

Manual de Evaluación Interna

Promoción 2016-2018



EVALUACIÓN INTERNA

1. Información general

La evaluación interna consiste en la realización de una investigación, así como en la de un programa de trabajos prácticos y el proyecto del Grupo 4. El programa de trabajos prácticos tiene una duración de 40 h e incluye una amplia gama de actividades prácticas, como prácticas de laboratorio, simulaciones por ordenador, uso de bases de datos, ejercicios de análisis de datos, trabajo de campo o ejercicios de recopilación de datos mediante cuestionarios.

Respecto a la investigación, debe ser una investigación científica individual que cubra un tema acorde con el nivel del programa de estudios, y representa el 20% de la nota final del alumno obtenida en la asignatura, siendo evaluada por el Profesor internamente y moderada externamente por el IB.

Dicha investigación científica tendrá una duración de unas 10 horas y culminará con el informe de la misma, que debe ocupar aproximadamente entre 6 y 12 páginas. Las investigaciones que superen esta extensión se penalizarán en el criterio Comunicación por no ser concisas.

Los informes de laboratorio se realizarán en formato electrónico y serán enviados por el alumno por correo electrónico en el plazo de los diez días siguientes a la realización de la práctica.

El método de evaluación utilizado para la evaluación interna se basa en criterios establecidos, es decir, se evalúa el trabajo de cada alumno con relación a criterios de evaluación previamente establecidos y no con relación al trabajo de otros alumnos. En todos los cursos del Grupo 4 el componente de evaluación interna se evalúa con arreglo a conjuntos de criterios de evaluación y descriptores de nivel de logro. Cada criterio de evaluación posee cierto número de descriptores que describen un nivel de logro específico.

2. Investigación científica individual

Las 10 horas asignadas para la investigación individual se refieren al tiempo requerido para que el alumno planifique y ponga en práctica el trabajo de investigación individual. En estas 10 horas asignadas para la evaluación interna se incluyen:

- El tiempo que necesita el Profesor para explicar a los alumnos los requisitos de la evaluación interna.
- El tiempo para consultas entre el Profesor y cada alumno.
- Tiempo para completar el trabajo de investigación.
- Tiempo para revisar el trabajo y evaluar cómo progresa, y para comprobar que es original.

La planificación inicial es crucial para que la investigación individual tenga resultados satisfactorios. En esta etapa el Profesor orienta a los alumnos sobre la adecuación de la pregunta de investigación en lo que respecta a su nivel de complejidad, para garantizar que la pregunta esté acorde con el nivel del curso y sea compatible con los criterios de evaluación.

Como indica su título, la investigación individual es un trabajo de investigación personal y, como tal, se prevé que cada alumno lleve a cabo su propia investigación con carácter único de una pregunta de investigación que sea de interés. La formulación de la pregunta de investigación es responsabilidad del alumno y que ésta debe ser evaluada dentro del criterio de Exploración. Los Profesores pueden sugerir posibles temas y enfoques para formular las preguntas de investigación, pero no pueden asignar preguntas de investigación específicas para que el alumno las investigue.

Los alumnos deben decidir si realizar una investigación individual que implique el uso de actividades prácticas, fuentes secundarias como bases de datos y simulaciones, o una mezcla de ambos tipos de fuentes.

Antes de llevar a cabo la investigación en el laboratorio, los alumnos deben:

- Asegurarse de que entregan a tiempo información detallada sobre lo que necesitan con respecto a los materiales.
- Abordar una amplia gama de temas de investigación, de forma que no todos requieran usar los mismos equipos y materiales.
- Tener en cuenta que se pueden investigar de manera significativa conceptos sofisticados con una metodología simple y un equipo sencillo.
- Tener en cuenta que pueden llevar a cabo investigaciones que empleen aplicaciones de IT o datos secundarios.

Para las investigaciones que empleen aplicaciones de TI o datos secundarios, es importante que los alumnos lleven a cabo la etapa de acción para la generación u obtención de datos bajo la supervisión en el aula o en el laboratorio, de forma que el Profesor pueda orientar, supervisar y constatar la autoría original. Tales investigaciones no deben ser realizadas únicamente en casa.

