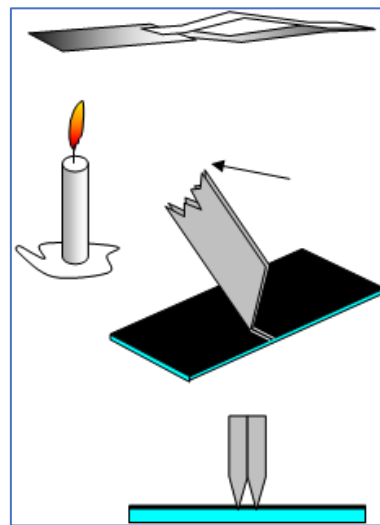
- Esta segunda etapa se debe abordar en forma experimental, pero se recomienda reforzar los conceptos por medio de simulaciones como las que se muestran en [https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_es.html)

Los experimentos con ondas superficiales en agua y la reproducción del experimento de Young no son muy complejos, por lo que será necesario ayudar a los estudiantes, especialmente en los montajes.

La figura de la derecha muestra una manera de producir una doble rendija adecuada para reproducir el experimento de Tomás Young. Primero, ahumar un portaobjeto de microscopía con una vela y después, con dos cuchillas de corta cartones juntas, rayar la zona ennegrecida para obtener una doble ranura. Recomendar a los estudiantes tener cuidado al realizar estos procedimientos.

Al hacer pasar por la doble ranura la luz de un puntero láser, podrá proyectarse en un telón el diagrama de interferencia.

Señalar a los estudiantes el impacto del experimento de Young, el cual convenció a los físicos de su época de la naturaleza ondulatoria de la luz, a lo cual se sumaron después las predicciones y descubrimientos de las ondas electromagnéticas por parte de Maxwell y Hertz.



## Investigación

- Los estudiantes realizan una pequeña investigación en internet u otras fuentes sobre el significado del principio de incertidumbre de Heisenberg, respondiendo posteriormente algunas preguntas como las siguientes:

1. ¿Cómo y en qué contexto Heisenberg llegó a desarrollar el principio de incertidumbre? Describan.
2. ¿Cuál es el origen de las incertezas presente en toda medición? Expliquen.
3. ¿La indeterminación en el principio de incertidumbre de Heisenberg es producto de la imprecisión de los instrumentos y técnicas de medida? Argumenten brevemente.
4. ¿A qué corresponde cada uno de los símbolos que figuran en la expresión matemática siguiente:  $(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2\pi})$ ?
5. ¿Cómo se interpreta desde el punto de vista de la física el significado de este principio?
6. ¿Podemos aplicar el principio de incertidumbre de Heisenberg a la escala humana? Argumenten.
7. ¿Qué otras preguntas les surgen a partir del estudio del principio de incertidumbre de Heisenberg?
8. ¿De qué manera el principio de incertidumbre de Heisenberg contribuye a la reflexión y el debate sobre la naturaleza de la realidad?

### Observaciones al docente

- Se sugiere observar algunos breves videos sobre el principio de incertidumbre de Heisenberg disponibles en los canales de YouTube Date un Voltio o Quantum Fracture. También pueden ver el documental *Todo sobre la incertidumbre*, de Discovery Channel, disponible en internet.
- Una vez presentada la expresión matemática de este principio es necesario ilustrar su significado con variados ejemplos, destacando los siguientes aspectos:
  - a) La imposibilidad de conocer simultáneamente, y con toda la precisión que se quiera, la posición y el momento lineal de una partícula subatómica. Esto debe entenderse como una limitación, impuesta por la propia naturaleza, al conocimiento que podemos tener de ella.
  - b) En lo que se refiere a su interpretación, señalar, por ejemplo, la necesidad de “iluminar” una partícula para poder localizarla con mayor intensidad mientras se requiera más precisión en su localización, lo cual la afecta y cambia significativamente su momento lineal incrementando la incerteza en la determinación de su velocidad.
  - c) Puede ser oportuno indicar que la expresión antes señalada corresponde a situaciones unidimensionales.
  - d) El concepto de trayectoria deja de tener sentido.

- Los estudiantes profundizan en algunos aportes de Schrödinger, para lo cual:
  - Analizan en qué consiste la paradoja del gato de Schrödinger.
  - Leen la siguiente noticia sobre el gato de Schrödinger, y responden algunas preguntas:



**BBC** Menú

**NEWS | MUNDO**

Noticias | Centroamérica Cuenta | América Latina | Internacional | Economía | Tecnología

**Cómo encontraron la forma de salvar al gato de Schrödinger, el experimento más famoso de la física cuántica**

Redacción  
BBC News Mundo

© 6 junio 2019

f t w e Compartir



El gato de Schrödinger es célebre por simbolizar algunas de las características más desconcertantes de la física cuántica.

El experimento mental propuesto en 1935 por el científico austriaco Erwin Schrödinger ejemplifica tanto la imprevisibilidad como la llamada superposición, la posibilidad de que dos estados opuestos existan simultáneamente.

En la paradoja planteada por Schrödinger, quien recibió el Nobel de Física en 1933, el gato está vivo y muerto al mismo tiempo. Y ninguno de esos estados puede ser anticipado. Pero científicos de la Universidad de Yale en Estados Unidos encontraron ahora una forma no solo de predecir el estado del famoso gato, sino de salvarlo<sup>14</sup>.

1. ¿Qué preguntas les surgen tras la lectura de la noticia?
  2. ¿Cuál es el rol de los experimentos mentales en la física? Expliquen.
  3. ¿A qué se refiere la idea de “superposición” en la física cuántica?
  4. ¿La posibilidad de que un gato esté vivo o muerto corresponde a la realidad tal y como es, a una creencia o a un modelo? Argumenten.
  5. ¿Cuál es el aporte de los científicos de la Universidad de Yale a la propuesta del gato de Schrödinger?, ¿les hace sentido? ¿Qué dudas o sentimiento les evoca?
- Investigan en diversas fuentes la ecuación de Schrödinger en situaciones unidimensionales y, desde el punto de vista gráfico, algunas de sus soluciones para partículas subatómicas en diversas circunstancias. Destacando en sus conclusiones aspectos como:
    1. El origen y desarrollo histórico de esta ecuación.
    2. Su significado e interpretación probabilística de sus soluciones.
    3. El concepto de barrera de potencial.
    4. La posibilidad de que una partícula cruce una barrera de potencial por un túnel cuántico.
    5. La contribución de Schrödinger al debate sobre la naturaleza de la realidad.

<sup>14</sup> <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48542209>

**Observaciones al docente**

- Se sugiere utilizar algunos videos cortos sobre el Gato de Schrödinger, como los disponibles en los canales de YouTube de MinutodeFísica o Date un Voltio.
- En esta etapa, centrada en la ecuación de Schrödinger, limitarse a los aspectos históricos y a los análisis gráficos y cualitativos. Lo importante es destacar el hecho de que la realidad a nivel de lo muy pequeño puede describirse como una onda cuya ecuación predice y da cuenta de muchos fenómenos, entre los cuales destaca el que una partícula subatómica pueda escapar de pozos de potencial o cruzar barreras de potencial (cosa imposible según la física clásica) y que las predicciones se limitan solo a señalar probabilidades. También es importante destacar, por ejemplo, cómo esta ecuación explica los postulados del modelo atómico de Bohr con gran exactitud, incluidas las líneas de emisión del espectro del átomo de hidrógeno.

