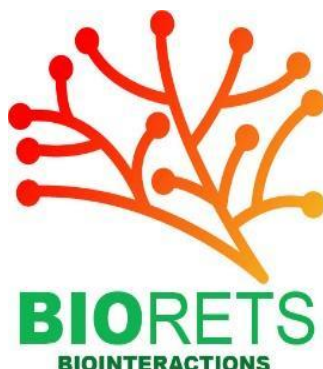


BIOLOGICAL & BIOMOLECULAR INTERACTIONS / BIORETS: BIOINTERACTIONS



DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE ACTIVIDAD

UNIDAD:

Fortaleciendo habilidades investigativas y una actitud positiva hacia las ciencias mediante la evaluación de la calidad del agua a través de macroinvertebrados

6TO GRADO

Maestra: Wilmari Torres Ortiz

Escuela: Dr. Pedro Albizu Campos, Aguas Buenas

mayo 2025





GUIA DEL/ DE LA MAESTRO/A

MATERIA: Ciencias (Biología preparatoria)

NIVEL/GRADO: Intermedia / Sexto

DURACIÓN: 1 mes y medio

CONCEPTOS PRINCIPALES: aplicación del método científico, ecosistemas, biodiversidad, bioindicadores, macroinvertebrados, calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, métodos de recolección y análisis, interpretación de resultados, clasificación de macroinvertebrados.

CONCEPTOS SECUNDARIOS: microscopio (uso y partes), instrumentos de medición (uso y manejo), pH, temperatura, oxígeno disuelto y ecosistemas.

CONOCIMIENTO PREVIO: seguridad en el laboratorio, interpretación básica de datos y gráficos, características de los vertebrados e invertebrados, ecosistemas acuáticos, cadena trófica, ciclo de vida en los organismos, conceptos básicos de observación e inferencia y clasificación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAJE

1. **Evaluar conocimientos previos y actitudes hacia las ciencias:** Identificar el nivel de conocimiento sobre el método científico, la percepción hacia la ciencia y las competencias en el uso de instrumentos de medición antes de iniciar las actividades mediante la preprueba.
2. **Desarrollar competencias en el manejo de instrumentos de laboratorio:** Guiar a los estudiantes en el uso correcto y seguro de instrumentos de medición como microscopios, refractómetros y kits de prueba de agua, promoviendo habilidades en la toma precisa de datos.
3. **Fomentar el uso de macroinvertebrados como bioindicadores en el análisis de calidad del agua:** Facilitar la identificación de macroinvertebrados, su clasificación y su papel en la evaluación de la salud del agua en diferentes cuerpos acuáticos.

4. **Interpretar datos fisicoquímicos y relacionarlos con los índices de calidad del agua:**
Utilizar los datos recolectados de parámetros fisicoquímicos junto con los índices de biotividad BMWP-PR e IBF-PR para realizar una evaluación completa de la calidad del agua.
5. **Desarrollar el pensamiento crítico mediante la comparación y análisis de resultados:**
Promover el análisis y comparación de datos entre grupos para identificar patrones, posibles errores en la medición y aspectos que afecten la precisión de los resultados.
6. **Medir cambios en el conocimiento y actitud hacia las ciencias:** Evaluar el cambio en el conocimiento y la actitud hacia las ciencias y el método científico en los estudiantes al finalizar la unidad, identificando el impacto del plan de acción en su aprendizaje mediante la posprueba.

ESTÁNDARES, EXPECTATIVAS E INDICADORES DEL GRADO

Estándares	Expectativas	Indicadores
Ingeniería y tecnología	6.IT1	5: Conoce los conceptos fundamentales inherentes a la creación de una propuesta de investigación (con énfasis en conocer el método científico y las bases para el desarrollo de una propuesta de investigación: redacción de problemas de investigación, identificación de variables, redacción de hipótesis, medición, medios para recopilar e interpretar datos, y aspectos de ética y seguridad).
Ciencias Biológicas	6.CB1	28: Reconoce las particularidades de cada grupo de animales invertebrados y vertebrados, e identifica las diferencias entre ellos.
	6.CB2	3: Explica la importancia de los ecosistemas para el ambiente.
		8: Distingue entre los tipos de organismos que forman los ecosistemas (productores, consumidores, descomponedores), considerando su función dentro de la cadena trófica y el orden en esta.
		22: Reconoce y menciona los daños que los seres humanos causan al ambiente (quema de combustibles, desechos tóxicos, deforestación, contaminación térmica, entre otros), provocando el cambio climático que afecta la estructura y la biodiversidad de los ecosistemas, para dar recomendaciones de mitigación a estos

