



Programa de los
Años Intermedios

Guía de Ciencias

Para uso a partir de septiembre de 2014 o enero de 2015



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional



Programa de los
Años Intermedios

Guía de Ciencias

Para uso a partir de septiembre de 2014 o enero de 2015



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programa de los Años Intermedios

Guía de Ciencias

Versión en español del documento publicado en mayo de 2014 con el título
Sciences guide

Publicada en mayo de 2014

Publicada en nombre de la Organización del Bachillerato Internacional, una fundación educativa sin fines de lucro con sede en 15 Route des Morillons, 1218 Le Grand-Saconnex, Ginebra (Suiza), por

International Baccalaureate Organization Ltd (Reino Unido)
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Wales CF23 8GL
Reino Unido
Sitio web: www.ibo.org

© Organización del Bachillerato Internacional, 2014

La Organización del Bachillerato Internacional (conocida como IB) ofrece cuatro programas educativos exigentes y de calidad a una comunidad de colegios en todo el mundo, con el propósito de crear un mundo mejor y más pacífico. Esta publicación forma parte de una gama de materiales producidos con el fin de apoyar dichos programas.

El IB puede utilizar diversas fuentes en su trabajo y comprueba la información para verificar su exactitud y autoría original, en especial al hacer uso de fuentes de conocimiento comunitario, como Wikipedia. El IB respeta la propiedad intelectual, y hace denodados esfuerzos por identificar y obtener la debida autorización de los titulares de los derechos antes de la publicación de todo material protegido por derechos de autor utilizado. El IB agradece la autorización recibida para utilizar el material incluido en esta publicación y enmendará cualquier error u omisión lo antes posible.

El uso del género masculino en esta publicación no tiene un propósito discriminatorio y se justifica únicamente como medio para hacer el texto más fluido. Se pretende que el español utilizado sea comprensible para todos los hablantes de esta lengua y no refleje una variante particular o regional de la misma.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede reproducirse, almacenarse o distribuirse de forma total o parcial, en manera alguna ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del IB, sin perjuicio de lo estipulado expresamente por la ley o por la política y normativa de uso de la propiedad intelectual del IB. Véase la página <http://www.ibo.org/es/copyright> del sitio web público del IB para más información.

Los artículos promocionales y las publicaciones del IB pueden adquirirse en la tienda virtual del IB, disponible en <http://store.ibo.org>.

Correo-e: sales@ibo.org

Publicada gracias a una generosa donación de los colegios Sinarmas World Academy y
Jakarta World Academy (Indonesia)

Declaración de principios del IB

El Bachillerato Internacional tiene como meta formar jóvenes solidarios, informados y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

En pos de este objetivo, la organización colabora con establecimientos escolares, gobiernos y organizaciones internacionales para crear y desarrollar programas de educación internacional exigentes y métodos de evaluación rigurosos.

Estos programas alientan a estudiantes del mundo entero a adoptar una actitud activa de aprendizaje durante toda su vida, a ser compasivos y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto.



Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB

El objetivo fundamental de los programas del Bachillerato Internacional (IB) es formar personas con mentalidad internacional que, conscientes de la condición que las une como seres humanos y de la responsabilidad que comparten de velar por el planeta, contribuyan a crear un mundo mejor y más pacífico.

Como miembros de la comunidad de aprendizaje del IB, nos esforzamos por ser:

INDAGADORES

Cultivamos nuestra curiosidad, a la vez que desarrollamos habilidades para la indagación y la investigación. Sabemos cómo aprender de manera autónoma y junto con otros. Aprendemos con entusiasmo y mantenemos estas ansias de aprender durante toda la vida.

INFORMADOS E INSTRUIDOS

Desarrollamos y usamos nuestra comprensión conceptual mediante la exploración del conocimiento en una variedad de disciplinas. Nos comprometemos con ideas y cuestiones de importancia local y mundial.

PENSADORES

Utilizamos habilidades de pensamiento crítico y creativo para analizar y proceder de manera responsable ante problemas complejos. Actuamos por propia iniciativa al tomar decisiones razonadas y éticas.

BUENOS COMUNICADORES

Nos expresamos con confianza y creatividad en diversas lenguas, lenguajes y maneras. Colaboramos eficazmente, escuchando atentamente las perspectivas de otras personas y grupos.

ÍNTEGROS

Actuamos con integridad y honradez, con un profundo sentido de la equidad, la justicia y el respeto por la dignidad y los derechos de las personas en todo el mundo. Asumimos la responsabilidad de nuestros propios actos y sus consecuencias.

DE MENTALIDAD ABIERTA

Desarrollamos una apreciación crítica de nuestras propias culturas e historias personales, así como de los valores y tradiciones de los demás. Buscamos y consideramos distintos puntos de vista y estamos dispuestos a aprender de la experiencia.

SOLIDARIOS

Mostramos empatía, sensibilidad y respeto. Nos comprometemos a ayudar a los demás y actuamos con el propósito de influir positivamente en la vida de las personas y el mundo que nos rodea.

AUDACES

Abordamos la incertidumbre con previsión y determinación. Trabajamos de manera autónoma y colaborativa para explorar nuevas ideas y estrategias innovadoras. Mostramos ingenio y resiliencia cuando enfrentamos cambios y desafíos.

EQUILIBRADOS

Entendemos la importancia del equilibrio físico, mental y emocional para lograr el bienestar propio y el de los demás. Reconocemos nuestra interdependencia con respecto a otras personas y al mundo en que vivimos.

REFLEXIVOS

Evaluamos detenidamente el mundo y nuestras propias ideas y experiencias. Nos esforzamos por comprender nuestras fortalezas y debilidades para, de este modo, contribuir a nuestro aprendizaje y desarrollo personal.

El perfil de la comunidad de aprendizaje engloba diez atributos valorados por los Colegios del Mundo del IB. Estamos convencidos de que estos atributos, y otros similares, pueden ayudar a personas y grupos a ser miembros responsables de las comunidades locales, nacionales y mundiales.

Índice

Introducción	1
Propósito de esta guía	1
Ciencias en el PAI	2
Modelo del programa	2
Naturaleza de Ciencias	4
Ciencias en el continuo de programas del IB	5
Objetivos generales	8
Objetivos específicos	9
Planificación de la progresión del aprendizaje	12
Aprendizaje interdisciplinario	15
Proyectos del PAI	16
El currículo escrito y enseñado	17
Requisitos	17
Planificación del currículo de Ciencias	18
Enseñanza y aprendizaje a través de la indagación	19
Orientación específica	26
El currículo evaluado	29
Correspondencia entre los objetivos específicos y los criterios de evaluación	29
Resumen de los criterios de evaluación	30
Criterios de evaluación de Ciencias: primer año	31
Criterios de evaluación de Ciencias: tercer año	36
Criterios de evaluación de Ciencias: quinto año	42
Evaluación electrónica	48
Apéndices	49
Conceptos relacionados de Ciencias	49
Glosario de Ciencias	51
Términos de instrucción del PAI en Ciencias	53
Lecturas seleccionadas	54

Propósito de esta guía

Esta guía se utilizará a partir de septiembre de 2014 o enero de 2015, dependiendo del comienzo del año académico en cada colegio.

Este documento proporciona el marco para la enseñanza y el aprendizaje de Ciencias en el Programa de los Años Intermedios (PAI), y debe leerse y utilizarse junto con la publicación *El Programa de los Años Intermedios: de los principios a la práctica* (mayo de 2014), que incluye:

- Información general acerca del programa
- El planificador de unidades del PAI, así como orientación para el desarrollo del currículo en todos los grupos de asignaturas
- Información detallada sobre Enfoques del Aprendizaje
- Asesoramiento para facilitar el acceso y la inclusión de todos los alumnos (incluidas adaptaciones para alumnos con necesidades de apoyo para el aprendizaje)
- Una declaración sobre la probidad académica

En las guías de las asignaturas del PAI, los requisitos aparecen en cuadros de texto como este.

Otros recursos

En el Centro pedagógico en línea (<http://occ.ibo.org>) hay disponibles materiales de ayuda al profesor. El material de ayuda al profesor de Ciencias ofrece orientación para desarrollar el currículo escrito, enseñado y evaluado, y proporciona ejemplos de buenas prácticas que incluyen descripciones del curso, tareas de evaluación y esquemas de calificación, así como trabajos de los alumnos con comentarios del profesor.

Mediante un proceso opcional de evaluación moderada externamente es posible obtener el **documento de resultados del PAI del IB** para los cursos de Ciencias, y estos resultados pueden contribuir a la obtención de un **certificado del PAI del IB**. Para más información, véase la publicación anual *Manual de procedimientos del Programa de los Años Intermedios*.

En la tienda virtual del IB (<http://store.ibo.org>) hay disponible una amplia gama de publicaciones para el PAI.

Agradecimientos

El IB agradece las generosas contribuciones de los Colegios del Mundo del IB y de la comunidad global de educadores que colaboran en el desarrollo del Programa de los Años Intermedios (PAI).

Modelo del programa



Figura 1

Modelo del Programa de los Años Intermedios

El PAI, destinado a alumnos de 11 a 16 años, proporciona un marco para el aprendizaje que anima a los alumnos a convertirse en pensadores creativos, críticos y reflexivos. El PAI hace hincapié en el desafío intelectual, y los estimula a establecer conexiones entre las disciplinas tradicionales que estudian y el mundo real. Fomenta el desarrollo de habilidades comunicativas, el entendimiento intercultural y el compromiso global, cualidades esenciales para los jóvenes que serán futuros líderes globales.

El PAI es lo suficientemente flexible como para dar cabida a los requisitos de la mayoría de los currículos nacionales o locales. Se apoya en los conocimientos, habilidades y actitudes desarrollados en el Programa de la Escuela Primaria (PEP) del IB y prepara a los alumnos para afrontar los desafíos académicos del Programa de la Diploma (PD) del IB y del Certificado de Estudios con Orientación Profesional del IB (COPIB).

El PAI:

- Aborda de manera holística el **bienestar** intelectual, social, emocional y físico de los alumnos
- Brinda a los alumnos oportunidades de desarrollar los **conocimientos, actitudes y habilidades** que necesitan para manejar situaciones complejas y actuar de modo responsable en el futuro

- Garantiza la amplitud y profundidad de la comprensión mediante el estudio de **ocho grupos de asignaturas**
- Requiere que los alumnos estudien al menos **dos lenguas** para fomentar su comprensión de sus propias culturas y las de otras personas
- Capacita a los alumnos para participar activamente en el **servicio a la comunidad**
- Contribuye a preparar a los alumnos para la **educación superior**, el **mundo laboral** y para **continuar aprendiendo durante toda la vida**

Naturaleza de Ciencias

Sabio no es aquel que da las respuestas correctas: es el que hace las preguntas correctas.

Claude Lévi-Strauss

Con la indagación como base, el marco de Ciencias del PAI aspira a guiar a los alumnos para que exploren cuestiones de manera independiente y colaborativa mediante la investigación, la observación y la experimentación. El currículo de Ciencias del PAI debe explorar las relaciones que existen entre la ciencia y la vida cotidiana. Mediante la investigación de ejemplos reales de aplicaciones de la ciencia, los alumnos descubrirán las tensiones y las dependencias que existen entre la ciencia y la moral, la ética, la cultura, la economía, la política y el medio ambiente.