**Diseño de un recurso de divulgación**

- Finalmente, los estudiantes elaboran un recurso de divulgación sobre las principales ideas de la mecánica cuántica y sus resultados, según lo estudiado en la presente actividad. Este recurso debiese incluir:
  6. El desarrollo histórico del concepto de cuantización.
  7. La interpretación de los resultados de los experimentos sobre interferencia de electrones en una doble ranura.
  8. La paradoja del gato de Schrödinger.
  9. El principio de incertidumbre de Heisenberg.

**Observaciones al docente**

- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los recursos de divulgación en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

**RECURSOS Y SITIOS WEB**

- *¿Qué es la mecánica cuántica?* Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=uHrCIWsxMt0>;
- *Aplicaciones de la física cuántica.* Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ReNW6v2H2w>
- *Barreras de Potencial y Tunelamiento.* Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=mfYhtt2nzPk>;
- *Breve introducción a la mecánica cuántica.* Recuperado de <https://ingenieriainformatica.cat/wp-content/uploads/2016/05/BREVE-INTRODUCCI%C3%93N-A-LA-MEC%C3%81NICA-CU%C3%81NTICA.pdf>
- Cabello, A. (2017). El puzle de la teoría cuántica. ¿Es posible zanjar científicamente el debate sobre la naturaleza del mundo cuántico? *Investigación y Ciencia*. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-red-de-la-memoria-712/el-puzle-de-la-teora-cuntica-15554>
- Castrillón, J., Freire, O., Rodríguez, B. (2014). Mecánica cuántica fundamental. Una propuesta didáctica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(1), 1505 (1-12).
- Gratton, J. (S.N) *Introducción a la Mecánica Cuántica*. Recuperado de <http://www.lfp.uba.ar/es/notas%20de%20cursos/notasmecanicacuantica/Cuantica.pdf>.

- *La mecánica cuántica.* Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=NpwpbH37-E8>.
- *Mecánica cuántica.* Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/FisicaModerna.htm>
- *Mecánica cuántica.* Recuperado de [https://www.ecured.cu/Mec%C3%A1nica\\_cu%C3%A1ntica](https://www.ecured.cu/Mec%C3%A1nica_cu%C3%A1ntica);
- Sinarcas, V., Solbes, J. (2013) Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato, *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 9-25.
- Solbes, J., Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 57-85.
- Sus, A. (2017). Mecánica cuántica: interpretación y divulgación. *Investigación y Ciencia.* Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-origen-de-la-tecnologa-709/la-mecnica-cuntica-contada-de-otra-forma-15392>

## Actividad 4. ¿Qué nos aporta finalmente la física moderna?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y reconozcan las repercusiones de la física moderna en sus diferentes ámbitos (filosóficos, científico-tecnológico) y cómo está presente en sus vidas cotidianas.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4

Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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 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.

### INDICADOR DE EVALUACIÓN

- Analizan críticamente la contribución del conocimiento de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

### ACTITUDES

- Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.
- Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

### DURACIÓN

12 horas pedagógicas.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### Investigación

- Los estudiantes, reunidos en grupos, investigan en diferentes fuentes las aplicaciones científicas y tecnológicas de la relatividad especial de Einstein, de la teoría de la relatividad general, de la mecánica cuántica, y sus alcances en la sociedad y el ambiente.

#### Observaciones al docente

- Se sugiere que se organicen dos grupos para investigar las aplicaciones y alcances de la relatividad especial de Einstein, dos grupos para relatividad general, y dos grupos para mecánica cuántica. Se sugiere que cada grupo investigue por su propia cuenta hasta organizar lo pesquisado. En seguida, invitarles a que se reúnan los dos grupos por tema, intercambien sus hallazgos, y organicen la información con el uso de TIC para compartirlas posteriormente al grupo curso. Para esto, pueden elegir a dos o tres representantes por tema, quienes tendrán la misión de enfatizar en las aplicaciones investigadas, considerando contextos e implicancias sociales, éticas y ambientales.
- Respecto de las utilidades de la teoría especial de la relatividad, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
  - En situaciones en que hay grandes velocidades (como en la radiación cósmica y los aceleradores de partículas) estamos obligados a usar las ecuaciones de la relatividad especial.
  - La famosa expresión  $E = mc^2$  permitió, por primera vez, entender el proceso a través del cual las estrellas evolucionan e iluminan durante tantos años; favoreció el diseño de reactores nucleares que permiten generar energía eléctrica y producir materiales radiactivos de usos medicinales; pero también permitió construir peligrosas armas nucleares. Es una oportuna instancia para enfatizar en las relaciones CTS y la importancia de la ética y la consciencia en el uso de los saberes científicos.
- Respecto de la utilidad de la teoría general de la relatividad, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
  - Entre las aplicaciones a la cosmología hay que destacar, por ejemplo, el que las ecuaciones de la relatividad general implican que el universo no puede estar en equilibrio o ser estacionario como creían muchos científicos, entre ellos, inicialmente el propio Einstein, quien en algún momento introdujo la famosa constante cosmológica para explicar que el universo no hubiese colapsado.
  - Actualmente, gracias a observatorios de interferencia de rayos láser (como LIGO) con los cuales se están detectando las ondas gravitacionales, está siendo posible detectar catástrofes cósmicas como la fusión entre agujeros negros y la de estrellas de neutrones con agujeros negros. Posiblemente, en un futuro no muy lejano, se detectarán ondas gravitacionales provenientes del propio Big Bang.
  - También hay que abordar los GPS o sistemas de posicionamiento global y sus diversas aplicaciones. En cuanto a su funcionamiento, hay que destacar que ellos operan con base en una serie de satélites artificiales que, básicamente, son relojes de gran precisión y que, gracias a la exactitud de la teoría general de la relatividad, permiten conocer las posiciones. Entre sus usos hay que destacar la navegación terrestre, marítima y aérea (tanto civil como comercial, deportiva, turística, etc.). Bastantes dispositivos móviles y automóviles los incorporan en la actualidad, siendo de especial utilidad para encontrar direcciones. También resultan de gran importancia en geología; por ejemplo, para medir la deriva continental, monitorear volcanes y medir actividad sísmica. Asimismo, son de utilidad para rastrear personas perdidas, automóviles y computadores robados, mascotas extraviadas, entre otros.
- Respecto de las utilidades de la mecánica cuántica, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
  - Desde la época de los sesenta, sus aplicaciones son las que más han impactado en las personas y en toda la sociedad, y que también serán las que determinarán más fuertemente el estilo de vida de las personas y de la sociedad en el futuro.
  - Por ejemplo, el diodo, el transistor y el circuito integrado permitieron la portabilidad de los dispositivos electrónicos (desde la radio a pilas, pasando por la calculadora electrónica hasta el moderno teléfono celular);
  - Los circuitos integrados de gran complejidad, como los procesadores, posibilitaron el manejo digital de gran cantidad de información y en forma cada vez más rápida y eficiente, lo que permitió almacenarla (discos duros, memorias de estado sólido y en la nube, entre otros) y transmitirla como se hace por internet, wifi; Bluetooth, entre otros.