TRASFONDO

La calidad del agua es un tema de crucial importancia en la educación científica, especialmente dentro de un contexto como el de Puerto Rico, donde los recursos hídricos son fundamentales tanto para la biodiversidad como para la salud humana. Los ecosistemas acuáticos, que incluyen ríos, lagos y quebradas, no solo sustentan una rica diversidad biológica, sino que también son esenciales para el bienestar de las comunidades humanas. Por ello, la

comprensión y monitoreo de la calidad del agua se convierte en una prioridad educativa para formar ciudadanos responsables y conscientes del medio ambiente (Gutiérrez-Fonseca & Ramírez, 2016). En este contexto, la calidad del agua se refiere a la condición del agua en términos de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y cómo estas afectan a los organismos que dependen de ella (Gutiérrez-Fonseca & Ramírez, 2016).

Factores como el pH, la temperatura, la oxigenación y la presencia de nutrientes son críticos para determinar la capacidad de un cuerpo de agua para sostener la vida. Estos parámetros no solo determinan la salud de los ecosistemas acuáticos, sino que también son indicativos de la presencia de contaminantes o de la degradación ambiental (UEA Repositorio, 2023). La alteración de estos factores puede tener consecuencias significativas, no sólo para la flora y fauna que dependen de estos cuerpos de agua, sino también para las comunidades humanas que utilizan estos recursos para consumo, recreación y agricultura (Manzoor et al., 2021).

Un aspecto esencial en el estudio de la calidad del agua es la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Estos organismos, que incluyen insectos, moluscos y crustáceos, son altamente sensibles a las variaciones en la calidad del agua, lo que los convierte en excelentes indicadores de la salud de los cuerpos de agua (Manzoor et al., 2021). Su presencia o ausencia puede proporcionar información valiosa sobre la calidad del agua, especialmente en términos de contaminación orgánica y cambios en el hábitat. Por ejemplo, la presencia de especies sensibles como los efemerópteros indica agua de alta calidad, mientras que una abundancia de especies tolerantes, como los quironómidos, puede señalar contaminación (Manzoor et al., 2021). La identificación y clasificación de estos organismos se realizan utilizando guías especializadas que permiten a los educadores y estudiantes evaluar la salud del agua de manera precisa y efectiva (UEA Repositorio, 2023).

La integración de actividades prácticas centradas en la calidad del agua dentro de esta unidad curricular no solo responde a la necesidad de desarrollar competencias investigativas en los estudiantes, sino que también busca fomentar una conciencia ambiental profunda. Las actividades propuestas están diseñadas para que los estudiantes puedan identificar y analizar los factores que influyen en la calidad del agua, utilizando tecnologías modernas y metodologías científicas (Gutiérrez-Fonseca & Ramírez, 2016). Este enfoque práctico es fundamental para que los estudiantes comprendan cómo los factores fisicoquímicos afectan directamente la vida acuática y cómo los macroinvertebrados pueden ser utilizados para monitorear estos cambios

(Manzoor et al., 2021). Además de desarrollar habilidades investigativas, esta unidad curricular también está diseñada para incrementar actitudes positivas hacia las ciencias naturales y una mayor comprensión de la importancia de la conservación ambiental, integrando actividades prácticas y el uso de tecnología avanzada (UEA Repositorio, 2023). Esto es particularmente relevante en Puerto Rico, donde los recursos hídricos están bajo presión por diversas actividades humanas, y donde la educación ambiental puede jugar un papel crucial en la preservación de estos recursos (Gutiérrez-Fonseca & Ramírez, 2016).

En conclusión, esta unidad curricular sobre la calidad del agua ofrece a los estudiantes una experiencia educativa integral que abarca desde el desarrollo de habilidades investigativas y pretende fomentar una actitud positiva hacia las ciencias. A través de actividades cuidadosamente diseñadas y el uso de tecnologías avanzadas, los estudiantes no solo aprenderán sobre la importancia de la calidad del agua y los macroinvertebrados como bioindicadores, sino que también se prepararán para ser ciudadanos científicos comprometidos con la preservación de nuestro entorno natural. Este enfoque educativo no solo equipará a los estudiantes con las habilidades necesarias para investigar y proteger los recursos hídricos, sino que también proporcionará a los maestros una guía clara y efectiva para enseñar estos conceptos críticos en el aula.