La indagación científica fomenta también el pensamiento crítico y creativo sobre la investigación y el diseño, así como la identificación de supuestos y explicaciones alternativas. Los alumnos deben aprender a apreciar y respetar las ideas de los demás, adquirir buenas habilidades de razonamiento ético y profundizar su sentido de la responsabilidad como miembros de comunidades locales y globales.

El aprendizaje de las ciencias supone mucho más que aprender terminología técnica. En el PAI, se considera que todos los docentes son profesores de lengua y, por consiguiente, Ciencias del PAI debe permitir a los alumnos acceder a los conocimientos científicos, utilizarlos y comunicarlos correctamente y con confianza de manera oral, escrita y visual.

Ciencias en el continuo de programas del IB

El continuo de programas de educación internacional del IB ofrece una progresión del aprendizaje a los alumnos de 3 a 19 años. En el PEP, las ciencias se consideran una vía para explorar aspectos del mundo natural. Las ciencias en los programas del IB estimulan la indagación, la curiosidad y el ingenio. Los alumnos desarrollarán una comprensión de los recursos de una sociedad científica y tecnológica que cambia rápida y constantemente, y entenderán cómo utilizar sabiamente dichos recursos. El currículo de Ciencias del PAI parte de los aprendizajes y experiencias que los alumnos han adquirido en el PEP y en otros programas de educación primaria centrados en el alumno. No existen requisitos formales en cuanto a conocimientos previos.

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias tienen lugar principalmente mediante indagaciones estructuradas en el contexto de unidades interdisciplinarias. Para explorar cuestiones científicas, se fomenta que los alumnos formulen sus propias preguntas y encuentren respuestas a estas mediante la investigación y la experimentación.

La indagación científica hace que los alumnos desarrollen una manera de pensar y un conjunto de habilidades y procesos que pueden utilizar para abordar con confianza el componente de evaluación interna de las asignaturas de Biología, Física y Química del PD. Además, los objetivos específicos y los criterios de evaluación de Ciencias del PAI se corresponden con los objetivos específicos y los criterios de evaluación interna de Ciencias del PD, lo que facilita la transición del PAI al PD (véanse las figuras 2 y 3).

Todos los programas del IB comparten principios y valores comunes acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias:

- **Dimensión internacional:** los alumnos aprenden a apreciar que la ciencia exige mentalidad abierta y libertad de pensamiento, y trasciende las fronteras políticas, culturales, lingüísticas, nacionales, religiosas y de género.
- **Dimensión estética:** los alumnos se adentran en las complejidades y la belleza de las ciencias, lo cual despierta su curiosidad y potencia el aprendizaje.
- **Dimensión ética:** los alumnos reflexionan sobre las implicaciones éticas, sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales del uso de la ciencia para resolver problemas concretos. Asimismo, desarrollan una postura ética y personal sobre las cuestiones relacionadas con las ciencias.
- **Aprendizaje mediante la investigación:** los alumnos construyen significado diseñando y llevando a cabo investigaciones científicas, y reflexionando sobre estas. El proceso científico, que fomenta la experimentación directa, la indagación y el pensamiento crítico, permite que los alumnos tomen decisiones bien fundadas y responsables, no solo en lo que respecta a las ciencias, sino también en otros aspectos de la vida.
- **Colaboración:** los alumnos disponen de oportunidades para trabajar individualmente y con sus compañeros con el fin de aprender sobre las ciencias dentro y fuera del aula. Adquieren hábitos de trabajo seguros y responsables al realizar prácticas científicas.

El perfil de la comunidad de aprendizaje del IB proporciona una base firme para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en los programas del IB, y es fundamental para su aplicación satisfactoria.

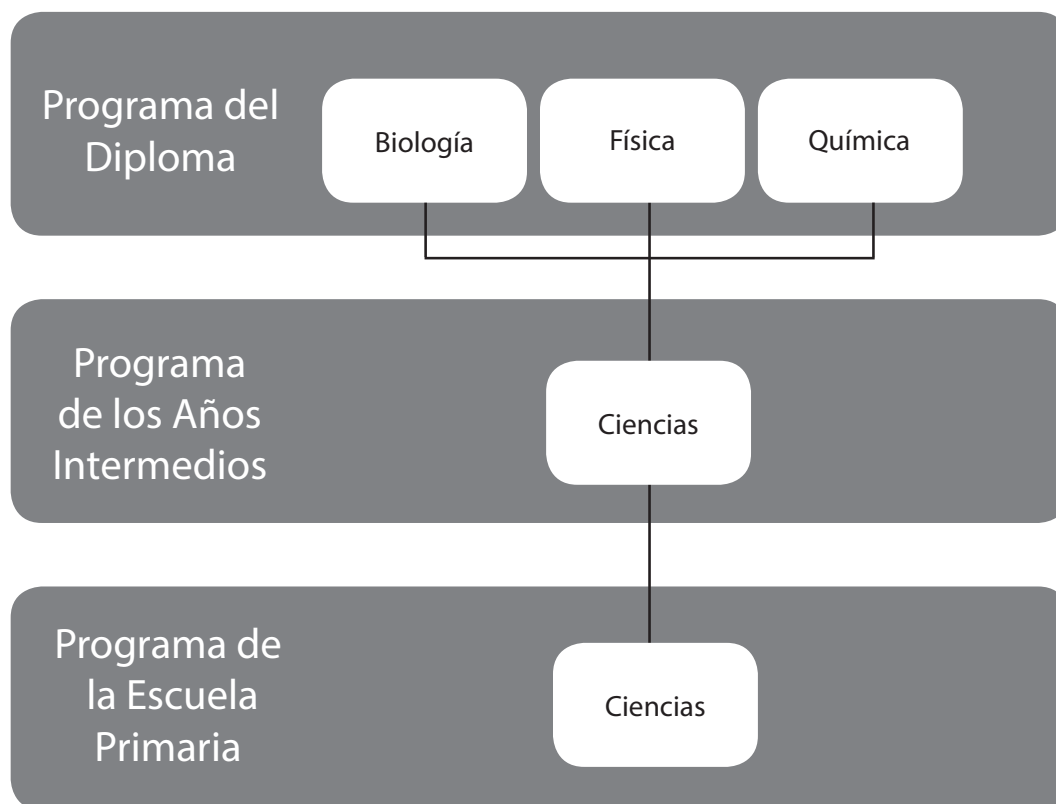


Figura 2

Áreas disciplinarias que conducen a las asignaturas de Biología, Física y Química del Programa del Diploma

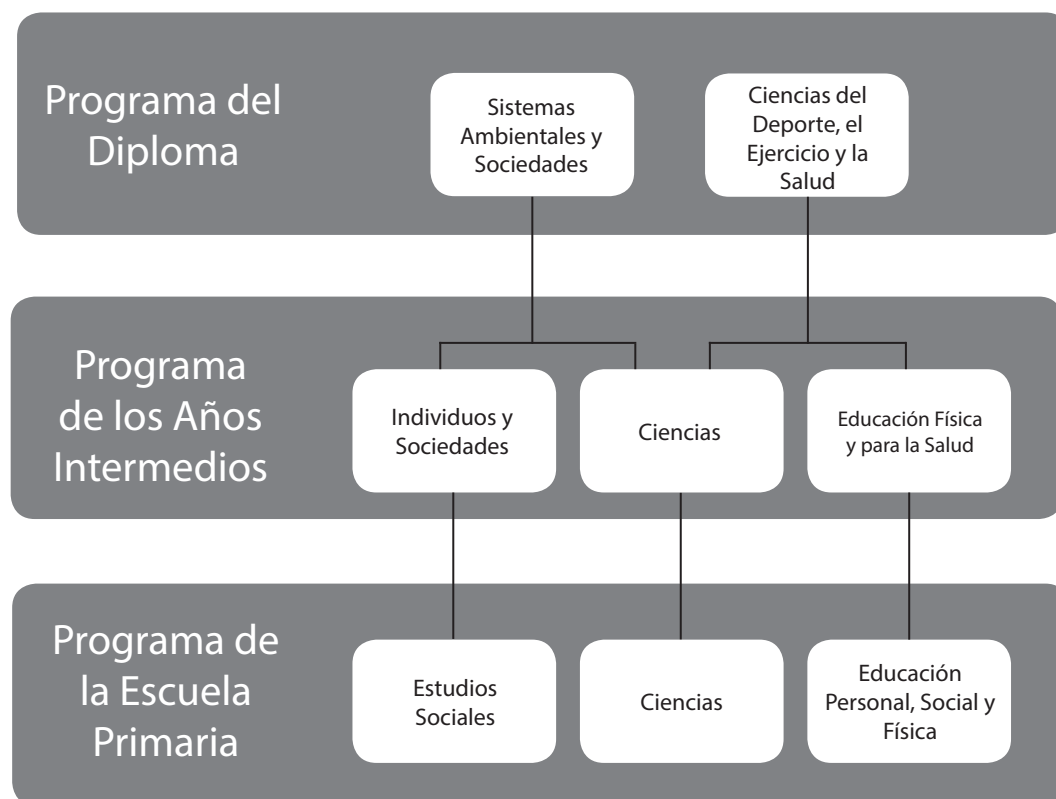


Figura 3

Áreas disciplinarias que conducen a las asignaturas de Sistemas Ambientales y Sociedades, y Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud del Programa del Diploma

Ciencias del PAI también ayuda a preparar a los alumnos para obtener buenos resultados en el Programa del Diploma del IB en general.

Los conocimientos, habilidades y actitudes que los alumnos desarrollan en los cursos de Ciencias les aportan unas bases útiles para futuros estudios y contribuyen a prepararlos para futuras carreras profesionales en la investigación académica y empresarial, como ayudantes y responsables de laboratorio, en consultoría científica para una variedad de compañías y ONG, en la enseñanza, el trabajo de campo y el periodismo.

Objetivos generales

Los objetivos generales de todas las asignaturas del PAI formulan lo que se espera que el profesor enseñe durante el curso y lo que el alumno podrá experimentar o aprender en las clases. Además, sugieren las formas en que la experiencia de aprendizaje puede transformar al alumno.

Los objetivos generales de Ciencias del PAI son fomentar y facilitar que los alumnos:

- Comprendan y valoren la ciencia y sus implicaciones
- Consideren la ciencia como una actividad humana que presenta beneficios y limitaciones
- Se formen una mentalidad analítica, indagadora y flexible para plantear preguntas, resolver problemas, elaborar explicaciones y juzgar argumentos
- Desarrollen habilidades para diseñar y llevar a cabo investigaciones, evaluar pruebas y llegar a conclusiones
- Adquieran conciencia de la necesidad de colaborar y comunicarse de manera eficaz
- Apliquen sus conocimientos y habilidades lingüísticas en una variedad de situaciones de la vida real
- Desarrollen sensibilidad hacia los elementos vivos e inertes del entorno
- Reflexionen sobre las experiencias de aprendizaje y tomen decisiones fundadas

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de todas las asignaturas del PAI formulan los fines concretos que se persiguen con el aprendizaje de la asignatura. Establecen lo que el alumno será capaz de hacer como resultado de haber estudiado la asignatura.

Los objetivos específicos de Ciencias del PAI engloban las dimensiones fáctica, conceptual, procedimental y metacognitiva del conocimiento.