En el caso de los alumnos que lleven a cabo su investigación como un trabajo de campo, los profesores deben asegurarse de la autoría original del trabajo.

Al completar la investigación, antes de entregar el informe escrito los alumnos deben:

- Repasar los criterios de evaluación
- Recordar que el informe debe tener una extensión de entre seis y doce páginas
- Establecer un plazo de entrega intermedio concreto para enviar el borrador completo
- Establecer un plazo de entrega final concreto para la versión final

El informe debe ser lo suficientemente detallado como para que la investigación pueda ser repetida de forma independiente. Una vez entregado el borrador completo, el profesor podrá hacer anotaciones y comentarios **generales** acerca de los puntos fuertes y débiles: estos comentarios **no** deberán ser correcciones. El trabajo se puede devolver para que el alumno pueda elaborar la versión final. Deberá realizarse una comprobación de autoría original (por medio de turnitin.com o un sitio web similar) de la versión final entregada que hay que evaluar.

2.1. Criterios

Para evaluar el trabajo de investigación de los alumnos se utilizan cinco criterios de evaluación.

- Compromiso personal (2 ptos.)
- Exploración (6 ptos.)
- Análisis (6 ptos.)
- Evaluación (6 ptos.)
- Comunicación (4 ptos.)

Los tres últimos criterios serán evaluados en cada informe de laboratorio, mientras que los dos primeros serán solamente evaluados (junto con los anteriores) en investigaciones.

Las puntuaciones para cada criterio se suman para determinar la nota final (sobre un total de 24) del componente de evaluación interna. Posteriormente, esta nota es transformada en IBCA para obtener el total sobre el 20%.

2.2 Descriptores

Compromiso personal (CP)

Este criterio evalúa la medida en que el alumno se compromete con la exploración y la hace propia. El compromiso personal se puede reconocer en distintos atributos y habilidades, como abordar intereses personales o mostrar pruebas de pensamiento independiente, creatividad o iniciativa en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.

Puntos	Descriptor	Rúbrica
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.	
1	Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son limitadas, con poco pensamiento independiente, poca iniciativa o poca creatividad.	a
	La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga no demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.	b
	Hay pocas pruebas que demuestren una iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.	c
2	Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son claras, con un grado significativo de pensamiento independiente, iniciativa o creatividad.	a
	La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.	b
	Hay pruebas que demuestran una iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.	c

Exploración (EX)

Este criterio evalúa en que medida el alumno establece el contexto científico del trabajo, plantea una pregunta de investigación clara y bien centrada, y utiliza conceptos y técnicas adecuados al nivel del Programa del Diploma. Cuando corresponde, este criterio también evalúa la conciencia sobre consideraciones de seguridad, medioambientales y éticas.

Puntos	Descriptor	Rúbrica
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.	
1-2	Se identifica el tema de la investigación y se plantea una pregunta de investigación de cierta pertinencia, pero la pregunta no está bien centrada.	a
	La información de referencia que se proporciona para la investigación es superficial o de pertinencia limitada, y no ayuda a comprender el contexto de la investigación.	b
	La metodología de la investigación solo es adecuada para abordar la pregunta de investigación de manera muy limitada, ya que considera unos pocos factores importantes que pueden influir en la pertinencia, fiabilidad y suficiencia de los datos obtenidos.	c
	El informe muestra pruebas de una conciencia limitada acerca de las importantes cuestiones de seguridad , éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación.	d
3-4	Se identifica el tema de la investigación y se describe una pregunta de investigación pertinente, pero la pregunta no esta totalmente bien centrada	a
	La información de referencia que se proporciona para la investigación es, en su mayor parte, adecuada y pertinente, y ayuda a comprender el contexto de la investigación.	b
	La metodología de la investigación es, en su mayor parte, adecuada para abordar la pregunta de investigación, pero tiene limitaciones, ya que considera solo algunos de los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.	c
	El informe muestra pruebas de cierta conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad , éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación* .	d
5-6	Se identifica el tema de la investigación y se describe con claridad una pregunta de investigación pertinente y totalmente bien centrada.	a
	La información de referencia que se proporciona para la investigación es totalmente adecuada y pertinente, y mejora la comprensión del contexto de la investigación.	b
	La metodología de la investigación es muy adecuada para abordar la pregunta de investigación porque considera todos, o casi todos, los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.	c
	El informe muestra pruebas de una completa conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad , éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación* .	d

Análisis (AN)

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que éste ha seleccionado, registrado, procesado e **interpretado** los datos de maneras que sean pertinentes para la pregunta de investigación y que puedan respaldar una conclusión.