GLOSARIO

- **Microscopio de disección:** instrumento que permite observar muestras biológicas a través de lentes de aumento, permitiendo ver detalles no visibles a simple vista.
- **“Water Quality Tester”:** herramienta que mide la calidad del agua midiendo parámetros como la temperatura y la conductividad.
- **Tira de prueba de pH:** tira reactiva que cambia de color para indicar si una sustancia es ácida o alcalina.
- **Kit de prueba “Freshwater Master”:** conjunto de pruebas químicas para analizar parámetros del agua dulce como el pH, salinidad, temperatura, entre otros.
- **Refractómetro:** instrumento que mide la cantidad de luz que se refracta a través de una muestra líquida para determinar la concentración de solutos.
- **“Fiberglass Folding Rulers”:** regla plegable de fibra de vidrio utilizada para medir distancias con precisión.

- ***“Metric Open Reel Fiberglass Tapes”***: cinta métrica enrollada que se utiliza para medir grandes distancias con precisión.
- **Salinidad**: la cantidad de sales disueltas en el agua, generalmente medida en partes por mil (ppt). Es un indicador importante para determinar la calidad del agua, especialmente en ecosistemas marinos y costeros.
- **TDS (sólidos disueltos totales)**: los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) se refieren a la cantidad de minerales, sales, metales y otros materiales disueltos en el agua. Se miden en partes por millón (ppm) y son esenciales para evaluar la pureza y calidad del agua.
- **EC (conductividad eléctrica) (EC, por sus siglas en inglés)**: es la capacidad del agua para conducir electricidad, lo cual está relacionado con la cantidad de iones presentes en ella. Un mayor nivel de sales disueltas aumenta la conductividad, lo que ayuda a medir la concentración de minerales en el agua.
- **pH**: medida que indica la acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutral. Un pH menor a 7 indica acidez, y un pH mayor a 7 indica alcalinidad. Es un parámetro clave para mantener un ambiente acuático saludable.
- **Macroinvertebrados**: animales sin columna vertebral que se pueden ver a simple vista y que viven en entornos acuáticos.
- **Ecosistema**: conjunto de organismos vivos que interactúan entre ellos y con su entorno.
- **Contaminación**: presencia de sustancias nocivas en el medio ambiente.
- **Crustáceos**: grupo de animales invertebrados que incluyen a los cangrejos, camarones y langostas.
- **Moluscos**: grupo de animales invertebrados que incluyen a los caracoles y las almejas.
- **Clasificación**: proceso de organizar organismos en categorías según sus características.
- **Tórax**: la parte media del cuerpo de un insecto, que generalmente lleva las patas y las alas.
- **Abdomen**: parte posterior del cuerpo de un insecto que contiene los órganos digestivos y reproductivos.
- **Bioindicadores**: organismos que indican la calidad del ambiente en el que viven.
- **Índice Biótico de la Familia (IBF)**: un índice que combina la tolerancia y la abundancia de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua.

- **Biological Monitoring Working Party (BMWP):** un índice que suma los valores de tolerancia de las familias de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua.
- **Fisicoquímico:** rama de la ciencia que estudia la interrelación entre las propiedades físicas y químicas de una sustancia.
- **Grupo taxonómico:** Conjunto de organismos que comparten características comunes y que se agrupan dentro de una jerarquía taxonómica, como reino, filo, clase, orden, familia, género o especie.
- **Familia (en taxonomía):** Categoría taxonómica situada entre el orden y el género; incluye uno o varios géneros que comparten características similares.
- **Especie:** Grupo de organismos que pueden reproducirse entre sí y tener descendencia fértil, compartiendo características genéticas y estructurales comunes.
- **PocketMacro (herramienta tecnológica):** Aplicación digital educativa que ayuda a identificar y clasificar macroinvertebrados acuáticos mediante imágenes y descripciones interactivas.
- **Guías ilustradas (científicas):** Material de consulta con imágenes y descripciones detalladas que permite identificar y clasificar especies de organismos.