Cada objetivo específico consta de varios **aspectos** o indicadores de las expectativas de aprendizaje.

Los grupos de asignaturas **deben** abordar **todos** los aspectos de **todos** los objetivos específicos **al menos dos veces** en cada año del PAI.

Esta guía incluye los objetivos específicos del primer, tercer y quinto año del programa, cuyo uso es obligatorio.

Estos objetivos específicos están directamente relacionados con los criterios de evaluación que figuran en la sección “El currículo evaluado” de esta guía.

En conjunto, los objetivos específicos reflejan la naturaleza holística de las ciencias y el trabajo de los científicos en el mundo real. Permiten a los alumnos adentrarse en todos los aspectos de las ciencias, ya sea mediante objetivos específicos concretos o mediante procesos conectados.

A. Conocimiento y comprensión

Los alumnos desarrollan conocimientos científicos (hechos, ideas, conceptos, procesos, leyes, principios, modelos y teorías) y los aplican para resolver problemas y emitir juicios con base científica.

Este objetivo específico debe evaluarse mediante pruebas o exámenes. Para lograr este objetivo al máximo nivel, los alumnos deben emitir juicios con base científica sobre la validez o la calidad de la información que se les presente. Las tareas de evaluación pueden incluir preguntas relacionadas con “afirmaciones científicas” presentadas en artículos de los medios de comunicación, o los resultados y las conclusiones de experimentos llevados a cabo por otras personas, o cualquier pregunta que invite a los alumnos a analizar y examinar la información y que les permita esbozar argumentos sobre su validez o calidad mediante el uso de sus conocimientos y comprensión de la ciencia.

Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:

- i. Explicar conocimientos científicos
- ii. Aplicar conocimientos y comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas
- iii. Analizar y evaluar información para emitir juicios con base científica

B. Indagación y diseño

Las habilidades intelectuales y prácticas se desarrollan mediante el diseño, el análisis y la realización de investigaciones científicas. Si bien el método científico abarca una amplia variedad de enfoques, el PAI hace hincapié en el trabajo experimental y la indagación científica.

Cuando los alumnos diseñan una investigación científica deben desarrollar un método que les permita obtener datos suficientes como para poder responder al problema o la pregunta. A fin de que los alumnos puedan diseñar investigaciones científicas de manera independiente, los profesores deben plantearles un problema abierto para investigar. Un problema abierto es aquel que comprende varias variables independientes adecuadas para la investigación y donde existe margen suficiente para identificar variables tanto independientes como controladas. Para lograr el nivel más alto en el aspecto relativo al diseño de un método lógico, completo y seguro, los alumnos tienen que incluir únicamente la información pertinente en el orden correcto.

Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:

- i. Explicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica
- ii. Formular una hipótesis comprobable y explicarla mediante un razonamiento científico
- iii. Explicar cómo manipular las variables y explicar cómo se obtendrán los datos
- iv. Diseñar investigaciones científicas

C. Procesamiento y evaluación

Los alumnos obtienen, procesan e interpretan datos cuantitativos o cualitativos y explican conclusiones a las que han llegado de manera pertinente. Ciencias del PAI ayuda a los alumnos a desarrollar habilidades de pensamiento analítico que pueden utilizar para evaluar el método y explicar las mejoras o ampliaciones que podrían efectuarse.

Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:

- i. Presentar los datos obtenidos y transformados
- ii. Interpretar los datos y explicar los resultados mediante un razonamiento científico
- iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica
- iv. Evaluar la validez del método
- v. Explicar las mejoras o ampliaciones del método

D. Reflexión sobre el impacto de la ciencia

Los alumnos adquieren una comprensión global de la ciencia mediante la evaluación de las implicaciones de los avances científicos y sus aplicaciones a una cuestión o un problema concretos. Para demostrar su comprensión, aplicarán lenguaje científico variado. Los alumnos deben ser conscientes de la importancia de documentar el trabajo de otras personas al comunicar información científica.

Los alumnos deben reflexionar sobre las implicaciones del uso de la ciencia, interactuando con uno de los siguientes factores: morales, éticos, sociales, económicos, políticos, culturales o ambientales, según sea pertinente para la tarea. El factor elegido por el alumno puede estar interrelacionado con otros factores.

Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:

- i. Explicar de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos
- ii. Discutir y evaluar las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos
- iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz
- iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilicen

Planificación de la progresión del aprendizaje

Primer año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:	Tercer año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:	Quinto año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:
Objetivo específico A: Conocimiento y comprensión		
<ul style="list-style-type: none"> i. Esbozar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas y sugerir soluciones a problemas en situaciones desconocidas iii. Interpretar información para emitir juicios con base científica 	<ul style="list-style-type: none"> i. Describir conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas iii. Analizar información para emitir juicios con base científica 	<ul style="list-style-type: none"> i. Explicar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas iii. Analizar y evaluar información para emitir juicios con base científica
Objetivo específico B: Indagación y diseño		
<ul style="list-style-type: none"> i. Esbozar un problema o una pregunta adecuados que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una predicción comprobable mediante un razonamiento científico iii. Esbozar cómo manipular las variables y Esbozar cómo se obtendrán los datos iv. Diseñar investigaciones científicas 	<ul style="list-style-type: none"> i. Describir un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una hipótesis comprobable y explicarla mediante un razonamiento científico iii. Describir cómo manipular las variables y describir cómo se obtendrán los datos iv. Diseñar investigaciones científicas 	<ul style="list-style-type: none"> i. Explicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Formular una hipótesis comprobable y explicarla mediante un razonamiento científico iii. Explicar cómo manipular las variables y explicar cómo se obtendrán los datos iv. Diseñar investigaciones científicas

Primer año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:	Tercer año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:	Quinto año Para lograr los objetivos generales de Ciencias, los alumnos deben ser capaces de:
Objetivo específico C: Procesamiento y evaluación		
i. Presentar los datos obtenidos y transformados ii. Interpretar los datos y Esbozar los resultados mediante un razonamiento científico iii. Discutir la validez de una predicción según el resultado de la investigación científica iv. Discutir la validez del método v. Describir las mejoras o ampliaciones del método	i. Presentar los datos obtenidos y transformados ii. Interpretar los datos y describir los resultados mediante un razonamiento científico iii. Discutir la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica iv. Discutir la validez del método v. Describir las mejoras o ampliaciones del método	i. Presentar los datos obtenidos y transformados ii. Interpretar los datos y explicar los resultados mediante un razonamiento científico iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica iv. Evaluar la validez del método v. Explicar las mejoras o ampliaciones del método
Objetivo específico D: Reflexión sobre el impacto de la ciencia		
i. Resumir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Describir y resumir las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilicen	i. Describir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Discutir y analizar las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilicen	i. Explicar de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Discutir y evaluar las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilicen

A lo largo del programa, los alumnos deben trabajar los contenidos del currículo y se espera que demuestren su comprensión con niveles de complejidad cada vez mayores.

La gama de habilidades, técnicas, estrategias y conceptos evaluados, así como la complejidad de su aplicación, deberán incrementarse a medida que los alumnos avancen en el programa.

Visualización del proceso científico

El proceso científico de indagación, diseño, procesamiento y evaluación está representado en los objetivos específicos B (Indagación y diseño) y C (Procesamiento y evaluación) de Ciencias del PAI. La figura 4 es una representación visual de la relación dinámica que existe entre las cuatro áreas del diseño experimental y la comunicación de los resultados experimentales.

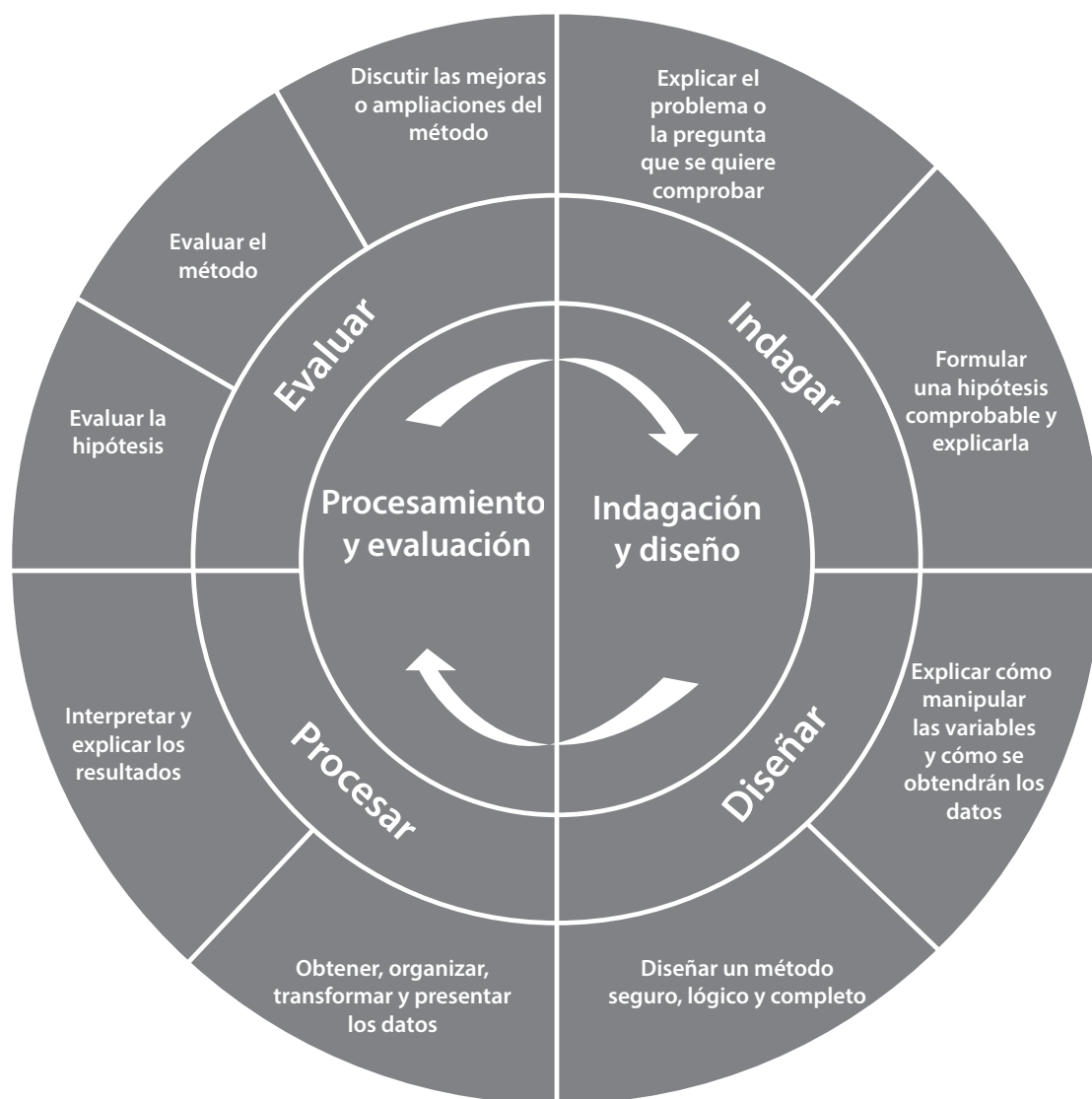


Figura 4
El ciclo experimental

Aprendizaje interdisciplinario

La enseñanza y el aprendizaje interdisciplinarios se basan en las disciplinas y los grupos de asignaturas, pero amplían la comprensión disciplinaria:

- **De manera integradora:** aunando conceptos, métodos o modos de comunicación de dos o más grupos de asignaturas, disciplinas o áreas de conocimiento establecidas para dar lugar a nuevas perspectivas
- **Con un fin determinado:** conectando disciplinas para resolver problemas reales, crear productos o abordar cuestiones complejas de formas que difícilmente habrían sido posibles mediante un solo enfoque

La enseñanza y el aprendizaje interdisciplinarios dan lugar a un currículo cohesivo que aborda las necesidades de desarrollo de los alumnos del PAI y los prepara para futuros estudios académicos (inter)disciplinarios, y para la vida en un mundo cada vez más interconectado.