Puntos	Descriptor	Rúbrica
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.	
1-2	El informe no incluye suficientes datos brutos pertinentes como para respaldar una conclusión válida para la pregunta de investigación.	a
	Se realiza cierto procesamiento básico de datos, pero es demasiado impreciso o demasiado insuficiente como para llevar a una conclusión válida.	b
	El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis apenas se toma en consideración.	c
	Los datos procesados se interpretan de manera incorrecta o insuficiente, de tal forma que la conclusión no es válida o es muy incompleta.	d
3-4	El informe incluye datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes pero incompletos que podrían respaldar una conclusión simple o parcialmente válida con respecto a la pregunta de investigación.	a
	Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos que podría llevar a una conclusión válida a grandes rasgos, pero hay importantes imprecisiones e incoherencias en el procesamiento.	b
	El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera limitada.	c
	Los datos procesados se interpretan de tal forma que se puede deducir una conclusión válida a grandes rasgos, pero incompleta o limitada, con respecto a la pregunta de investigación.	d
5-6	El informe incluye suficientes datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes que podrían respaldar una conclusión detallada y válida en relación con la pregunta de investigación.	a
	Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos con la precisión necesaria como para permitir extraer una conclusión con respecto a la pregunta de investigación que sea completamente coherente con los datos experimentales.	b
	El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera completa y adecuada.	c
	Los datos procesados se interpretan correctamente, de tal forma que se puede deducir una conclusión completamente válida y detallada de la pregunta de investigación.	d

Evaluación (EV)

Este criterio evalúa en qué medida el informe del alumno aporta pruebas de que éste ha evaluado la investigación y los resultados con respecto a la pregunta de investigación y al contexto científico aceptado.

Puntos	Descriptor	Rúbrica
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.	
1-2	Se resume una conclusión que no es pertinente para la pregunta de investigación o que no cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.	a
	La conclusión hace una comparación superficial con el contexto científico aceptado.	b
	Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se resumen pero se limitan a exponer las cuestiones prácticas o de procedimiento a las que el alumno se ha enfrentado.	c
	El alumno ha resumido muy pocas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.	d
3-4	Se describe una conclusión que es pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.	a
	Se describe una conclusión que realiza cierta comparación pertinente con el contexto científico aceptado.	b
	Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se describen y demuestran cierta conciencia de las cuestiones metodológicas* implicadas en el establecimiento de la conclusión.	c
	El alumno ha descrito algunas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.	d
5-6	Se describe y se justifica una conclusión detallada que es totalmente pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo absoluto de los datos que se presentan.	a
	Se describe y se justifica correctamente una conclusión mediante una comparación pertinente con el contexto científico aceptado.	b
	Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se discuten y demuestran una clara comprensión de las cuestiones metodológicas* implicadas en el establecimiento de la conclusión.	c
	El alumno ha discutido sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.	d

Comunicación (CO)

Este criterio evalúa si la presentación de la investigación y su informe contribuyen a comunicar de manera eficaz el objetivo, el proceso y los resultados.

Puntos	Descriptor	Rúbrica
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.	
1-2	La presentación de la investigación es poco clara, lo cual dificulta comprender el objetivo, el proceso y los resultados. El informe es poco claro y no está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados es inexistente o se presenta de manera incoherente o desorganizada.	a
	La presencia de información inadecuada o no pertinente dificulta la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.	b
	Hay muchos errores en el uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura.	c
		d
3-4	La presentación de la investigación es clara. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados. El informe es claro y está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados se presenta de manera coherente.	a
	El informe es pertinente y conciso, lo cual facilita una rápida comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.	b
	El uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura es adecuado y correcto.	c
	Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión.	d

3. Proyecto del Grupo 4**Introducción**

El proyecto del Grupo 4 es una actividad cooperativa en la que alumnos de diferentes asignaturas del Grupo 4 trabajan juntos en un tema científico, y que permite el intercambio de conceptos y percepciones de las diferentes disciplinas, de conformidad con el objetivo general 10: “fomentar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y la naturaleza abarcadora del método científico”.