- La luz láser, además de ser de utilidad como puntero para los profesores, tiene gran importancia en la industria y en la observación astronómica (por ejemplo, en la denominada “óptica adaptativa”, que permite minimizar las distorsiones propias de la atmósfera terrestre).
- Las tecnologías de los sensores remotos (temperatura, presión, humedad, rapidez de los flujos, contaminación, etc.) que se derivan de los progresos en mecánica cuántica están permitiendo poner en evidencia el comportamiento de los sistemas naturales y del cambio climático.
- La mecánica cuántica nos promete cambios mucho más revolucionarios en el procesamiento de información (con las computadoras cuánticas) y la industria, y en la medicina con la introducción de las nanociencias que, por medio de nanorrobots, podrán actuar a niveles muy pequeños.
- No es necesario en esta actividad analizar cómo funcionan los transistores, los circuitos integrados ni los rayos láser, aunque puede ser interesante mostrar cómo ha evolucionado la electrónica desde las válvulas de vacío hasta la actualidad, para que se aprecie el proceso de miniaturización que ha tenido lugar durante el último siglo.

### Conversatorio

- Aclaran mitos relacionados con la física moderna, considerando situaciones como:
  - En una reunión entre amigas y amigos se habla sobre diversos temas, desde diferentes puntos de vista. Uno de ellos dice: “Al final, no llegaremos a un acuerdo, ya que todo es relativo, como dijo Einstein”. ¿Es esta aseveración coherente con lo propuesto por la teoría de la relatividad de Einstein?, ¿por qué?
  - Otra persona afirma: “Que el tiempo sea relativo, según Einstein, se evidencia en hechos como: si estamos entretenidos el tiempo parece transcurrir muy rápido, en comparación a cuando estamos aburridos, en que parece ir muy lentamente”. ¿Es a esto a lo que se refiere la teoría de la relatividad?
  - Al rato, otra persona expresa: “Es que yo creo que esa persona tuvo un salto cuántico”. ¿A qué se referirá con esto? ¿Será esto compatible con los principios de la mecánica cuántica?
  - Finalmente, llega otro amigo y les dice: “Hoy cambió radicalmente mi forma de ver la vida. Tuve una curación cuántica”. ¿Se fundamenta esto desde la teoría cuántica?
- Estudian los problemas científicos que aún existen en la física moderna, y reflexionan a partir de algunas preguntas como:
  - Einstein dijo: “Dios no juega a los dados”. ¿Y ustedes, qué opinan?, ¿Dios, juega o no a los dados?
  - La gravedad cuántica, ¿es solo un sueño?
  - ¿Existirá una teoría que unifique la relatividad general y la mecánica cuántica?
  - ¿Cuáles son los alcances de la teoría de cuerdas?
  - ¿Qué pretende ser la teoría del todo? ¿Por qué es tan buscada por muchos físicos en el mundo?
  - ¿Por qué existen tantas distorsiones y abusos de información sobre, por ejemplo, la mecánica cuántica?
  - ¿Qué aspectos éticos, sociales y ambientales están relacionados con la física moderna?

### Observaciones al docente

- Se sugiere que los estudiantes, antes del conversatorio, recopilen información a través de sus teléfonos celulares u otros medios, y que puedan leerla con calma para poder participar activamente del conversatorio.
- Asimismo, sería necesario invitarles a realizar un recorrido mental sobre el conjunto de actividades que han realizado anteriormente, y sobre cuáles han sido los conceptos y principios fundamentales en estudio.
- El hecho de que los estudiantes dominen más información no implica necesariamente una comprensión más amplia. Por eso, se recomienda recordar lo contraintuitivo de la física moderna a la hora de la reflexión colectiva. Es importante favorecer un ambiente de libertad intelectual, pero cautelando el respeto en y para la diversidad, lo que ha sido fundamental para el desarrollo científico a lo largo de la historia.



- Existen diversos videos cortos y entretenidos sobre el tema en canales de YouTube como, por ejemplo, Date un Voltio o Quantum Fracture.
- La información recabada por los estudiantes puede complementarse con lo siguiente:
  - Que con la famosa frase de Einstein “Dios no juega a los dados” no se discute un tema religioso, sino que la opinión de que él no creía en la mecánica cuántica. Cosa curiosa, dado que con la solución que encuentra al problema del efecto fotoeléctrico, se convierte en uno de los iniciadores de la misma física cuántica; pero que se entiende si se comprende que su teoría de la relatividad se desarrolla en un contexto de un determinismo absoluto y no probabilístico, como lo enseña la mecánica cuántica.
  - Otro problema no menor en la actualidad es encontrar un vínculo entre la física cuántica y la teoría de la relatividad, lo que aún parece complejo. Ello se expresa como gravedad cuántica, y entre sus problemas parece estar el encontrar una partícula elemental asociada a la gravedad, denominada gravitón, pero que hasta el momento no ha sido encontrada.
  - Las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica son los dos pilares de la física actual; estas cuentan con una cantidad impresionante de evidencias que las apoyan, pero, hasta el momento, no logran compatibilizarse. Es decir, no disponemos de una física cuántica relativista satisfactoria, pero se piensa que será encontrada próximamente y se la denomina “teoría del todo”.
- Sería interesante alertar, por último, sobre los distintos usos y riesgos que plantean la internet y las redes Sociales; los cambios educacionales que se producen por disponer de una gran cantidad de información en la palma de nuestra mano, el problema de la privacidad de nuestras vidas, el problema de los Hackers y de la delincuencia informática, entre otros.

### Comunicación de ideas y saberes

- Finalmente, los estudiantes tendrán la misión de diseñar algún recurso (ensayo, infografía, póster científico, novela, mapa conceptual u otro) que permita responder a la siguiente pregunta: “¿Cómo la física moderna contribuye a la reflexión y el debate sobre la naturaleza de la realidad?”. Se deberá considerar:
  - Aspectos históricos y filosóficos de las ciencias.
  - Crisis de la física clásica.
  - Límites de nuestros sentidos, lógica y percepción.
  - Evidencias científicas.
  - Dudas y desafíos por resolver.
  - Desarrollo científico y tecnológico.