El PAI utiliza conceptos y contextos como puntos de partida para la integración significativa y la transferencia de conocimientos entre grupos de asignaturas y disciplinas. La publicación *Promoción de la enseñanza y el aprendizaje interdisciplinarios en los colegios del PAI* (2014) ofrece más información y detalla un proceso de planificación y registro de unidades interdisciplinarias.

Los colegios que ofrecen el PAI deben asegurarse de que los alumnos cursen, como mínimo, una unidad interdisciplinaria planificada de forma colaborativa en cada año del programa.

Ciencias del PAI brinda numerosas oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje interdisciplinarios. Las unidades interdisciplinarias de este grupo de asignaturas podrían incluir indagaciones sobre:

- El uso de las matemáticas para interpretar y presentar datos
- El diseño de la iluminación y el sonido para producciones artísticas mediante un análisis cuantitativo
- Las propiedades de materiales para proyectos de diseño

El aprendizaje interdisciplinario puede tener lugar en actividades a pequeña y gran escala. El verdadero aprendizaje interdisciplinario suele requerir una reflexión crítica y una planificación colaborativa detallada. No obstante, los profesores y los alumnos también pueden establecer conexiones interdisciplinarias mediante conversaciones y experiencias de aprendizaje espontáneas.

Los profesores de todos los grupos de asignaturas del PAI tienen la responsabilidad de crear continuamente oportunidades significativas para la enseñanza y el aprendizaje interdisciplinarios.

Proyectos del PAI

El Proyecto Comunitario del PAI (para alumnos del tercer y cuarto año) y el Proyecto Personal del PAI (para alumnos del quinto año) fomentan y hacen posible una indagación continua dentro de un contexto global que da lugar a nuevas perspectivas y una comprensión más profunda. Estas experiencias culminantes desarrollan la confianza de los alumnos en sí mismos como personas íntegras con una actitud de aprendizaje durante toda la vida. Asimismo, refuerzan su capacidad de valorar su propio aprendizaje y comunicarse eficazmente, y hacen que se enorgullezcan de sus logros.

Los cursos de Ciencias ayudan a los alumnos a desarrollar habilidades clave del área de Enfoques del Aprendizaje (antes Aprender a Aprender) que les permiten disfrutar de los proyectos del PAI y obtener buenos resultados. En este grupo de asignaturas, los alumnos cuentan con considerables oportunidades para practicar las habilidades de Enfoques del Aprendizaje, en particular las de organizar y representar información de manera lógica. Las habilidades de colaboración también son un aspecto esencial de la actividad científica.

Los alumnos encuentran inspiración para sus proyectos en las experiencias de aprendizaje de este grupo de asignaturas. El interés de los alumnos por el mundo natural y las innovaciones tecnológicas les ofrece numerosos puntos de partida para desarrollar proyectos de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Ciencias del PAI brinda numerosas oportunidades para el aprendizaje mediante la acción. Los proyectos comunitarios y los proyectos personales pueden incluir indagaciones inspiradas en las ciencias, como las siguientes:

- Principios científicos y fenómenos naturales de interés personal
- Aplicaciones de la ciencia para resolver problemas prácticos
- Desafíos individuales, comunitarios o globales que requieren comprensión científica
- La alfabetización científica en las comunidades locales y nacionales
- El impacto de las innovaciones y los avances científicos

Requisitos

Horas lectivas

Los colegios deben dedicar las horas lectivas necesarias para cumplir los requisitos de Ciencias del PAI.

El PAI requiere dedicar al menos 50 horas lectivas a cada grupo de asignaturas en cada año del programa.

No obstante, en la práctica suelen ser necesarias más horas, no solo para cumplir los objetivos generales y específicos del grupo de asignaturas, sino también para poder enseñar las disciplinas simultáneamente, con continuidad y en cada año del programa, lo cual hace posible el aprendizaje interdisciplinario.

Si los alumnos desean obtener el documento de resultados del PAI del IB que pueden contribuir al certificado del PAI del IB, los cursos de Ciencias deben incluir al menos 70 horas lectivas en cada uno de los dos últimos años del programa (cuarto y quinto año).

Organización de Ciencias en el colegio

Los cursos de Ciencias del PAI generalmente incluyen Biología, Física y Química, pero los colegios también pueden desarrollar y ofrecer otros cursos, siempre que estos permitan a los alumnos alcanzar los objetivos generales y específicos de Ciencias del IB. Algunos de estos cursos pueden ser Ciencias Ambientales, Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas, Ciencias del Deporte, Ciencias de la Salud o Ciencias de la Tierra.

Si bien la forma en que los colegios estructuran el currículo de Ciencias a lo largo de los cinco años del programa puede variar, los cursos de este grupo de asignaturas deben ser independientes entre sí o modulares.

Los cursos de Ciencias independientes entre sí suelen ser Biología, Física y Química, aunque también pueden incluir otras disciplinas científicas. Estos cursos pueden incluir unidades interdisciplinarias de ciencias que exploren conceptos, habilidades y procesos de dos o más disciplinas científicas, siempre que los profesores:

- Utilicen los conceptos relacionados de la disciplina principal del curso
- Dediquen como mínimo el 50% de las horas lectivas a la disciplina principal del curso

Los cursos modulares de Ciencias incluyen dos o más disciplinas científicas independientes entre sí, que se imparten de manera rotatoria. Estos cursos también pueden incluir unidades interdisciplinarias de ciencias, siempre que:

- Los colegios identifiquen claramente los logros de los alumnos con respecto a los objetivos específicos de Ciencias del PAI para cada disciplina
- Exista un equilibrio entre las disciplinas científicas elegidas

En **cada año** de Ciencias del PAI, todos los alumnos deberán realizar de manera independiente una **investigación científica** que se evalúe con el **criterio B** (Indagación y diseño) y el **criterio C** (Procesamiento y evaluación).

Planificación del currículo de Ciencias

Los Colegios del Mundo del IB son responsables de desarrollar y estructurar los cursos de Ciencias de forma que permitan a los alumnos alcanzar los objetivos generales y específicos del programa. Las circunstancias específicas de cada colegio, incluidos los requisitos curriculares locales y nacionales, determinarán cómo organizan el curso.

Las normas para la implementación del PAI y sus aplicaciones concretas instan a los colegios a facilitar y promover la planificación colaborativa para desarrollar y revisar el currículo.

Los objetivos específicos de Ciencias para cada año del programa aportan continuidad y estructuran la progresión del aprendizaje. Dichos objetivos sirven a los profesores para tomar decisiones sobre experiencias de aprendizaje adecuadas a los niveles de desarrollo de los alumnos, incluidas las evaluaciones formativas y sumativas.

Al realizar la articulación vertical de Ciencias para todos los años del programa, los profesores deben planificar unidades de trabajo cada vez más complejas que cubran múltiples objetivos específicos. No obstante, dentro de estas unidades puede haber, a su vez, tareas o unidades de trabajo más pequeñas que se concentren en objetivos específicos concretos o en aspectos particulares de estos objetivos.

Los cursos de Ciencias presentan numerosas oportunidades para establecer conexiones interdisciplinarias en el currículo. Al realizar la articulación horizontal en cada año del programa, debe coordinarse la enseñanza y el aprendizaje de todos los cursos de Ciencias. Asimismo, es necesario identificar comprensiones conceptuales compartidas y enfoques del aprendizaje comunes a varios grupos de asignaturas para que la experiencia de aprendizaje de los alumnos sea coherente durante todo el año.

Enseñanza y aprendizaje a través de la indagación

La indagación, en el sentido más amplio del término, es el proceso que utilizamos para lograr unos niveles de comprensión más profundos. La indagación implica especular, explorar, cuestionar y establecer conexiones. En todos los programas del IB, la indagación estimula la curiosidad y favorece el pensamiento crítico y creativo.

El PAI estructura la indagación continua en Ciencias mediante el desarrollo de la **comprensión conceptual** en **contextos globales**. Los profesores y los alumnos desarrollan un **enunciado de la indagación** y utilizan **preguntas de indagación** para explorar los temas. Al indagar, los alumnos adquieren habilidades disciplinarias e interdisciplinarias específicas de **Enfoques del Aprendizaje**.

Comprensión conceptual

Un concepto es una “idea importante”, un principio o una noción perdurables cuya importancia trasciende sus orígenes, disciplinas o marcos temporales. Los conceptos constituyen el vehículo para la indagación de los alumnos sobre cuestiones e ideas de importancia personal, local y global, y son también los medios para explorar la esencia de las ciencias.

Los conceptos ocupan un lugar importante en la estructura del conocimiento, que exige a los profesores y a los alumnos pensar con una complejidad cada vez mayor al organizar y relacionar los datos y los temas.

Los conceptos representan la comprensión que acompañará a los alumnos en la aventura del aprendizaje durante toda la vida. Los ayudan a formular principios, generalizaciones y teorías. Los alumnos utilizan la comprensión conceptual para resolver problemas, analizar cuestiones y evaluar decisiones que pueden tener un impacto en su vida, en su comunidad y en el resto del mundo.

En el PAI, la comprensión conceptual se estructura mediante conceptos clave y conceptos relacionados prescritos. Los profesores deben utilizar estos conceptos para desarrollar el currículo. Asimismo, los colegios pueden identificar y desarrollar conceptos adicionales para cumplir con los requisitos curriculares locales y adaptarlos a sus circunstancias concretas.

Conceptos clave

Los conceptos clave favorecen el desarrollo de un currículo amplio. Representan ideas importantes que tienen pertinencia intradisciplinaria e interdisciplinaria. La indagación sobre conceptos clave puede facilitar el establecimiento de conexiones entre:

- Distintos cursos del grupo de asignaturas de Ciencias (aprendizaje intradisciplinario)
- Distintos grupos de asignaturas (aprendizaje interdisciplinario)

La tabla 1 enumera los conceptos clave que se exploran en el PAI. Los conceptos clave estudiados en Ciencias son: **cambio, relaciones y sistemas**.

Cambio	Comunicación	Comunidades	Conexiones
Creatividad	Cultura	Desarrollo	Estética
Forma	Identidad	Interacciones globales	Lógica
Perspectiva	Relaciones	Sistemas	Tiempo, lugar y espacio

Tabla 1
Conceptos clave del PAI

Estos conceptos clave proporcionan un marco para el estudio de Ciencias y sirven para organizar las unidades de trabajo, la enseñanza y el aprendizaje.