El proyecto puede ser de naturaleza práctica o teórica. Se alienta la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

Lo ideal es que en todas las etapas del proyecto los alumnos colaboren con compañeros de otras asignaturas del Grupo 4. No es necesario para ello que el tema elegido esté integrado por componentes claramente identificables correspondientes a asignaturas diferentes.

El proyecto se realiza en el primer año.

Etapas del proyecto

Las 10 horas asignadas al proyecto del Grupo 4, que forman parte de las horas lectivas dedicadas a la evaluación interna, se pueden dividir en tres etapas: planificación, acción y evaluación de resultados.

a) Planificación

Esta etapa es crucial para todo el proyecto y deberá tener una duración de unas dos horas.

- Puede desarrollarse en una sesión única o en dos o tres más cortas.
- Debe incluir una sesión de lluvia de ideas, en la que participen todos los alumnos del Grupo 4, se discuta el tema central y se compartan ideas e información.
- El tema puede ser elegido por los alumnos o por los profesores.
- Si participa un gran número de alumnos, puede ser recomendable que se constituya más de un grupo interdisciplinario.

Una vez que el tema o asunto haya sido seleccionado, se deben definir con claridad las actividades que se llevarán a cabo antes de pasar a las etapas de acción y evaluación de resultados.

Una estrategia puede ser que los alumnos definan por sí mismos las tareas que emprenderán, individualmente o como miembros de los grupos, e investiguen los diversos aspectos que plantea el tema seleccionado. En esta etapa, si el proyecto va a ser de tipo experimental, debe especificarse el equipo que se utilizará, de modo que la etapa de acción no se retrase. En el caso de haber concertado una reunión con otros colegios, puede resultar importante considerarla en este momento.

b) Acción

Esta etapa debe durar unas seis horas y puede llevarse a cabo a lo largo de una o dos semanas dentro del tiempo de clase programado. También se puede realizar en un solo día de clase completo si, por ejemplo, el proyecto requiere trabajo de campo.

- Los alumnos deben investigar el tema en grupos interdisciplinarios o en grupos de una sola asignatura.
- Debe haber colaboración durante la etapa de acción: los resultados de la investigación se deben compartir con los otros alumnos que forman parte del grupo, ya sea interdisciplinario o de una sola asignatura. Durante esta etapa, es importante prestar atención a las cuestiones de seguridad, éticas y medioambientales en cualquier actividad de tipo práctico.

c) Evaluación de los resultados

Durante esta etapa, para la que se necesitarán probablemente dos horas, el énfasis debe recaer en que los alumnos compartan con sus compañeros los resultados de la investigación, tanto los éxitos como los fracasos. La forma de alcanzar este objetivo puede ser decidida por el profesor, los alumnos o en forma conjunta.

- Una de las soluciones posibles puede ser dedicar una mañana o una tarde a un simposio en el que todos los alumnos, de forma individual o en grupo, realicen breves exposiciones.
- Otra opción puede ser la presentación de los resultados de manera más informal, en una feria de ciencias en la que los alumnos observen diversos paneles en los que se expongan resúmenes de las actividades de cada grupo.
- Al simposio o la feria de ciencias podrían asistir los padres, miembros del consejo escolar y la prensa. Este hecho puede ser especialmente pertinente cuando la investigación se

refiere a un asunto de importancia local. Algunos de los hallazgos podrían repercutir en la interacción entre el colegio y su entorno o la comunidad local.

Elección del tema

Los alumnos pueden elegir el tema o proponer varios posibles; el profesor decidirá cuál es el más viable en función de la disponibilidad de recursos, de personal, etc. Otra posibilidad es que el profesor elija el tema o proponga varios para que los alumnos escojan uno.

Temas elegidos por los alumnos

Se resume aquí una estrategia posible para que los alumnos seleccionen un tema, la cual incluye también parte de la fase de planificación. En este momento, los profesores de la asignatura pueden aconsejar a los alumnos sobre la viabilidad de los temas propuestos.