### Observaciones al docente

- Existen diversas maneras de socializar un entendimiento. Por eso, es esencial que, en esta última etapa, los estudiantes tengan libertad de expresión, a través de la forma en que más les acomode. Eso sí, cautelando la inclusión de los criterios señalados.
- Dada la diversidad de propuestas que se elaborarán, sería interesante una instancia de socialización de los diseños a la comunidad educativa.
- Es imprescindible, finalmente, un recorrido metacognitivo sobre el proceso desarrollado, considerando los obstáculos, preguntas y sentimientos; oportunidades y desafíos identificados; y las dudas que aún persisten. De esta manera, podrá hacer que su posterior retroalimentación al trabajo sea más afectiva y efectiva.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los recursos didácticos en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

## RECURSOS Y SITIOS WEB



- Pérez Arellano, I., Torres Villa, R. (2009). *Nuevos paradigmas de la física moderna*. Esfinge. Recuperado de <https://www.revistaesfinge.com/ciencia/fisica/item/672-71nuevas-paradigmas-en-la-fisica-moderna>
- "El futuro será cuántico o no será": preguntas para entender qué es la física cuántica y cómo afecta nuestras vidas. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46833112>
- Solbes, J., Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 57-85.

## Actividad de evaluación. ¿Puedo explicar diversos aspectos sobre la naturaleza de la realidad a partir de los saberes de la física moderna?

### PROPÓSITO

Que los estudiantes reflexionen y apliquen saberes relacionados con física moderna en diversos contextos que problematizan la naturaleza de la realidad a nivel microscópico y macroscópico, considerando los alcances y límites de validez.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 4. Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

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 problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

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.

### INDICADORES DE EVALUACIÓN

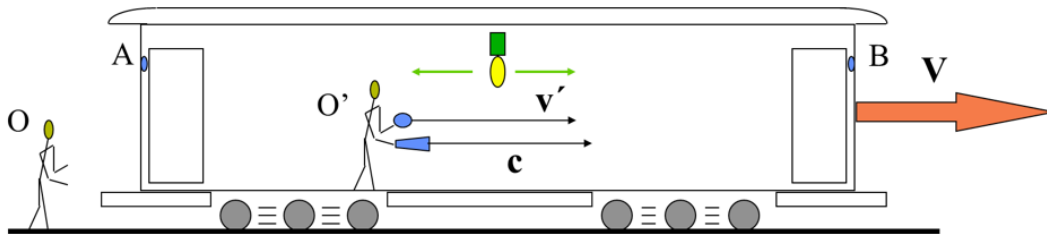
- Aplican conceptos y modelos de la teoría de la relatividad especial y general para analizar fenómenos.
- Explican fenómenos a pequeña escala con base en principios y modelos de la mecánica cuántica.
- Analizan críticamente las implicancias del conocimiento de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.
- Argumentan la contribución de la física moderna para el debate sobre la naturaleza de la realidad.
- Evalúan la validez de información sobre física moderna proveniente de diversas fuentes.

**DURACIÓN:** 7 horas pedagógicas.

### Explicación de fenómenos físicos

Sea un vagón de tren que, como indica la figura, se mueve uniformemente y en línea recta con rapidez  $V$  hacia la derecha respecto del andén de una estación. Arriba del vagón ocurren varias cosas que debes describir según dos observadores: uno arriba del tren ( $O'$ ) y en reposo respecto de él, y el otro ( $O$ ) en reposo respecto del andén. Supongan despreciables los efectos del aire en todos los casos.

Analicen la situación a través del siguiente esquema y realicen las actividades que se indican a continuación, situándose en las posiciones de los observadores  $O$  y  $O'$ .



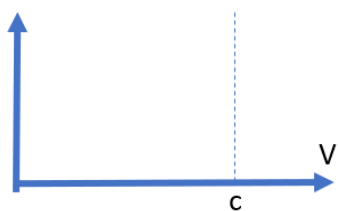
Andén de la estación

1. Una persona arriba del vagón ( $O'$ ) lanza un proyectil con velocidad  $v'$  respecto del tren. También enciende una linterna que emite su luz (que viaja con rapidez  $c$ ), ambas acciones en el sentido que se indica en la figura.
  - a. Según la física de Newton, ¿cuál es la rapidez de la luz y de la piedra (inmediatamente después de ser lanzada) para el observador  $O$  fijo al andén?
  - b. Según la física de Einstein, ¿cuál es la rapidez de la luz y de la piedra (inmediatamente después de ser lanzada) para el observador  $O$  fijo al andén?
  - c. Anota las respuestas a las preguntas anteriores en la tabla siguiente y completa los otros casilleros, en que  $L'$  es la longitud del tren,  $\Delta t'$  el tiempo que tarda una manzana en caer desde cierta altura y  $M'$  la masa de la manzana; todo ello medido por el observador  $O'$  fijo al tren.

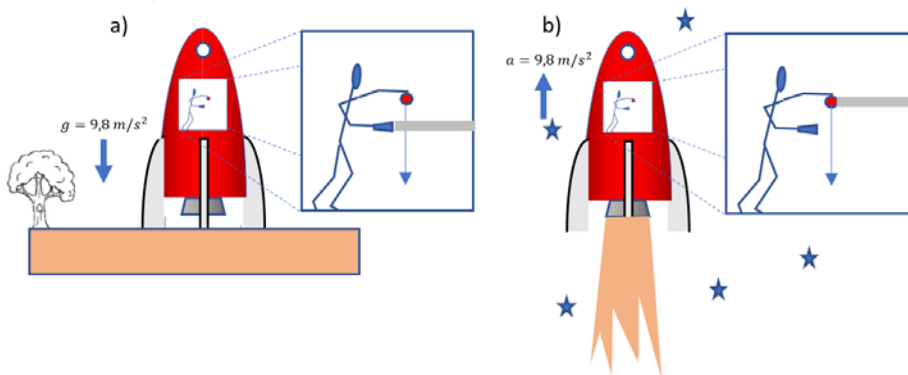
	Medidas realizadas por $O'$ arriba del vagón	Medidas hechas por $O$ en el andén, según Newton	Medidas hechas por $O$ en el andén, según Einstein
Rapidez de la luz	$c$		
Rapidez del proyectil	$v'$		
Longitud del tren	$L'$		
Tiempo que tarda en caer una manzana	$\Delta t'$		
Masa de la manzana	$M'$		

2. Justo en medio del vagón hay en el techo una ampollita apagada. En los extremos del vagón hay dos sensores ( $A$  y  $B$ ) tales que, cuando les llega luz, activan un sistema que abre las puertas. Después de encender la luz; ¿qué puerta se abre primero?
  - a. Según la física de Newton.
  - b. Según la física de Einstein.
3. Si imaginamos situaciones en que la rapidez del tren es cada vez mayor respecto del andén, ¿qué ocurre con el largo  $L$  del tren y con la duración  $\Delta t$  de la caída de la manzana al suelo, para observadores fijos al andén?
  - a. Según la física de Newton.
  - b. Según la física de Einstein.
4. ¿Qué limitaciones tiene el movimiento del tren y los fenómenos que ocurren arriba de él?
  - a. Según la física de Newton.
  - b. Según la física de Einstein.

5. Completen a mano alzada el gráfico siguiente, para el observador fijo al andén, colocando en el eje vertical la longitud  $L$  del tren, el tiempo  $\Delta t$  que demora en caer la manzana y la masa  $M$  (usa colores distintos para diferenciar las tres curvas).