Cambio

El **cambio** es la conversión, la transformación o el paso de una forma, un estado o un valor a otros. La indagación del concepto de cambio implica la comprensión y evaluación de las causas, los procesos y las consecuencias.

En Ciencias, el cambio se entiende como las diferencias en el estado de un sistema al observarlo en momentos distintos. Este cambio puede ser cualitativo (por ejemplo, diferencias en su estructura, comportamiento o nivel) o cuantitativo (por ejemplo, diferencias en una variable numérica o un índice). El cambio puede ser reversible o irreversible, o puede autoperpetuarse.

Relaciones

Las **relaciones** son las conexiones y asociaciones entre las propiedades, los objetos, las personas y las ideas, incluidas las conexiones de la comunidad humana con el mundo en que vivimos. Todo cambio en una relación acarrea consecuencias, algunas de las cuales pueden ser de alcance reducido, mientras que otras pueden tener un alcance mucho mayor, llegando a afectar a grandes redes y sistemas, como las sociedades humanas y el ecosistema planetario.

En Ciencias, las relaciones indican las conexiones existentes entre variables, identificadas mediante la observación y la experimentación. Estas relaciones también pueden comprobarse mediante la experimentación. Los científicos generalmente buscan las conexiones existentes entre la forma y la función. También se utilizan modelos para representar relaciones cuando, debido a factores como la escala, el volumen de datos o el tiempo, no resulta práctico emplear otros métodos.

Sistemas

Los **sistemas** son conjuntos de componentes interdependientes o que interactúan. Proporcionan una estructura y un orden en los entornos humanos, naturales y construidos, y pueden ser estáticos o dinámicos, simples o complejos.

En Ciencias, los sistemas son conjuntos de componentes que funcionan debido a su naturaleza interdependiente o complementaria. En las ciencias se suelen encontrar sistemas cerrados (cuyos recursos no se eliminan ni reemplazan) y sistemas abiertos (cuyos recursos necesarios se renuevan regularmente). En la elaboración de modelos suelen utilizarse sistemas cerrados para simplificar o limitar las variables.

Otros conceptos clave también pueden ser importantes en Ciencias. Por ejemplo, el desarrollo es un aspecto importante de la mejora continua a través del cambio, que es el paradigma del conocimiento científico. Las ciencias brindan perspectivas significativas sobre la definición, la medida y el significado del tiempo, el lugar y el espacio. La creatividad siempre es importante para los científicos que trabajan juntos con miras a ampliar los límites del conocimiento humano.

Conceptos relacionados

Los conceptos relacionados favorecen la profundidad del aprendizaje. Son disciplinarios y resultan útiles para explorar los conceptos clave con más detalle. La indagación sobre los conceptos relacionados ayuda a los alumnos a lograr una comprensión conceptual más compleja y sofisticada. Los conceptos relacionados pueden surgir del tema de una unidad, o de las características y los procesos propios de la asignatura.

Las tablas siguientes enumeran los conceptos relacionados para el estudio de Ciencias.

Conceptos relacionados de Biología		
Consecuencias	Energía	Entorno
Equilibrio	Forma	Función
Interacción	Modelos	Movimiento
Patrones	Pruebas	Transformación

Tabla 2a
Conceptos relacionados de Biología

Conceptos relacionados de Química		
Condiciones	Consecuencias	Energía
Equilibrio	Forma	Función
Interacción	Modelos	Movimiento
Patrones	Pruebas	Transferencia

Tabla 2b
Conceptos relacionados de Química

Conceptos relacionados de Física		
Consecuencias	Desarrollo	Energía
Entorno	Forma	Función
Interacción	Modelos	Movimiento
Patrones	Pruebas	Transformación

Tabla 2c
Conceptos relacionados de Física

Conceptos relacionados de los cursos modulares de Ciencias		
Consecuencias	Energía	Entorno
Equilibrio	Forma	Función
Interacción	Modelos	Movimiento
Patrones	Pruebas	Transformación

Tabla 2d
Conceptos relacionados de los cursos modulares de Ciencias

Los apéndices de esta guía incluyen un glosario de los conceptos relacionados de Ciencias.

Contextos globales para la enseñanza y el aprendizaje

Los contextos globales orientan el aprendizaje hacia la indagación independiente y compartida sobre la condición que nos une como seres humanos y la responsabilidad que compartimos de velar por el planeta. Tomando el mundo como el contexto más amplio para el aprendizaje, en Ciencias del PAI pueden tener lugar exploraciones significativas de:

- Las identidades y las relaciones
- La orientación en el espacio y el tiempo
- La expresión personal y cultural
- La innovación científica y técnica
- La globalización y la sustentabilidad
- La equidad y el desarrollo

Los profesores deben identificar un contexto global para la enseñanza y el aprendizaje, o desarrollar otros contextos que ayuden a los alumnos a comprender por qué la indagación es importante.

Muchas indagaciones sobre los conceptos de Ciencias se centran naturalmente en la innovación científica y técnica. No obstante, con el tiempo, los cursos de este grupo de asignaturas deben brindar a los alumnos diversas oportunidades de explorar todos los contextos globales del PAI en relación con los objetivos generales y específicos.

Enunciados de la indagación

Los enunciados de la indagación presentan la comprensión conceptual en un contexto global con el objeto de enmarcar la indagación y orientar el aprendizaje hacia un fin determinado. La tabla 3 muestra algunos ejemplos de enunciados de la indagación para unidades de trabajo de Ciencias del PAI:

Enunciado de la indagación	Concepto clave Conceptos relacionados Contexto global	Posible proyecto/estudio
Los avances científicos y tecnológicos permiten a las sociedades utilizar, controlar y transformar la función de los organismos y las moléculas biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio • Función, transformación • Innovación científica y técnica 	Biología: biotecnología
La relación estructural y funcional entre el ADN y los rasgos hereditarios se puede representar mediante modelos.	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciones • Modelos, estructura, función • Identidades y relaciones 	Biología: ADN y herencia
Los organismos interactúan con el entorno natural transfiriendo materia y energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas • Interacción, entorno, energía • Innovación científica y técnica 	Biología: ecología
Los cambios en una población son consecuencia de la desigualdad de oportunidades que resulta de la selección natural.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio • Consecuencias, equilibrio • Equidad y desarrollo 	Biología: evolución
La salud de una persona se ve afectada por cambios culturales y condicionales en la dieta.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio • Influencia, cultura, condiciones, equilibrio • Identidades y relaciones 	Química: química de los alimentos
Los nuevos hallazgos permiten la evolución de la forma de la tabla periódica y mejoran su función al mostrar tendencias con respecto a las propiedades físicas y químicas de los elementos.	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciones • Cambio, forma, función • Orientación en el espacio y el tiempo 	Química: tendencias periódicas
Los científicos observan patrones y los utilizan para elaborar sistemas que explican cómo funciona el mundo.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas • Patrones, desarrollo, modelos • Expresión personal y cultural 	Química: nomenclatura química
La creciente producción de energía eléctrica para satisfacer las necesidades de una población global en expansión puede tener consecuencias ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio • Entorno, consecuencias, desarrollo, energía • Globalización y Sustentabilidad 	Física: magnetismo y electricidad

Enunciado de la indagación	Concepto clave Conceptos relacionados Contexto global	Posible proyecto/estudio
Los avances tecnológicos como la energía nuclear afectan a la relación entre las personas y el entorno natural.	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciones • Consecuencias, energía, pruebas • Innovación científica y técnica 	Física: energía nuclear
Los diseñadores de productos tecnológicos aplican las transformaciones energéticas de manera creativa para desarrollar y reinventar dispositivos.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas • Energía, transformación, desarrollo • Innovación científica y técnica 	Física: aplicación de la física

Tabla 3
Ejemplos de enunciados de la indagación

Preguntas de indagación

Los enunciados de la indagación ayudan a los profesores y los alumnos a identificar preguntas de indagación fácticas, conceptuales y debatibles. Las preguntas de indagación orientan la enseñanza y el aprendizaje, y ayudan a organizar y secuenciar las experiencias de aprendizaje.

La tabla 4 muestra algunas preguntas de indagación posibles para las unidades de Ciencias del PAI:

Preguntas fácticas: Recordar datos y temas	Preguntas conceptuales: Analizar ideas importantes	Preguntas debatibles: Evaluar perspectivas y desarrollar teorías
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué aspecto tienen las células? • ¿Cómo miden los científicos las moléculas y los compuestos químicos? • ¿Qué tecnologías existen para producir energía eléctrica a escala industrial? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué estructura tiene el universo? • ¿Cómo evolucionan y se transforman los modelos? • ¿Qué relación hay entre la microbiología y la selección natural? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién debería tener el poder de modificar y controlar el material genético? • ¿Cuáles son las consecuencias sociales y económicas de la energía nuclear? • ¿Cuáles son los límites del conocimiento científico?

Tabla 4
Ejemplos de preguntas fácticas, conceptuales y debatibles

Enfoques del Aprendizaje

Todas las unidades de trabajo del PAI ofrecen a los alumnos oportunidades de desarrollar y practicar las habilidades de Enfoques del Aprendizaje. Estas habilidades les son de gran ayuda para lograr los objetivos generales y específicos del grupo de asignaturas.

Las habilidades de Enfoques del Aprendizaje se clasifican en cinco categorías que son comunes a todos los programas de educación internacional del IB. Dentro de cada categoría, los programas del IB identifican habilidades concretas que pueden presentarse, practicarse y consolidarse dentro y fuera del aula.

Las habilidades de Enfoques del Aprendizaje son pertinentes a todos los grupos de asignaturas del PAI; sin embargo, los profesores también pueden encontrar indicadores de estas habilidades que sean exclusivos o particularmente pertinentes para un curso o grupo de asignaturas concreto.

La tabla 5 sugiere algunos de los indicadores que pueden ser importantes en Ciencias.

Categoría	Indicador de habilidad
Habilidades de pensamiento	Interpretar datos obtenidos en investigaciones científicas
Habilidades sociales	Ofrecer comentarios sobre el diseño de métodos experimentales
Habilidades de comunicación	Representar datos visualmente de maneras adecuadas al propósito y al destinatario
Habilidades de autogestión	Estructurar la información adecuadamente en informes de investigaciones de laboratorio
Habilidades de investigación	Establecer conexiones entre la investigación científica y los factores morales, éticos, sociales, económicos, políticos, culturales o ambientales relacionados

Tabla 5

Ejemplos de indicadores de habilidades específicos de Ciencias

Si se diseñan bien, las actividades de aprendizaje y las evaluaciones brindan a los alumnos oportunidades valiosas para practicar y demostrar las habilidades de Enfoques del Aprendizaje. Las unidades del PAI indican explícitamente las habilidades de Enfoques del Aprendizaje en las que pueden centrarse la enseñanza y el aprendizaje, y mediante las cuales los alumnos pueden demostrar lo que son capaces de hacer. Las evaluaciones formativas ofrecen información importante para el desarrollo de habilidades concretas, y muchas habilidades de Enfoques del Aprendizaje ayudan a los alumnos a demostrar que han cumplido los objetivos específicos del grupo de asignaturas en las evaluaciones sumativas.

La tabla 6 enumera algunas habilidades concretas de Enfoques del Aprendizaje que los alumnos pueden demostrar mediante desempeños de comprensión en Ciencias.