- Identificar los posibles temas consultando a los alumnos por medio de un cuestionario o una encuesta.
- Realizar una sesión inicial de lluvia de ideas sobre posibles temas o cuestiones para investigar.
- Discutir brevemente dos o tres temas que parezcan interesantes.
- Elegir un tema por consenso.
- Los alumnos hacen una lista de los trabajos prácticos que podrían llevar a cabo. A continuación, todos los alumnos comentan los aspectos comunes entre los temas y las posibilidades de colaborar en sus trabajos.

Evaluación

Cada alumno deberá escribir una **reflexión** acerca de su participación en el proyecto del Grupo 4. Dicha reflexión debe incluirse en la portada de su investigación de evaluación interna.

4. Presentación de datos en Biología

Estas directrices están dirigidas a los alumnos de NS y de NM para la redacción de sus informes de investigación. La orientación tiene por objetivo ayudar a los alumnos a realizar presentaciones de sus trabajos claras y fáciles de interpretar.

Unidades

Siempre que sea posible deberá usarse el sistema internacional de unidades, aunque la consideración principal es que las unidades deben adecuarse al propósito. Por ejemplo, es preferible usar minutos en lugar de segundos en algunos casos, como cuando se evalúa el efecto del ejercicio sobre el ritmo cardíaco o la tasa de transpiración; o cm^3 en lugar de m^3 para describir el volumen de dióxido de carbono producido por la respiración de células de levadura. No deben usarse unidades no métricas, como pulgadas o tazas.

Tablas

Las tablas tienen por objeto organizar los datos y disponerlos para su análisis. Las tablas deben tener un título explicativo. "Tabla de resultados" no es un título explicativo, mientras que "Tabla que muestra el tiempo requerido para que *Elodea* produzca 1 cm^3 de oxígeno con diferentes concentraciones de dióxido de carbono" describe la naturaleza de los datos obtenidos. Otros puntos que deben tenerse en cuenta son:

- Las unidades deben aparecer únicamente en los encabezados de las columnas y no en el cuerpo de la tabla.

- El error introducido por el instrumento usado o la precisión de la lectura deben aparecer en el encabezado de la columna si corresponde.
- La variable independiente debe estar en la primera columna.
- Las columnas posteriores deben mostrar los resultados de la variable dependiente.
- El número de decimales debe ser constante en una misma columna.
- Los valores medios no deben tener más decimales que los valores brutos usados para su obtención.

Los métodos usados para procesar los datos deben ser fáciles de seguir y los datos procesados pueden incluirse en la misma tabla que los datos brutos, no hace falta separarlos.

Gráficos

Los gráficos deben ser claros, fáciles de leer e interpretar y deben incluir un título explicativo. Si se utilizó un programa informático, el gráfico debe tener puntos de datos claramente identificados y unos ejes marcados y rotulados con una escala adecuada.

Los puntos de datos deben unirse mediante una línea recta y dicha línea debe comenzar con el primer punto de los datos y concluir con el último, ya que no debe haber ninguna extrapolación más allá de dichos puntos. Las líneas de mejor ajuste solo son útiles si hay una buena razón para creer que los puntos intermedios caen dentro de la línea entre ambos puntos de datos. La razón habitual para ello es la obtención de una gran cantidad de datos, algo que normalmente no resulta posible debido a las restricciones de tiempo que tienen las investigaciones a este nivel. Asimismo, la extrapolación de la línea solo tendrá sentido si hay una gran cantidad de datos y se predice una línea de mejor ajuste o si se hace referencia a valores obtenidos de la literatura científica. Los alumnos deben ser cautos al hacer suposiciones.

Por último, el tipo de gráfico escogido debe adecuarse a la naturaleza de los datos obtenidos.

Error

Hay fuentes de error en varias etapas de cualquier investigación. El método escogido debe procurar abordar todas las fuentes posibles tomando en consideración el control de variables; a pesar de esto muchas fuentes permanecerán. Los alumnos no deben desanimarse por esto, ya que los resultados experimentales solo son muestras (véase el apartado 3 de la sección "Naturaleza de la ciencia": "La objetividad de las ciencias", en la guía de Biología); por el contrario, deben tener esto en cuenta al analizar los datos y extraer conclusiones. Una evaluación cuidadosa de las fuentes de incertidumbre y error también será de ayuda para alcanzar una perspectiva adecuada sobre la investigación en general y para sugerir ampliaciones y mejoras posibles.