6. Sobre la teoría especial de la relatividad:
- Señalen y argumenten las consecuencias científicas y sociales más significativas.
  - Describan brevemente algunas de las verificaciones experimentales de la dilatación del tiempo y contracción del espacio con que cuenta la teoría especial de la relatividad.
  - Señalen, en tres o cuatro líneas, qué cambios en la imagen que tenían sobre la realidad del universo produjo en ustedes conocer la teoría especial de la relatividad.
7. Sobre la curvatura del espacio-tiempo:
- Consideren un cohete en las siguientes situaciones: a) detenido aquí en la superficie terrestre y b) viajando por el espacio con una aceleración igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$  respecto de las estrellas lejanas. Ambas situaciones se ilustran en la figura siguiente. En el interior del cohete hay científicos que hacen algunos experimentos que se describen en las preguntas. El laboratorio no tiene ventanas que permitan ver hacia el exterior; el cohete es completamente silencioso y la cabina del piloto no tiene comunicación con el laboratorio.



- Si los científicos estudian experimentalmente la caída de una manzana en ambos laboratorios, ¿pueden distinguir en qué situación (en la Tierra o en el espacio) se encuentran? Expliquen.
- ¿Habrá algún experimento mecánico (lanzando proyectiles, haciendo oscilar péndulos, etc.) que les permita a los científicos decidir en qué sistema de referencias se encuentran?
- Si con una linterna los científicos lanzan un rayo de luz horizontal al suelo del laboratorio, ¿qué es correcto decir sobre la trayectoria que sigue el rayo de luz, en cada una de las situaciones?
  - Según la física de Newton
  - Según la física de Einstein
  - Según los experimentos

b. Expliquen cómo Eddington comprobó la curvatura del espacio predicha por la teoría general de la relatividad de Einstein.

c. Expliquen de qué maneras la materia curva el espacio y qué consecuencias posee ello en el tipo de geometría que adopta el espacio.

d. En grupos de tres o cuatro alumnos elaboren un póster que explique, en forma resumida, las principales novedades introducidas por la teoría general de la relatividad, a la imagen del universo que se tenía hasta finales del siglo XIX. Considerar:

- El principio de equivalencia.
- Las modificaciones introducidas en la geometría del espacio-tiempo.
- Las principales características de los agujeros negros.
- Las implicancias cosmológicas.

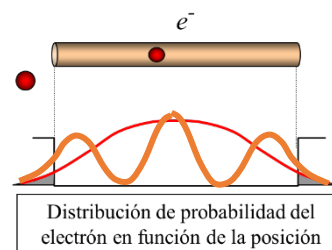
8. Sobre la realidad en el ámbito de lo muy pequeño:

a. Realicen una infografía que muestre, a lo largo de la historia, cómo han evolucionado los conceptos sobre la naturaleza granular de la materia (continuidad-discontinuidad) y de su naturaleza corpuscular u ondulatoria.

b. Seleccionen y señalen en qué consistían dos problemas que enfrentaba la física a inicios del siglo XX y cómo sus soluciones dieron inicio a la mecánica cuántica.

c. Expliquen, por medio de ejemplos y en forma breve (5 o 6 líneas), cada una de las siguientes concepciones de la realidad según la mecánica cuántica:

- i. La física solo puede predecir la probabilidad de que algo ocurra.
- ii. Una partícula puede escapar de un pozo de potencial aun cuando no tenga la energía suficiente para hacerlo, como lo señala el gráfico de la derecha, para el caso de un electrón.
- iii. Un gato puede estar vivo y muerto simultáneamente.



d. En relación con el principio de incertidumbre de Heisenberg; expliquen:

- i. ¿A qué corresponden cada uno de los términos de la expresión:  $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ ?
- ii. ¿Por qué según él no podemos observar algo (por ejemplo, un electrón en una caja), sin afectarlo?

e. Comparen (señalando semejanzas y diferencias) el “experimento de interferencia en la doble rendija” en las siguientes dos situaciones:

- i. Ondas superficiales en agua y ondas de sonido en el aire y en la luz (experimento de Young) en que se observa el mismo patrón
- ii. La interferencia de electrones.

### Construcción de argumentos

- ¿Cuál es el rol de los modelos en las ciencias en general, y en la física moderna en particular?
- ¿De qué manera contribuye el conocimiento de historia y filosofía de las ciencias en la comprensión de la física moderna?
- ¿Por qué la física moderna desafía nuestros sentidos, lógica y percepción?
- ¿Por qué existen tantas distorsiones sobre mecánica cuántica en internet y redes sociales? Discutan sobre usos y abusos de la información.
- ¿De qué manera la física moderna favorece la reflexión y el debate sobre la naturaleza de la realidad?

**Reflexión sobre “¿Qué nos aporta finalmente la física moderna?”**

1. Completen el siguiente cuadro, para cada uno de los pilares de la física moderna, con palabras claves e ideas resumidas, que den cuenta del impacto científico y cultural.

Pilares de la física moderna	Qué ha cambiado en nosotros, como consecuencia del desarrollo de la física moderna, en lo que se refiere a:	
	La forma en que entendemos la realidad	Los desarrollos tecnológicos
La teoría especial de la relatividad		
La teoría general de la relatividad		
La mecánica cuántica		

# 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 para su solución ciencia, tecnología, matemática e ingeniería.

### ¿Cómo se relaciona con las habilidades y actitudes 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 en la búsqueda conjunta de 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 desarrollo del trabajo colaborativo, la comunicación, el pensamiento crítico y creativo, entre otros.

### ¿Cuáles son los elementos del aprendizaje basado en proyectos?

#### Pregunta o problema central

Los problemas que se abordan en un proyecto se vinculan con situaciones reales y significativos para los estudiantes. Se vinculan con sus inquietudes e intereses, motivándolos 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 el proceso, los alumnos hacen nuevas preguntas, utilizan recursos, profundizan los conocimientos.

#### Autenticidad

Los proyectos tienen un contexto auténtico; por ejemplo: los estudiantes resuelven problemas que enfrentan las personas en el mundo fuera de la escuela, pero también pueden centrarse en problemas auténticos dentro de la escuela. Los proyectos auténticos 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) o crear algo que otros utilizarán o experimentarán. Un proyecto puede tener



autenticidad personal cuando habla de las preocupaciones, intereses, culturas, identidades y problemas de los estudiantes en sus vidas.

### **Voz y elección del estudiante**

Los alumnos deben sentir que son capaces de participar activamente, tomar decisiones, expresar sus puntos de vista, proponer soluciones durante el trabajo en equipo, de expresarse por medio de los productos que crean. Participan activamente en un proyecto, desde la identificación del problema hasta la divulgación del producto, fortaleciendo el compromiso y la motivación con su 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 informalmente, 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 del trabajo de los alumnos. 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 las prácticas en el uso de esta metodología.