Enfoques del Aprendizaje
Habilidades de pensamiento (pensamiento crítico): extraer conclusiones justificadas como resultado de procesar, interpretar y evaluar datos obtenidos en investigaciones científicas
Habilidades de comunicación (interacción): usar terminología científica adecuada, tablas de datos y gráficos para presentar sus hallazgos de manera comprensible a sus compañeros

Tabla 6

Ejemplos de la demostración de habilidades de Enfoques del Aprendizaje en Ciencias

Orientación específica

Requisitos matemáticos

Los cursos de Ciencias del PAI deben exponer regularmente a los alumnos a las habilidades matemáticas que se desarrollan en Matemáticas del PAI y que utilizan los científicos. Al final del curso de Ciencias del PAI, los alumnos deben ser capaces de:

- Realizar las operaciones aritméticas básicas: suma, resta, multiplicación y división
- Realizar cálculos con medias, decimales, fracciones, porcentajes, razones, aproximaciones y funciones recíprocas
- Utilizar la notación científica (por ejemplo, $3,6 \times 10^6$)
- Utilizar la proporción directa e inversa
- Resolver ecuaciones algebraicas sencillas
- Resolver ecuaciones lineales simultáneas
- Dibujar gráficos (con escalas y ejes adecuados) con dos variables que muestren relaciones lineales y no lineales
- Interpretar gráficos y lo que representan las pendientes, los cambios de pendiente, las intersecciones y las áreas
- Dibujar líneas de ajuste óptimo (tanto curvas como rectas) en un diagrama de dispersión
- En un gráfico con una recta de ajuste óptimo, trazar las rectas de máxima y mínima pendiente con relativa precisión (por aproximación) teniendo en cuenta todas las barras de incertidumbre
- Interpretar datos presentados en diversos formatos (por ejemplo, gráficos de barras, histogramas y gráficos de sectores)
- Representar la media aritmética mediante la notación
- Expresar incertidumbres con una aproximación de una o dos cifras significativas, y justificarlas

La seguridad en los trabajos prácticos

Puesto que los cursos de Ciencias del IB hacen hincapié en la indagación y la experimentación, los colegios deben brindar a los alumnos numerosas experiencias de campo y oportunidades para el trabajo de laboratorio. Los colegios deben adoptar las siguientes directrices para contribuir a garantizar la seguridad en los trabajos prácticos:

- Evaluar y gestionar el riesgo de posibles peligros
- Mantener los laboratorios de ciencias del colegio y garantizar que sean seguros y cuenten con un equipamiento adecuado
- Asegurarse de que todas las personas que participen en trabajos prácticos conozcan los códigos y procedimientos de seguridad correctos
- Tener un número adecuado de alumnos y supervisores durante los trabajos prácticos a fin de minimizar los posibles riesgos y peligros

Es responsabilidad de todas y cada una de las personas involucradas en Ciencias del PAI comprometerse permanentemente con la seguridad y la salud, respetando los requisitos locales, las tradiciones educativas y culturales, las limitaciones económicas y los sistemas legales nacionales. Los profesores pueden utilizar las directrices siguientes, que han sido desarrolladas por la Comisión de Seguridad de ICASE —International Council of Associations for Science Education (Consejo Internacional de Asociaciones de Educación Científica) — y The Laboratory Safety Institute (LSI).

Guía de seguridad para laboratorios de The Laboratory Safety Institute

40 sugerencias para un laboratorio más seguro

Pasos que requieren gastos mínimos

1. Tenga una declaración por escrito de su política de aspectos de medio ambiente, salud y seguridad (MASS).
2. Organice un comité departamental de MASS de empleados, gerentes, maestros, administrativos y estudiantes, que se reunirán regularmente para discutir los asuntos de MASS.
3. Desarrolle un programa de inducción en MASS para todos los empleados y estudiantes de nuevo ingreso.
4. Motive a los empleados y estudiantes a preocuparse por su salud y seguridad, así como la de otros.
5. Involucre a cada empleado y estudiante en algún aspecto del programa de seguridad y dele a cada uno responsabilidades específicas.
6. Proporcione incentivos para los empleados y estudiantes para el desempeño con seguridad.
7. Exija a todos los empleados que lean el manual de seguridad apropiado. Exija a los estudiantes que lean las reglas de la institución para seguridad en el laboratorio. Haga que ambos grupos firmen una declaración de que así lo han hecho, de que entienden su contenido y que están de acuerdo en seguir esos procedimientos y prácticas. Mantenga estas declaraciones en los archivos del departamento.
8. Realice inspecciones periódicas del laboratorio, sin previo aviso, para identificar y corregir las condiciones peligrosas y las prácticas inseguras. Involucre a los empleados y los estudiantes en inspecciones simuladas de salud y seguridad.
9. Haga que el aprendizaje de cómo actuar con seguridad sea parte integral e importante de la educación en las ciencias, de su trabajo y de su vida.
10. Programe juntas regulares de seguridad en el departamento con todos los estudiantes y empleados, para discutir los resultados de las inspecciones y los aspectos de seguridad del laboratorio.
11. Cuando realice experimentos de alto riesgo o potencialmente riesgosos, hágase estas preguntas:
 - ¿Cuáles son los riesgos?
 - ¿Cuáles son las posibles cosas que pueden salir mal?
 - ¿Cómo las voy a manejar?
 - ¿Cuáles son las prácticas prudentes, los dispositivos de protección y los equipos necesarios para minimizar el riesgo de exposición a estos riesgos?
12. Exija que se reporten todos los accidentes (incidentes), que sean evaluados por el comité de seguridad del departamento y que se discutan en las juntas de seguridad.
13. Exija que en toda discusión antes de iniciar un experimento se consideren los aspectos de salud y seguridad.
14. No permita que se dejen corriendo experimentos sin atención, a menos que sean a prueba de fallas.
15. Prohíba el trabajo solitario en cualquier laboratorio y el trabajo sin el conocimiento previo de un miembro del personal del colegio.

16. Amplíe el programa de seguridad más allá del laboratorio, al automóvil y al hogar.
17. Permita solo cantidades mínimas de líquidos inflamables en cada laboratorio.
18. Prohíba fumar, comer y beber en el laboratorio.
19. No permita que se almacene comida en los refrigeradores de sustancias químicas.
20. Desarrolle planes y conduzca simulacros de respuesta a emergencias, tales como incendio, explosión, intoxicación, derrame de sustancias químicas o desprendimiento de vapores, descargas eléctricas, hemorragias y contaminación del personal.
21. Exija prácticas de orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
22. Publique los números telefónicos del departamento de bomberos, de la policía y de las ambulancias locales, ya sea cerca o encima de cada teléfono.
23. Almacene los ácidos y las bases por separado. Almacene los combustibles y los oxidantes por separado.
24. Mantenga un sistema de control de sustancias químicas para evitar su compra en cantidades innecesarias.
25. Utilice letreros de advertencia para señalar riesgos particulares.
26. Desarrolle prácticas de trabajo específicas para ciertos experimentos, tales como los que deben realizarse solo en campanas ventiladas o que involucren sustancias particularmente peligrosas. Siempre que sea posible, los experimentos más riesgosos deben realizarse en una campana.

Pasos que requieren gastos moderados

27. Asigne una parte del presupuesto del departamento a la seguridad.
28. Requiera el uso de protección apropiada de los ojos en todo momento en los laboratorios y en las áreas donde se transporten sustancias químicas.
29. Proporcione la cantidad adecuada de equipo de protección personal, tal como lentes de seguridad, *goggles*, caretas, guantes, batas y mamparas para las mesas de trabajo.
30. Proporcione extintores de fuego, regaderas de emergencia, estaciones lavaojos, botiquines de primeros auxilios, cobertores para casos de incendio y campanas para humos en cada laboratorio y revíselos o pruébelos mensualmente.
31. Proporcione guardas en todas las bombas de vacío y asegure todos los cilindros de gases comprimidos.
32. Proporcione una cantidad apropiada de equipo de primeros auxilios y las instrucciones para su uso adecuado.
33. Proporcione gabinetes a prueba de fuego para el almacenamiento de sustancias inflamables.
34. Mantenga una biblioteca de seguridad del departamento.
35. Retire todas las conexiones eléctricas del interior de los refrigeradores de sustancias químicas y exija cerraduras magnéticas.
36. Exija conectores con clavijas de tierra en todos los equipos eléctricos, e instale interruptores de circuitos por falla de tierra donde sea necesario.
37. Etiquete todas las sustancias químicas para indicar el nombre del material, la naturaleza y el grado de peligro, las precauciones apropiadas y el nombre de la persona responsable del recipiente.
38. Desarrolle un programa para fechar las sustancias químicas almacenadas, y para recertificarlas o desecharlas después de los períodos de almacenamiento máximo predeterminados.
39. Desarrolle un sistema para la eliminación legal, segura y ecológicamente aceptable de los residuos químicos.
40. Proporcione almacenamiento seguro de sustancias químicas, en espacios adecuados y bien ventilados.

Correspondencia entre los objetivos específicos y los criterios de evaluación

En el PAI, la evaluación se corresponde estrechamente con el currículo escrito y enseñado. Cada aspecto de los objetivos específicos de Ciencias del PAI se corresponde con un aspecto de los criterios de evaluación de este grupo de asignaturas. La figura 5 ilustra esta correspondencia y la creciente complejidad de los requisitos que deben cumplir los alumnos en los niveles de logro superiores.

Criterio C: Procesamiento y evaluación

Al final del quinto año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Presentar los datos obtenidos y transformados
- ii. Interpretar los datos y explicar los resultados mediante un razonamiento científico
- iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica
- iv. Evaluar la validez del método
- v. Explicar las mejoras o ampliaciones del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud iii. Indicar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Indicar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Indicar mejoras o ampliaciones del método
3-4	El alumno es capaz de: <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados iii. Esbozar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Esbozar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Esbozar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
5-6	El alumno es capaz de: <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados mediante un razonamiento científico iii. Discutir la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Discutir la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Describir mejoras o ampliaciones del método que beneficiaría a la investigación científica
7-8	El alumno es capaz de: <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar, transformar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados mediante un razonamiento científico correcto iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Evaluar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Explicar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica

Figura 5

Correspondencia entre los objetivos específicos y los criterios de evaluación de Ciencias

Resumen de los criterios de evaluación

La evaluación de los cursos de Ciencias en todos los años del programa se basa en cuatro criterios que tienen la misma ponderación:

Criterio A	Conocimiento y comprensión	Máximo 8
Criterio B	Indagación y diseño	Máximo 8
Criterio C	Procesamiento y evaluación	Máximo 8
Criterio D	Reflexión sobre el impacto de la ciencia	Máximo 8

Los grupos de asignaturas **deben** abordar **todos** los aspectos de **todos** los criterios de evaluación **al menos dos veces** en cada año del PAI.

En el PAI, los objetivos específicos de los grupos de asignaturas se corresponden con los criterios de evaluación. Cada criterio tiene nueve niveles de logro posibles (0-8), divididos en cuatro bandas que generalmente representan un desempeño limitado (1-2), adecuado (3-4), considerable (5-6) y excelente (7-8). Cada banda tiene su propio descriptor, y los profesores utilizan su juicio profesional para determinar cuál de los descriptores refleja más adecuadamente los progresos y logros de los alumnos.