Variación aleatoria y variación normal

En las investigaciones biológicas, los errores pueden deberse a cambios en el material usado o a cambios en las condiciones en las que se realiza el experimento. Los materiales biológicos son especialmente variables. Por ejemplo, el potencial hídrico del tejido de una papa puede calcularse sumergiendo fragmentos de tejido en una serie de soluciones de sacarosa con distinta concentración. Sin embargo, el potencial hídrico de los distintos fragmentos de tejido

variará, especialmente si estos han sido extraídos de distintas papas. Los fragmentos de tejido extraídos de la misma papa también presentarán variaciones en su potencial hídrico, aunque probablemente estos muestren una variación normal, inferior a la exhibida por las muestras obtenidas de distintas papas. Los errores aleatorios se pueden mantener, por tanto, en un nivel mínimo mediante una selección meticulosa del material y bajo un cuidado control de las variables. Por ejemplo, mediante el uso de un baño de agua (baño María) para reducir las fluctuaciones aleatorias a temperatura ambiente.

Errores humanos

Cometer errores no es una fuente aceptable de error cuando estos podrían haberse evitado fácilmente poniendo más cuidado y atención. Si hay que realizar una gran cantidad de mediciones, pueden utilizarse registradores de datos para evitar los errores que se producen por falta de concentración. Una planificación cuidadosa puede ayudar a reducir este riesgo.

El acto de medir

Cuando se realiza una medición, la propia acción de medir puede afectar al entorno del experimento. Por ejemplo, si se introduce un termómetro frío en un tubo de ensayo que solo tiene un pequeño volumen de agua caliente en su interior, el agua se enfriará por la presencia del termómetro, por lo que sería razonable aumentar el volumen o tener el termómetro en la solución desde el comienzo. Si se va a registrar el comportamiento de animales, la presencia del experimentador puede influir en el comportamiento de los animales. Aunque hay formas de reducir el impacto de la influencia del observador, esto puede ser un factor que se ha de tener en cuenta más tarde.

Errores sistemáticos

Los errores sistemáticos pueden reducirse si se comprueba o calibra regularmente el equipo para garantizar su funcionamiento correcto. Por ejemplo, un termómetro debe introducirse en un baño de agua electrónico para comprobar que el termostato del baño de agua esté correctamente calibrado. Debería usarse una muestra en blanco para calibrar un colorímetro, y así compensar la desviación del instrumento.

Grados de precisión e incertidumbre en los datos

Los alumnos deben elegir un instrumento apropiado para medir diferentes elementos tales como la longitud, el volumen, el pH y la intensidad de la luz. Esto no significa que haya que justificar cada elemento del equipo y puede comprenderse que en un laboratorio de ciencias normal, puede que no estén disponibles la mayoría de instrumentos apropiados.

Para los grados de precisión, la regla más sencilla es que el grado de precisión es más/menos (\pm) la división menor en el instrumento (división de lectura mínima). Esto se aplica a reglas e instrumentos con pantallas digitales.

El límite de error del instrumento no suele ser mayor que la división mínima y con frecuencia es una fracción del valor de dicha división mínima. Por ejemplo, en una bureta o un termómetro de mercurio se suele leer hasta la mitad de la división de lectura mínima. Esto implica que el valor de una bureta de $34,1 \text{ cm}^3$ se convierte en $34,10 \text{ cm}^3 (\pm 0,05 \text{ cm}^3)$. Tener en cuenta que el valor del volumen se menciona ahora con un decimal más para que haya coherencia con la incertidumbre.

La incertidumbre estimada tiene en cuenta los conceptos de división mínima y límite de error del instrumento, pero también si procede, niveles mayores de incertidumbre tal como indica el fabricante del instrumento (documentación normalmente disponible en línea) o consideraciones cualitativas como los problemas de paralaje al leer la escala de un termómetro, el tiempo de reacción al pulsar un cronómetro al inicio y al final de la medición, o la fluctuación aleatoria en una lectura de una balanza electrónica. Los alumnos deben esforzarse al máximo para cuantificar dichas observaciones con la incertidumbre estimada.