### **Crítica y revisión**

Los estudiantes deben estar abiertos a dar y recibir comentarios constructivos acerca del trabajo propio y de sus compañeros, lo que permite mejorar los procesos y productos del proyecto. Idealmente, esto debe realizarse mediante protocolos formales y con el apoyo de rúbricas. También pueden contribuir al proceso de crítica invitados o expertos externos, 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 deberán tener la posibilidad de presentarlo públicamente, lo que aumenta enormemente su motivación, ya que no se reduce a un intercambio privado entre profesor y alumno. Esto tiene un impacto en el aula y la cultura escolar, ayudando a crear una "comunidad de aprendizaje", donde 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 padres 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 bien 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 la realización del proyecto.
- La planificación anual también debe incorporar la exhibición pública de los proyectos. Idealmente, se recomienda que sea una instancia a nivel de establecimiento, en que se invite a los padres, familias, expertos y otros miembros de la comunidad. Para esto, se

sugiere solicitar a la dirección del establecimiento reservar un día para realizar esta actividad.

- Identificar en los Objetivos de Aprendizaje tópicos, necesidades o problemas que puedan abordarse interdisciplinariamente con dos o más asignaturas.
- Si se ejecuta un proyecto que involucre a dos o más asignaturas, realizar una planificación conjunta con el o los otros docentes y solicitar a su jefe técnico o director un tiempo adecuado para ello.
- Una vez realizada esta planificación e iniciado el año escolar, explicar a los estudiantes en qué consiste esta metodología, exponer los tópicos que identificaron en las Bases Curriculares y pedirles que, a partir de ello, propongan problemas o preguntas que consideren necesario resolver o responder mediante un proyecto.
- El aprendizaje basado en proyectos requiere de 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 facilitarán su ejecución. A continuación, se explica cada uno de esos componentes.

#### Resumen del proyecto

Síntesis del tema general, propósito y resultado esperado del proyecto.

#### Nombre del proyecto

Se recomienda que se incluya un subtítulo en el cual se evidencie el tema o contenido que se trabaja en el proyecto.

#### Problema central

En esta sección se expone párrafo la pregunta o problema que se quiere resolver por medio del proyecto. Se recomienda que se explique cuál es el tema que se va a resolver y por qué el proyecto puede dar respuesta o desarrollar reflexiones profundas a 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 desarrollarán en el proyecto, ya que se espera que los proyectos sean interdisciplinarios; se recomienda incorporar los OA de las otras asignaturas involucradas.

#### Tipo de proyecto interdisciplinario

Es importante aclarar qué aspectos de las distintas disciplinas se aplicarán 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, se sugiere coordinación con los docentes 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, a través del cual los estudiantes divulguen el trabajo realizado en el proyecto.

### **Habilidades y actitudes para el siglo XXI**

Es importante que el docente pueda reforzar que esta metodología tiene como propósito formativo desarrollar habilidades y actitudes del siglo XXI en sus alumnos, las cuales son transversales a todas las áreas del currículum. Esto permite que los docentes y estudiantes sean conscientes de que van más allá de los conocimientos y habilidades disciplinares.

### **Recursos**

En esta sección se debe describir componentes, insumos y de trabajo, bibliografía o elementos fundamentales para la realización del proyecto.

### **Etapas**

Se debe planificar el proyecto según fases de trabajo, considerando el tiempo destinado al proyecto en la planificación anual.

### **Cronograma semanal**

Es importante planificar el avance del proyecto clase a clase. En una clase se pueden desarrollar más de una etapa, o una etapa puede durar más de una clase. Lo importante es que dicha planificación sea clara y ordenada, de manera que tanto el docente como los estudiantes trabajen de la manera más regular posible, considerando los avances u obstáculos que puedan encontrarse en el desarrollo del proyecto.

### **Evaluación formativa y evaluación sumativa**

En esta sección, el docente debe informar los criterios e instrumentos mediante los cuales se evaluará el proyecto, tanto en la dimensión formativa como sumativa. Es importante tener en cuenta que la retroalimentación es un componente esencial del proyecto, por lo que en esta sección el docente debe incluir cómo llevará a cabo dicho proceso.

### **Difusión final**

Dependiendo del objetivo del proyecto se sugiere que, al finalizar, los estudiantes dediquen algún tiempo para dar difusión al proyecto y sus resultados, mostrando dichos elementos a la comunidad escolar.

## Proyecto STEM

### Mejoremos el tránsito

#### Haciéndolo más seguro, eficiente e inteligente

#### Resumen del proyecto

Este proyecto interdisciplinar presenta a los estudiantes un problema real que afecta a todas las personas que habitamos ciudades y necesitamos trasladarnos (ya como peatones o en vehículos) por calles, autopistas y carreteras: el transporte vial. Este problema tiene diferentes consecuencias; por ejemplo:

- Hay miles de muertes todos los años, solo en Chile, como consecuencia de accidentes de tránsito, muchas personas que quedan mutiladas y muchas familias que tienen que padecer dramáticos sufrimientos. Todo lo cual tiene además consecuencias económicas importantes para las personas involucradas y para el país.
- En algunos momentos la congestión vial genera una gran pérdida de tiempo para las personas; un considerable aumento de las emisiones contaminantes del aire, además de contaminación acústica y un gasto enorme de combustible, con el correspondiente aporte al calentamiento global. Lo cual también significa enormes gastos para las personas y para el país.
- Complejos problemas para el estacionamiento de vehículos y bicicletas especialmente en centros comerciales, escuelas, hospitales y lugares de trabajo.
- También hay cada año miles de robos de vehículos, portonazos, asaltos, etc. Las vías públicas son peligrosas porque constituyen un medio propicio para la delincuencia.

La idea es que los estudiantes, en base a sus conocimientos de física y de las tecnologías que se derivan de ella (sensores, radares, cámaras de video, sistemas de posicionamiento global, etc.) diseñen soluciones plausibles para reducir los problemas que ocasiona un transporte vial deficiente; anticuado y poco inteligente.

<p><b>Nombre del proyecto</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Mejoremos el tránsito</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Haciéndolo más seguro, eficiente e inteligente</b></p>
<p><b>Problema central</b></p> <p>Diseñar un sistema vial, para la ciudad en que vivimos, que incorpore medidas de seguridad y control del flujo de vehículos (por ejemplo, semáforos inteligentes, control de velocidad según condiciones del tiempo, desvíos dependiendo de la congestión, etc.) controlado por una central que coordine la información satelital de cada vehículo apoyada también por drones. Definir además los dispositivos y accesorios (sensores, radares, GPS, etc.) con que deberían contar todos los vehículos motorizados.</p>