Esta guía incluye los **criterios de evaluación que deben utilizarse** en el primer, tercer y quinto año de Ciencias del PAI. A fin de cumplir con los requisitos nacionales o locales, los colegios pueden añadir otros criterios y emplear modelos de evaluación adicionales, pero deben utilizar los criterios de evaluación adecuados tal como aparecen publicados en esta guía para determinar los niveles de logro finales de los alumnos en el programa.

Los profesores clarifican lo que se espera de los alumnos en cada tarea de evaluación sumativa haciendo referencias directas a estos criterios de evaluación. Las aclaraciones específicas de cada tarea deben explicar claramente lo que se espera que sepan y hagan los alumnos. Esto puede hacerse mediante:

- Una versión de los criterios de evaluación adecuados adaptada a la tarea
- Una explicación a la clase, ya sea de manera presencial o virtual
- Instrucciones detalladas para la tarea

Criterios de evaluación de Ciencias: primer año

Criterio A: Conocimiento y comprensión

Máximo: 8

Al final del primer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Esbozar conocimientos científicos
- ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas y sugerir soluciones a problemas en situaciones desconocidas
- iii. Interpretar información para emitir juicios con base científica

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Seleccionar conocimientos científicos ii. Seleccionar conocimientos y comprensión científicos para sugerir soluciones a problemas en situaciones conocidas iii. Aplicar información para emitir juicios, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Evocar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para sugerir soluciones a problemas en situaciones conocidas iii. Aplicar información para emitir juicios
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas iii. Aplicar información para emitir juicios con base científica
7-8	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas y sugerir soluciones a problemas en situaciones desconocidas iii. Interpretar información para emitir juicios con base científica

Criterio B: Indagación y diseño

Máximo: 8

Al final del primer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Esbozar un problema o una pregunta adecuados que se quieren comprobar mediante una investigación científica
- ii. Esbozar una predicción comprobable mediante un razonamiento científico
- iii. Esbozar cómo manipular las variables y esbozar cómo se obtendrán los datos
- iv. Diseñar investigaciones científicas

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Seleccionar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Seleccionar una predicción comprobable iii. Indicar una variable iv. Diseñar un método, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Indicar una predicción comprobable iii. Indicar cómo manipular las variables e indicar cómo se obtendrán los datos iv. Diseñar un método seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una predicción comprobable iii. Esbozar cómo manipular las variables e indicar cómo se obtendrán los datos pertinentes iv. Diseñar un método completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados
7-8	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una predicción comprobable mediante un razonamiento científico iii. Esbozar cómo manipular las variables y esbozar cómo se obtendrán suficientes datos pertinentes iv. Diseñar un método lógico, completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados

Criterio C: Procesamiento y evaluación

Máximo: 8

Al final del primer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Presentar los datos obtenidos y transformados
- ii. Interpretar los datos y esbozar los resultados mediante un razonamiento científico
- iii. Discutir la validez de una predicción según el resultado de la investigación científica
- iv. Discutir la validez del método
- v. Describir las mejoras o ampliaciones del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos iii. Indicar la validez de una predicción según el resultado de una investigación científica, aunque de modo poco eficaz iv. Indicar la validez del método según el resultado de una investigación científica, aunque de modo poco eficaz v. Indicar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y esbozar los resultados iii. Indicar la validez de una predicción según el resultado de una investigación científica iv. Indicar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Indicar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y esbozar los resultados mediante un razonamiento científico iii. Esbozar la validez de una predicción según el resultado de una investigación científica iv. Esbozar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Esbozar las mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica

Nivel de logro	Descriptor de nivel
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar, transformar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y esbozar los resultados mediante un razonamiento científico correcto iii. Discutir la validez de una predicción según el resultado de una investigación científica iv. Discutir la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Describir las mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica

Criterio D: Reflexión sobre el impacto de la ciencia

Máximo: 8

Al final del primer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Resumir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos
- ii. Describir y resumir las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos
- iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz
- iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilice

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>Aunque de modo poco eficaz, el alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Indicar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Indicar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión iv. Documentar las fuentes
3-4	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Indicar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Indicar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico en ocasiones para transmitir su comprensión iv. Documentar las fuentes correctamente en ocasiones

Nivel de logro	Descriptor de nivel
5-6	<p>El alumno es capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none">i. Esbozar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretosii. Esbozar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factoriii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión de manera clara y precisa, por lo generaliv. Documentar las fuentes correctamente, por lo general
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none">i. Resumir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretosii. Describir y resumir las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factoriii. Aplicar lenguaje científico sistemáticamente para transmitir su comprensión de manera clara y precisaiv. Documentar las fuentes completamente

Criterios de evaluación de Ciencias: tercer año

Criterio A: Conocimiento y comprensión

Máximo: 8

Al final del tercer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Describir conocimientos científicos
- ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas
- iii. Analizar información para emitir juicios con base científica

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Evocar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para sugerir soluciones a problemas en situaciones conocidas iii. Aplicar información para emitir juicios
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas iii. Aplicar información para emitir juicios con base científica
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas y sugerir soluciones a problemas en situaciones desconocidas iii. Interpretar información para emitir juicios con base científica
7-8	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Describir conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas iii. Analizar información para emitir juicios con base científica

Criterio B: Indagación y diseño

Máximo: 8

Al final del tercer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Describir un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica
- ii. Esbozar una hipótesis comprobable y explicarla mediante un razonamiento científico
- iii. Describir cómo manipular las variables y describir cómo se obtendrán los datos
- iv. Diseñar investigaciones científicas

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica, aunque de modo poco eficaz ii. Indicar una hipótesis comprobable iii. Indicar las variables iv. Diseñar un método, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico iii. Esbozar cómo manipular las variables e indicar cómo se obtendrán los datos pertinentes iv. Diseñar un método seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar y explicar una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico iii. Esbozar cómo manipular las variables y resumir cómo se obtendrán suficientes datos pertinentes iv. Diseñar un método completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados

Nivel de logro	Descriptor de nivel
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Describir un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar y explicar una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico correcto iii. Describir cómo manipular las variables y describir cómo se obtendrán suficientes datos pertinentes iv. Diseñar un método lógico, completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados

Criterio C: Procesamiento y evaluación

Máximo: 8

Al final del tercer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Presentar los datos obtenidos y transformados
- ii. Interpretar los datos y describir los resultados mediante un razonamiento científico
- iii. Discutir la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica
- iv. Discutir la validez del método
- v. Describir las mejoras o ampliaciones del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud iii. Indicar la validez de una hipótesis haciendo escasas referencias a una investigación científica iv. Indicar la validez del método haciendo escasas referencias a una investigación científica v. Indicar mejoras o ampliaciones limitadas del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
3-4	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y describir los resultados iii. Indicar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Indicar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Indicar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
5-6	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y describir los resultados mediante un razonamiento científico iii. Esbozar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Esbozar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Esbozar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar, transformar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y describir los resultados mediante un razonamiento científico correcto iii. Discutir la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Discutir la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Describir mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica

Criterio D: Reflexión sobre el impacto de la ciencia

Máximo: 8

Al final del tercer año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Describir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos
- ii. Discutir y analizar las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación a la resolución de una cuestión o un problema concretos
- iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz
- iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilice

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Indicar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión, aunque de modo poco eficaz iv. Documentar las fuentes, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Esbozar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico en ocasiones para transmitir su comprensión iv. Documentar las fuentes correctamente en ocasiones
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Resumir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Describir las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión de manera clara y precisa, por lo general iv. Documentar las fuentes correctamente, por lo general

Nivel de logro	Descriptor de nivel
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="470 344 1348 412">i. Describir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos<li data-bbox="470 421 1348 524">ii. Discutir y analizar las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor<li data-bbox="470 533 1348 600">iii. Aplicar lenguaje científico sistemáticamente para transmitir su comprensión de manera clara y precisa<li data-bbox="470 609 1348 645">iv. Documentar las fuentes completamente

Criterios de evaluación de Ciencias: quinto año

Criterio A: Conocimiento y comprensión

Máximo: 8

Al final del quinto año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Explicar conocimientos científicos
- ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas
- iii. Analizar y evaluar información para emitir juicios con base científica

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para sugerir soluciones a problemas en situaciones conocidas iii. Interpretar información para emitir juicios
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas iii. Interpretar información para emitir juicios con base científica
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Describir conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones conocidas y sugerir soluciones a problemas en situaciones desconocidas iii. Analizar información para emitir juicios con base científica
7-8	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Explicar conocimientos científicos ii. Aplicar los conocimientos y la comprensión científicos para resolver problemas en situaciones tanto conocidas como desconocidas iii. Analizar y evaluar información para emitir juicios con base científica

Criterio B: Indagación y diseño

Máximo: 8

Al final del quinto año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Explicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica
- ii. Formular una hipótesis comprobable y explicarla mediante un razonamiento científico
- iii. Explicar cómo manipular las variables y explicar cómo se obtendrán los datos
- iv. Diseñar investigaciones científicas

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Indicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Esbozar una hipótesis comprobable iii. Esbozar las variables iv. Diseñar un método, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Formular una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico iii. Esbozar cómo manipular las variables y esbozar cómo se obtendrán los datos pertinentes iv. Diseñar un método seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Describir un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Formular y explicar una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico iii. Describir cómo manipular las variables y describir cómo se obtendrán suficientes datos pertinentes iv. Diseñar un método completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados

Nivel de logro	Descriptor de nivel
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Explicar un problema o una pregunta que se quieren comprobar mediante una investigación científica ii. Formular y explicar una hipótesis comprobable mediante un razonamiento científico correcto iii. Explicar cómo manipular las variables y explicar cómo se obtendrán suficientes datos pertinentes iv. Diseñar un método lógico, completo y seguro mediante el cual seleccionará los materiales y equipos adecuados

Criterio C: Procesamiento y evaluación

Máximo: 8

Al final del quinto año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Presentar los datos obtenidos y transformados
- ii. Interpretar los datos y explicar los resultados mediante un razonamiento científico
- iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de la investigación científica
- iv. Evaluar la validez del método
- v. Explicar las mejoras o ampliaciones del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud iii. Indicar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Indicar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Indicar mejoras o ampliaciones del método

Nivel de logro	Descriptor de nivel
3-4	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados iii. Esbozar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Esbozar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Esbozar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
5-6	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados mediante un razonamiento científico iii. Discutir la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Discutir la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Describir mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener, organizar, transformar y presentar correctamente los datos en formatos numéricos o visuales ii. Interpretar los datos con exactitud y explicar los resultados mediante un razonamiento científico correcto iii. Evaluar la validez de una hipótesis según el resultado de una investigación científica iv. Evaluar la validez del método según el resultado de una investigación científica v. Explicar mejoras o ampliaciones del método que beneficiarían a la investigación científica

Criterio D: Reflexión sobre el impacto de la ciencia

Máximo: 8

Al final del quinto año, el alumno deberá ser capaz de:

- i. Explicar de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos
- ii. Discutir y evaluar las diversas implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos
- iii. Aplicar lenguaje científico de forma eficaz
- iv. Documentar el trabajo de otras personas y las fuentes de información que utilice

Nivel de logro	Descriptor de nivel
0	El alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Esbozar de qué maneras se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Esbozar las implicaciones del uso de la ciencia para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión, aunque de modo poco eficaz iv. Documentar las fuentes, aunque de modo poco eficaz
3-4	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Resumir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Describir las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico en ocasiones para transmitir su comprensión iv. Documentar las fuentes correctamente en ocasiones
5-6	El alumno es capaz de: <ol style="list-style-type: none"> i. Describir de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos ii. Discutir las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor iii. Aplicar lenguaje científico para transmitir su comprensión de manera clara y precisa, por lo general iv. Documentar las fuentes correctamente, por lo general

Nivel de logro	Descriptor de nivel
7-8	<p>El alumno es capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="470 353 1348 421">i. Explicar de qué maneras se aplica y se utiliza la ciencia para abordar una cuestión o un problema concretos<li data-bbox="470 432 1348 499">ii. Discutir y evaluar las implicaciones del uso de la ciencia y su aplicación para resolver una cuestión o un problema concretos, interactuando con un factor<li data-bbox="470 510 1348 577">iii. Aplicar lenguaje científico sistemáticamente para transmitir su comprensión de manera clara y precisa<li data-bbox="470 589 1348 611">iv. Documentar las fuentes completamente

Evaluación electrónica

Los alumnos que deseen obtener el **documento de resultados del PAI del IB** para Ciencias del PAI deben realizar un examen en pantalla en el que demuestren haber cumplido los objetivos específicos del grupo de asignaturas. Los resultados satisfactorios pueden contribuir a la obtención del **certificado del PAI del IB** por parte de los alumnos. Esta verificación del aprendizaje garantiza la aplicación coherente de estándares adecuados, como se explica en la publicación *Guía para la evaluación electrónica del PAI*.