Si bien existen otros protocolos, no existe preferencia por ninguno en concreto: lo importante es que se haya llevado a cabo el registro de las incertidumbres y que éstas sean de una magnitud razonable y sistemática.

Propagación de errores

Aunque no se requiere la propagación de errores durante el procesamiento de datos, ésta será aceptable siempre que se explique la base del error experimental.

Repeticiones y muestras

Los sistemas biológicos, debido a su complejidad y variabilidad intrínseca, requieren repetición de las observaciones y varias muestras de material. Como regla general, el límite inferior será de cinco mediciones para la variable independiente, con tres series por cada una. De este modo se obtendrán cinco puntos de datos para su análisis. Así, por ejemplo en una investigación sobre el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción de una enzima, la temperatura es la variable independiente y la velocidad de reacción la variable dependiente. La variable independiente debe evaluarse, como mínimo, tres veces en cada una de las cinco temperaturas diferentes. Sin lugar a dudas, esto variará dentro de los límites de tiempo disponible para una investigación. Algunas investigaciones sencillas permiten una gran cantidad de mediciones o una gran cantidad de series. También es posible usar los datos de clase para generar suficientes repeticiones como para permitir adecuar el procesamiento de los datos en clase, en actividades prácticas no evaluadas.

La desviación estándar es la dispersión de los datos en torno al valor medio. Cuanto mayor sea la desviación estándar, más amplia será la dispersión de datos. La desviación estándar se utiliza con datos que presentan una distribución normal. Así, resulta útil para mostrar la variación general o la incertidumbre en torno a un punto en un gráfico lineal, pero no lo es tanto para identificar posibles anomalías.

Las barras de error, que representan el valor máximo y el mínimo obtenidos en una prueba, unificadas con la media, que constituirá el punto de datos dibujado en el gráfico mediante una línea vertical, permitirán evaluar la variación/incertidumbre para cada conjunto de datos. Si las barras de error son especialmente amplias, ello podría sugerir que las lecturas realizadas no son fiables (aunque tal vez sea necesario hacer una referencia a la escala para determinar qué se considera "amplio"). Si las barras de error se solapan con la barra de error de un punto anterior o posterior, ello indicaría que la dispersión de los datos es demasiado amplia como para permitir una discriminación efectiva. Si es posible incluir líneas de tendencia, añadir el coeficiente de determinación (R^2) puede ser útil como una indicación de la bondad del ajuste de la línea de tendencia a los datos.

Estadísticas

Una presentación efectiva de los datos pasa por un largo proceso para evaluar si se constata una tendencia o no. Sin embargo, ello no es lo mismo que emplear la estadística para evaluar la naturaleza de una tendencia tal y si ésta es significativa estadísticamente o, dicho de otro modo, si una tendencia es realmente válida a partir del juicio subjetivo de un gráfico. Se fomenta a los alumnos que utilicen una prueba estadística para evaluar sus datos; para ello explicarán brevemente su elección de la prueba, resumirán la hipótesis de trabajo e incluirán los resultados de la prueba en el contexto de su investigación. Cuando se realicen pruebas estadísticas, debe presentarse el protocolo correcto, incluidas las hipótesis nula y alternativa, los grados de libertad, los valores críticos y los niveles de probabilidad.

5. Recomendaciones y orientación para los alumnos

- Conocer los criterios.
- Consultar el material de ayuda en Biología de esta guía.
- Asegurarse de que el tema con planteamiento abierto que haya propuesto permite desarrollar un espectro suficientemente amplio de cuestiones de investigación.
- Asegurarse de que las investigaciones empleadas para la evaluación proporcionan datos cuantitativos.
- Hacer observaciones adicionales sobre el experimento realizado.
- Asegurarse de que las investigaciones tienen potencial como para generar un número suficiente de datos para un procesamiento de relevancia.
- Examinar y estudiar la bibliografía básica sobre el tema, tanto antes de iniciar la investigación, como una vez obtenidos los resultados.