<b>Propósito</b>	
<p>El propósito es que los estudiantes utilicen los conocimientos y habilidades propias de la Física, la Matemática y de la Educación Ciudadana, para dar solución a una situación real, definiendo las estrategias más efectivas para controlar el flujo vehicular, previniendo accidentes, evitando las congestiones y reduciendo la contaminación; etc. y respetando las libertades y derechos de las personas.</p>	
<b>Objetivos de Aprendizaje</b>	<b>Preguntas</b>
<p><b>Física</b></p> <p><b>OA Conocimiento y comprensión</b></p> <p><b>OA 6</b> 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.</p> <p><b>Matemática</b></p> <p><b>OA Conocimientos y comprensión</b></p> <p><b>OA 3</b> 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.</p> <p><b>OA Habilidades</b></p> <p><b>OA a</b> Construir y evaluar estrategias de manera colaborativa al resolver problemas no rutinarios.</p> <p><b>OA c</b> Tomar decisiones fundamentadas en evidencia estadística y/o evaluación de resultados obtenidos a partir de un modelo probabilístico.</p> <p><b>OA e</b> Construir modelos realizando conexiones entre variables para predecir posibles escenarios de solución a un problema y tomar decisiones fundamentadas.</p> <p><b>Historia, Geografía y Ciencias Sociales</b></p> <p><b>OAS</b> Evaluar, a partir de la investigación, el estado medioambiente en Chile y América Latina, incluyendo efectos de distintas actividades humanas y acciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué dicen las estadísticas respecto de los accidentes de tránsito en Chile?</li> <li>• ¿Cuáles son los momentos y situaciones en que se producen mayor número de accidentes de tránsito?</li> <li>• ¿Cuáles son las principales causas de los accidentes de tránsito en Chile?</li> <li>• ¿Cómo nos puede ayudar la física a comprender el comportamiento del flujo de vehículos?</li> <li>• ¿Por qué hay tantos choques entre vehículos y atropellos a ciclistas y peatones en una época en que, con la tecnología que existe, no debieran producirse?</li> <li>• ¿Cuáles son los principales factores que inciden en la ocurrencia de accidentes viales?</li> <li>• ¿Qué medidas de seguridad debes adoptar como peatón o cómo ciclista?</li> <li>• ¿Cómo se podrán evitar los grandes tacos que se producen en algunos lugares en ciertos horarios?</li> <li>• ¿En qué medida la eliminación de la congestión vehicular puede contribuir con el ahorro de energía; reducción de la contaminación; ahorro de tiempo por parte de las personas y el aumento del bienestar de las personas?</li> <li>• ¿Qué leyes del tránsito sería necesario realizar y cómo fiscalizarlas respetando el derecho de las personas?</li> <li>• ¿Cómo será el tránsito en el futuro si el parque vehicular (automóviles, motos, bicicletas, etc.) continúa</li> </ul>

<p>emprendidas por los estados de la región para avanzar en sustentabilidad.</p> <p><b>Educación Ciudadana</b></p> <p><b>OA Conocimiento y comprensión</b></p> <p><b>OA 3</b> Analizar el impacto de diversos modelos de desarrollo y las políticas económicas en la vida cotidiana y en el cambio climático, en función de la sustentabilidad y del aseguramiento de una vida digna y justa para todos y todas con condiciones para el desarrollo personal y colectivo.</p> <p><b>OA Habilidades</b></p> <p><b>OA 7</b> Proponer formas de organización del territorio y del espacio público que promuevan la acción colectiva, la interculturalidad, la inclusión de la diversidad y el mejoramiento de la vida comunitaria.</p> <p><b>OA 8</b> Tomar decisiones fundadas en principios éticos, valores y virtudes públicas en las prácticas ciudadanas, resguardando la dignidad del otro y la vida en democracia.</p>	<p>creciendo del mismo modo que lo hace hoy?</p>
<p><b>Tipo de proyecto interdisciplinario STEM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Física</li> <li>• Matemática</li> <li>• Educación ciudadana</li> <li>• Tecnología</li> </ul>	
<p><b>Productos</b></p> <p>Elaborar modelos de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Calles, autopistas y carretera, con señalización electrónica para peatones, ciclistas y choferes de vehículos motorizados. Este modelo puede consistir en una maqueta real o en una simulación computacional.</li> <li>2) Vehículos motorizados con sistemas anti-accidentes. Este modelo puede ser simplemente descriptivo, aunque debe estar basado en tecnologías existentes.</li> </ol>	
<p><b>Habilidades y actitudes para el siglo XXI</b></p> <p>Pensamiento Crítico Pensamiento Creativo Trabajo Colaborativo</p>	

## Recursos

1. Para un modelo concreto, puede ser adecuado que los estudiantes construyan una maqueta, idealmente con materiales reciclados, para modelar el tránsito en calles, carreteras, autopistas, etc. como la de la imagen adjunta, que incluya semáforos, alumbrado público, sensores, señalética, etc. (Imagen nuestra)



2. Para un modelo abstracto, puede ser conveniente hacer uno de carácter virtual; es decir, una simulación computacional. Ella debe simular principalmente el movimiento de vehículos motorizados en calles, autopistas y carreteras; las señalizaciones y lo que ocurre cuando la densidad de vehículos es muy alta o cuando en los caminos hay cuellos de botella por barreras de peajes o accidentes en la ruta, entre muchas otras situaciones.

3. Un modelo ideal de un vehículo motorizado, preferentemente eléctrico, que cuente con tecnología antichoque; por ejemplo, que ajuste automáticamente su velocidad de acuerdo con las condiciones del pavimento; de visibilidad y condiciones climáticas; así como la distancia a otros vehículos ya en movimiento o en reposo; que se detenga automáticamente al detectar una persona en el camino; que detecte las condiciones física del chofer (por ejemplo, estado de ebriedad) y que no entre en funcionamiento si la persona no está en condiciones de manejar; que cuente con sistemas antirrobo; que esté conectado a una base de control de tránsito que le avise cambio de ruta para evitar las congestiones; etc.

## Etapas

- Fase 1: Comprensión del problema. Ayudar a los estudiantes a través de preguntas y actividades destinadas a descubrir que:
  - los accidentes de tránsito se pueden reducir considerablemente:
    - por medio de campañas destinadas a que los conductores tomen consciencia de sus responsabilidades cuando manejan un vehículo.
    - si se incrementa la fiscalización en los límites de velocidad, en la condición de los choferes (ingesta de alcohol y otras drogas), estado del vehículo, etc.
    - si los vehículos cuentan con moderna tecnología que los haga reducir su velocidad y/o detenerse en caso de proximidad a otro vehículo o persona.
  - las congestiones de vehículos que se producen en ciertos lugares y horarios se pueden reducir considerablemente:
    - con semáforos adecuadamente controlados; con la debida información a los choferes y con desvíos programados y calles y avenidas reversibles; etc.