Conceptos relacionados de Ciencias

Concepto relacionado	Definición
Condiciones (en Química)	Entorno, tanto físico como químico, de una reacción o un proceso; factores que contribuyen a una interacción, como la temperatura, la presión, la concentración, el pH y la ausencia o presencia de un catalizador.
Consecuencias	Efectos o resultados observables o cuantificables que están correlacionados con un acontecimiento o acontecimientos previos.
Desarrollo (en Física)	Proceso de aplicar la teoría a los datos y las observaciones con el fin de mejorar, progresar o avanzar el conocimiento científico.
Energía	Capacidad de un objeto para realizar trabajo o transferir calor.
Entorno (en Biología)	Todos los factores bióticos y abióticos que actúan en un organismo, una población o una comunidad e influyen en su supervivencia, evolución y desarrollo.
Entorno (en Física)	Descripción del universo o de un sistema cerrado mediante la aplicación de las leyes de la física; complejo de condiciones físicas o clima que afecta a un hábitat o una comunidad.
Equilibrio (en Biología)	Compensación dinámica existente entre los miembros de una comunidad natural estable; regulación del medio interno de un organismo.
Equilibrio (en Química)	Estado de compensación o distribución estable.
Forma	Características de un objeto que se pueden observar, identificar, describir, clasificar y categorizar.
Función	Propósito, papel o forma de comportarse que se puede investigar; relación matemática entre variables.
Interacción	Efecto o efectos que se ejercen entre sí dos o más sistemas, cuerpos, sustancias u organismos, de forma que el resultado global es más que la suma de cada efecto.
Modelos	Representaciones para comprobar teorías o propuestas científicas que pueden repetirse y validarse con precisión; simulaciones utilizadas para explicar o predecir procesos que pueden no ser observables, o para comprender la dinámica de los múltiples fenómenos subyacentes a un sistema complejo.
Movimiento	Acto, proceso o resultado de desplazarse de un lugar o una posición a otros dentro de un marco de referencia definido.

Concepto relacionado	Definición
Patrones	Distribución de variables en el tiempo o en el espacio; secuencias de acontecimientos o características.
Pruebas	Fundamentación de una proposición basada en la observación y la interpretación de datos.
Transferencia (en Química)	Movimiento neto de materia o partículas de un lugar a otro.
Transformación (en Biología)	Diferenciación de una célula; cambio de forma de la energía, incluso a nivel molecular; alteración de las moléculas y el metabolismo o la composición genética de un organismo o especie y, por consecuencia, de una comunidad, en relación con factores externos.
Transformación (en Física)	Cambio de un estado bien definido a otro estado bien definido; alteración en la forma o condición, incluida la naturaleza de la energía y las partículas.

Glosario de Ciencias

Término	Definición
Ampliaciones del método	Áreas para continuar investigando en función del resultado de la investigación ya realizada.
Dato	Medición de un parámetro que puede ser cuantitativo (volumen, temperatura, pH, etc.) o cualitativo (color, forma, textura, etc.).
Datos cualitativos	Datos o información no numéricos que son difíciles de medir de manera numérica.
Datos cuantitativos	Medidas numéricas de las variables de la investigación.
Factores ambientales	Circunstancias, objetos o condiciones del entorno que nos rodea.
Factores culturales	Patrones de conocimientos, comportamientos, creencias, actitudes compartidas, valores, propósitos y prácticas que caracterizan a grupos de personas.
Factores económicos	Producción, distribución y uso de la renta, la riqueza y los productos.
Factores éticos	Proceso de cuestionamiento racional para decidir sobre el carácter bueno o malo de alguna cuestión con respecto a las personas o a sus acciones.
Factores morales	Principios de comportamiento bueno o malo derivados de una sociedad particular.
Factores políticos	Gobierno o asuntos públicos de un país.
Factores sociales	Interacciones entre grupos de personas en relación con cuestiones como el bienestar, la seguridad, los derechos, la justicia o la clase social.
Formatos numéricos	Pueden consistir en cálculos matemáticos como establecer promedios o determinar valores a partir de un gráfico o una tabla.
Hipótesis	Explicación provisoria de una observación o un fenómeno que requiere su confirmación experimental. Puede adoptar la forma de una pregunta o de una afirmación.
Predicción	Resultado esperado de una acción o un evento que está por suceder.
Situación desconocida	Problema o situación en los que el contexto o la aplicación se han modificado lo suficiente como para que resulten nuevos o desconocidos para el alumno.

Término	Definición
Transformar datos	Procesar datos brutos y convertirlos en una forma adecuada para su representación visual. Este proceso puede implicar, por ejemplo, combinar y manipular datos brutos (mediante sumas, restas, potenciaciones o divisiones) para determinar el valor de una magnitud física, así como tomar el promedio de varias mediciones. Es posible que los datos obtenidos estén ya en una forma adecuada para su representación visual (por ejemplo, la distancia recorrida por una cochinilla). Si los datos brutos se representan de este modo y se dibuja una línea de ajuste óptimo a los puntos, los datos brutos se considerarán procesados.
Validez del método	Capacidad del método para permitir la obtención de suficientes datos válidos para responder la pregunta. Incluye factores tales como si el instrumento de medición mide aquello para lo que ha sido concebido, las condiciones del experimento y las variables manipuladas (experimento científico).
Variable dependiente	Variable de la que se miden sus valores en un experimento.
Variable independiente	Variable seleccionada y manipulada por el investigador en un experimento.

Términos de instrucción del PAI en Ciencias

Término	Definición
Analizar	Separar [las partes de un todo] hasta llegar a identificar los elementos esenciales o la estructura. Identificar partes y relaciones, e interpretar información para llegar a conclusiones.
Aplicar	Utilizar los conocimientos y la comprensión como respuesta a una situación determinada o a circunstancias reales.
Describir	Exponer detalladamente una situación, evento, patrón o proceso.
Discutir	Presentar una crítica equilibrada y bien fundamentada que incluye una serie de argumentos, factores o hipótesis. Las opiniones o conclusiones deberán presentarse de forma clara y justificarse mediante pruebas adecuadas.
Diseñar	Idear un plan, una simulación o un modelo.
Documentar	Hacer referencia a las fuentes de información utilizadas citándolas mediante un sistema reconocido. Las referencias deben incluirse en el texto y al final del trabajo, como parte de una lista de referencias bibliográficas.
Esbozar	Exponer a grandes rasgos.
Evaluar	Sopesar las implicaciones y las limitaciones; juzgar las ideas, los trabajos, las soluciones o los métodos en relación con los criterios seleccionados.
Evocar	Recordar o reconocer basándose en experiencias previas de aprendizaje.
Explicar	Exponer detalladamente.
Formular	Expresar los conceptos o argumentos pertinentes con claridad y de forma sistemática.
Indicar	Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta corta sin aportar explicaciones ni cálculos.
Interpretar	Utilizar los conocimientos y la comprensión para reconocer tendencias y extraer conclusiones a partir de determinada información.
Presentar	Ofrecer para su exposición, observación, examen o consideración.
Resolver	Obtener la respuesta (o respuestas) utilizando métodos apropiados.
Resumir	Sintetizar un tema general o los conceptos principales.
Seleccionar	Elegir de una lista o grupo.
Sugerir	Proponer una solución, una hipótesis u otra posible respuesta.

Lecturas seleccionadas

FENSHAM, P. "Knowledge to deal with challenges to science education from without and within". En: Corrigan, D., Dillon, J.; Gunstone, R. *The Professional Knowledge Base of Science Teaching*. Melbourne (Australia): Monash University, Springer, 2011.

KUHLTHAU, C. "Guided inquiry: school libraries in the 21st century". *School Libraries Worldwide*. 2010. Vol. 16, núm. 1, p. 17-28.

RHONON, J. *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington, Virginia (Estados Unidos): National Science Teachers Association Press, 2010.

SIMON, H. A. "Observations on the sciences of science learning". *Paper prepared for the Committee on Developments in the Science of Learning for the Sciences of Science Learning: An Interdisciplinary Discussion*. Department of Psychology, Carnegie Mellon University, 1996.

WRIGHT, T.; HAMILTON, S. *Assessing student understanding in the molecular life using a concept inventory*. Queensland (Australia): The University of Queensland, 2009.

Recursos sobre seguridad en el laboratorio

"Biosafety in the Laboratory". Washington DC (Estados Unidos): The National Academies Press, 1989.

"Learning By Accident". Vol. 1-3. Massachusetts (Estados Unidos): The Laboratory Safety Institute, 1997-2000.

"Manual of Safety and Health Hazards in the School Science Laboratory". Massachusetts (Estados Unidos): Council of State Science Supervisors. The Laboratory Safety Institute.

"Safety in the School Science Laboratory". Massachusetts (Estados Unidos): Council of State Science Supervisors. The Laboratory Safety Institute.

"School Science Laboratories: A guide to Some Hazardous Substances". Massachusetts (Estados Unidos): Council of State Science Supervisors. The Laboratory Safety Institute.

Fire Protection Guide on Hazardous Materials. Massachusetts (Estados Unidos): National Fire Protection Association, 2010.

Handbook of Laboratory Safety. 4.^a ed. Boca Raton (Estados Unidos): CRC Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Hazardous Chemicals*. 2.^a ed. Boca Raton (Estados Unidos): CRC Press, 1995.

Safety in Academic Chemistry Laboratories. Washington DC (Estados Unidos): American Chemical Society, 2003.

The Laboratory Safety Pocket Guide. Nueva York (Estados Unidos): Genium Publishing Corporation, 1996.

WOOD, C. "Safety in School Science Labs". Wellesley (Estados Unidos): Kaufman & Associates, 1994.