6. Plan de trabajos experimentales en Biología NS

Clave	Nombre del experimento/investigación/proyecto	Tiempo (h)	TIC	Tema	CP	EX	AN	EV	CM
1°-00	Introducción al uso de sensores de toma de datos	0.5	1						
1°-01	Procesamiento y presentación de datos en una hoja de cálculo	1.5	2,3						
1°-02	Determinación de la concentración de glucosa en una disolución	2	2,3	2			✓	✓	✓
1°-03	Propiedades físico-químicas del agua	1	-	2					
1°-04	Determinación del IMC	1	2,3	2			✓	✓	✓
1°-05	Efecto de la temperatura sobre la actividad lipasa/amilasa	2	1,2,3	2,6			✓	✓	✓
1°-06	Investigación experimental de un factor que afecte la actividad de un enzima	4	1,2,3	2		✓	✓	✓	✓
1°-07	Simulación virtual de PCR y electroforesis de ADN gel de agarosa	1	5	7					
1°-08	Simulación virtual: ADN y mutaciones	0.75	5	7					
1°-09	Frecuencia y ligamiento de caracteres genéticos humanos	1	2,3	3			✓	✓	✓
1°-10	Simulación por ordenador del proceso de selección natural	0.75	5	5					
1°-11	Uso de un microscopio óptico para investigar la estructura de células y tejidos y realización de dibujos de las células. Cálculo del número de aumentos de los dibujos y el tamaño real de las estructuras y ultraestructuras representadas en los dibujos o en micrografías	2	-	1			✓	✓	✓
1°-12	Estimación de la osmolaridad en tejidos, con la inmersión de muestras en disoluciones hipotónicas e hipertónicas	2	2,3	1			✓	✓	✓
1°-13	Medición de las tasas de transpiración mediante el uso de potómetros	2	5	9			✓	✓	✓
1°-14	Investigación de un factor que influya en la tasa de germinación	2	1,2,3	9		✓	✓	✓	✓
	Proyecto del Grupo 4	10							
	Total de horas 1 ^{er} año	33							

Clave	Nombre del experimento/investigación/proyecto	Tiempo (h)	TIC	Tema	CP	EX	AN	EV	CM
2°-01	Efecto del tipo de azúcar sobre la respiración aerobia de la levadura panadera	3	1,2,3	2,8			✓	✓	✓
2°-02	Separación de pigmentos fotosintéticos mediante el cromatógrafo	1	-	2,8					
2°-03	Tinción de Gram y observación de bacterias al microscopio óptico	1.5		1,B					
2°-04	Búsqueda, alineamiento y construcción de un cladograma de la citocromo c oxidasa de diferentes especies	1.5	4,5	2,5,10,B				✓	✓
2°-05	Investigación Individual	10			✓	✓	✓	✓	✓
2°-06	Efecto de la temperatura sobre la tasa de respiración de semillas en germinación usando un respirómetro	2	1,2,3	9			✓	✓	✓
2°-07	Diseción y observación macroscópica de corazón de cerdo	1		6					
2°-08	Control de la ventilación en seres humanos durante el reposo y tras un ejercicio suave y vigoroso	2		6			✓	✓	✓
2°-09	Investigación de un factor que influya en la fuerza de agarre	2	1,2,3	11		✓	✓	✓	✓
2°-10	Base de datos de la OMS sobre incidencia del VIH	1	2,3,4	6					
2°-11	Efecto de los antibióticos sobre las bacterias	2	1,2,3	6			✓	✓	✓
2°-12	Organización de un mesocosmos cerrado para tratar de establecer condiciones de sustentabilidad	1		4					
2°-13	Base de datos de CO ₂ atmosférico: Calentamiento global	1	2,3	4					
2°-14	Estudio estadístico (χ^2) de campo sobre la asociación de 2 especies	2		4			✓	✓	✓
	Total de horas 2° año	31							
	Total de horas Evaluación Interna Diploma	64							

TIC: 1- Programa de registro de datos (Data logging), 2- Programa de trazado de gráficas (Graph plotting software), 3- Hoja de cálculo (Spreadsheet), 4- Base de datos (Database), 5- Programa de modelización y simulación por ordenador (Computer model/simulation).