- si se incentiva el uso del transporte público, de las bicicletas y otros medios livianos, frente al automóvil.
- o las soluciones a los problemas del tránsito pueden significar:
  - un gran ahorro de energía y recursos para el país y las personas.
  - para muchas personas, un incremento significativo en su calidad de vida.
- Fase 2: Diagnóstico y estadísticas del problema del tránsito vehicular en Chile. En esta fase los estudiantes realizan una investigación sobre el estado actual de la situación en nuestro país y las soluciones dadas en otros países. Para ello pueden analizar los contenidos de páginas web como las siguientes:
  - <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/>
  - <https://blogs.worldbank.org/es/voices/congestion-vehicular-contaminacion-accidentes-de-transito-podria-la-tecnolog-poner-fin-a-los-problemas>
  - <https://www.latercera.com/nacional/noticia/radiografia-los-accidentes-transito-chile-dias-donde-hora-ocurre-la-mayoria-los-siniestros/422921/>
  - <https://www.emol.com/noticias/Autos/2017/04/28/856132/Las-principales-causas-de-accidentes-en-Chile.html>
  - [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049_es.pdf)
- Fase 3: Para estudiar en base a modelos matemáticos el problema del tránsito, considerar páginas web como las siguientes:
  - <https://medium.com/@TomasDeCamino/la-matem%C3%A1tica-de-las-congestiones-de-tr%C3%A1fico-29681db8dbc0>
  - <https://www.emol.com/noticias/Autos/2016/09/06/820739/Disenan-sistema-que-predice-accidentes-de-transito.html>
- Fase 4: En esta fase los estudiantes se informan de la normativa legal que regula la conducta de distintos tipos de choferes y peatones. Estudian, por ejemplo, la “Ley Emilia”
- Fase 5: Construyen los modelos (maqueta real o simulación virtual), explicando cómo éste resuelve el problema de tránsito. Emplean conceptos matemáticos como intensidad de tránsito, densidad vehicular, entre otros.
- Fase 6: Elaboran las conclusiones de su investigación.
- Fase 7: Presentación de las conclusiones al curso.

### **Cronograma semanal**

#### Semana 1 (Fase 1)

- Plantear el problema.
- Guiar a los estudiantes a través de preguntas y actividades sobre las ventajas de resolver el problema del tránsito en muchos lugares y ocasiones.
- Constituir los equipos de trabajo y distribuir las tareas para cada integrante.

#### Semana 2 (Fase 2 y 3)

- Investigación sobre estadísticas de accidentes de tránsito y las leyes del tránsito.

#### Semana 3 (Fase 4 y 5)

- Construcción de alguno de los modelos propuestos y análisis de su funcionamiento

#### Semana 4 (Fase 6 y 7)

- Redacción de conclusiones en informe escrito en algún medio electrónico,
- Presentación de conclusiones al curso con algún medio electrónico.



**Evaluación formativa**

Resolución de casos para análisis de modelos.

**Evaluación sumativa**

Exposición del proyecto.

**Difusión final**

Exposición de las conclusiones frente a la comunidad y a través de redes sociales.

**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**

<https://www.parenttoolkit.com/academics/news/stem/what-is-all-this-stem-stuff?lang=es>

## Bibliografía

### Didáctica y enseñanza de las ciencias

- Buteler, L., Gangoso, Z., Brincones, I., González, M. (2001). La resolución de problemas en física y su representación: un estudio en la escuela media. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 285-295.
- Carrascosa, J., Lluís, J., Martínez-Torregrosa, J., Osuna, L., Verdú, R. (2016). Curso básico de didáctica de las ciencias enseñanza secundaria, profesorado de Ciencias en formación y en activo.
- Erduran, S. y Duschl, R. (2004). Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*, 40, 111-144.
- García-Carmona A., Criado, M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 107-124.
- Gómez, A., Quintanilla, M. (2015). *La Enseñanza de las Ciencias Naturales basada en Proyectos*. Bellaterra: Santiago.
- Labarrere, A., Quintanilla, M. (2001). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Revista Pensamiento Educativo*, PUC., 30, 121-138.
- 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*.
- Meinardi, E. (2010). *Educación en ciencias*. Buenos Aires: Paidós.
- Moreira, M.A (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 45-52.
- Quintanilla, M., Koponen, I. (2014). *Unidades Didácticas en Física y Matemática. Su contribución al desarrollo de pensamiento científico en la Enseñanza Media*. Santiago de Chile: Editorial Bellaterra Ltda.
- Taber, K. (2017). Models and modelling in science and science education. In Taber, K. & Akpan, B. *New directions in mathematics and science education*. Rotterdam: Sense Publishers.

### Naturaleza de las ciencias

- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez., Oliva-Martínez. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista científica*, 30(3), 155-166.
- Adúriz-Bravo, A. (2005) *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Chalmers, A. (2010) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (4ª edición). España: Siglo XXI.
- Feyerabend, P. (2013) *Filosofía natural*. Buenos Aires: Debate.
- Forato, T., Martins, R. y Pietrocola, M. (2011). Historiografía e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59.
- Maudin, T. (2014) *Filosofía de la física. I. El espacio y el tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Quintanilla, M., Daza, S., Cabrera, H. (2014). Historia y Filosofía de las Ciencia. Aportes para una "nueva aulas de ciencia", promotora de ciudadanía y valores. Bellaterra: Santiago.

**Ciencias físicas, ciencias de la Tierra y del universo**

- Briceño, K. (Ed.). (2019). Somos Naturaleza. Guía práctica de permacultura y educación ambiental. Santiago: Creative Commons.
- Capra, F. (2000). El tao de la física. Barcelona: Editorial Sirio.
- Flores, N., Figueroa, J. (2007). Física Moderna. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- Hamuy, M., Maza, J. (2008). Supernovas. El explosivo final de una estrella. Santiago: Ediciones b.
- Hewitt, P. (2004). Física conceptual. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- Holton, J. (2004). An introduction to dynamic meteorology. San Diego: Elsevier Academic Press.
- Holmgren, D. (2012). Permacultura: Principios y senderos más allá de la sustentabilidad. Buenos Aires: Editorial Kaicron.
- Informe IPCC (2013). Cambio Climático. Bases físicas.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Guía de apoyo docente en Cambio Climático.
- Morin, E. (1990). Introducción al Pensamiento Complejo. España: Gedisa Editorial.
- Padilla, N. (2013). El universo extremo. La historia del cosmos con telescopios, satélites y supercomputadores. Santiago: Ed. B.
- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. (2009). Física. D.F: Grupo Editorial Patria.
- Rojas, I. (2010). Astronomía Elemental Valparaíso: Editorial USM.
- Serway, R., Vuille, C. (2012). Fundamentos de Física D.F: Cengage Learning.
- Tarbuck, E., Lutgens, F., Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Madrid: Pearson.
- Wallace, J., Hobbs, P. (2006). Atmospheric Science. San Diego: Elsevier Academic Press.

## 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	Química	Física	Matemáticas
	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 sorprendente; 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 sorprendidas.</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 los 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>Tiene una sola y/o simple respuesta.</li> <li>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>Abierta: hay más de una respuesta correcta.</li> <li>Comprensible e inspiradora para los estudiantes.</li> <li>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 style="text-align: center;"><b>4</b></p> <p style="text-align: center;"><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 (uuh, 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 style="text-align: center;"><b>5</b></p> <p style="text-align: center;"><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 style="text-align: center;"><b>6</b></p> <p style="text-align: center;"><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 style="text-align: center;"><b>7</b></p> <p style="text-align: center;"><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>