MATERIALES

Las cantidades de los materiales son para que los estudiantes trabajen en grupos de 3 a 4 integrantes. De no contar con la cantidad recomendada puede preparar estaciones para que los estudiantes roten.

Material / Equipo	Cantidad Aproximada	Descripción
1. Beginner's Dissection Kit	6	Herramientas básicas para realizar disecciones y manipulación cuidadosa de muestras.
2. Lupa con luz y soporte	6	Amplifica detalles de los organismos para observación externa antes del uso de microscopio.

3. Microscopio de disección	6	Permite observar con precisión los macroinvertebrados y sus características anatómicas.
4. Petri Dish de vidrio	12	Recipientes de vidrio donde se colocan las muestras para su observación detallada.
5. Fiberglass Folding Rulers	6	Reglas plegables resistentes al agua para medir tamaño de organismos o distancias.
6. Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico	6 (o fotocopias)	Guía visual con información taxonómica para identificar y clasificar organismos acuáticos.
7. Bandeja de cubo de hielo con tapa	6	Se usa para mantener frías las muestras durante la actividad.
8. Equipo de protección: batas, guantes, gafas	Para todos los alumnos	Elementos de seguridad básicos para protegerse durante la manipulación de muestras y reactivos.
9. Kit de prueba “Freshwater Master”	3	Permite realizar pruebas de pH, nitrato, nitrito y amoníaco en muestras de agua dulce.
10. Goteros de diversos tamaños	12	Sirven para tomar muestras pequeñas de agua y aplicar reactivos de forma precisa.
11. Refractómetro	6	Mide la refracción de la luz para determinar la concentración de solutos en el agua.
12. Water Quality Sensor	6	Sensor digital que mide pH, temperatura y oxígeno disuelto en una muestra de agua.
13. Lupas	6	Lentes de aumento portátiles para observaciones rápidas o en campo.
14. Arcilla polimérica o de secado al aire	6	Material moldeable para representar macroinvertebrados de forma creativa.
15. Envase de desperdicios químicos	3	Recipiente seguro para desechar residuos generados durante el análisis de agua.

16. Material para manualidad	2 por grupo	Suministros para construir modelos artísticos de los organismos observados.
17. Muestras de macroinvertebrados acuáticos preservados	18 (3 por grupo)	Ejemplares guardados para observación y clasificación de laboratorio.
18. Muestra de agua de río y playa	6	Agua real utilizada para hacer pruebas fisicoquímicas y analizar su calidad.
19. Hojas de trabajo	Según cantidad de estudiantes	Documentos donde se registran observaciones, resultados y reflexiones de cada actividad.
20. PocketMacro app	1 por grupo	Aplicación para identificar macroinvertebrados y conocer su nivel de tolerancia.
21. Imágenes o juguetes de macroinvertebrados	6 de cada familia	Apoyos visuales y táctiles para el reconocimiento de especies.
22. Calculadora	1 por grupo	Herramienta para realizar los cálculos de índices como el IBF-PR.
23. Libreta de anotaciones o laboratorio	1 por estudiante	Cuaderno para tomar notas, registrar datos adicionales y escribir reflexiones.

BIBLIOGRAFIA

Adams, J., & Vaughan, M. (2003). Macroinvertebrates of the Pacific Northwest: A field guide.

The Xerces Society. <https://www.xerces.org>

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2022). Ciencia de la Vida: Programas y

Normativas Educativas. <https://www.depr.pr.gov/ciencia-de-la-vida>

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2022). Estándares de contenido y expectativas de grado: Programa de Ciencias. Departamento de Educación de Puerto Rico

Gutiérrez-Fonseca, P. E., & Ramírez, A. (2016). Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación. *Hidrobiológica*, 26(3), 433-441.

Manzoor, M., & Bhat, K. A. (2021). Bio-indicator species: Their role in monitoring water pollution. In S. K. Ali (Ed.), Water pollution and management (pp. 187-205). Taylor & Francis.

Mendoza Valencia, K. C., Vera Romero, M. M., Moreira Caicedo, M. G., & Arteaga Espinoza, K. A. (2023). Entornos Personales de Aprendizaje (PLE) para Fomentar el Aprendizaje Autónomo en los Estudiantes. Revista Científica Multidisciplinaria, 8(1), 1988-2005.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9603

National Geographic Society. (n.d.). Biology. National Geographic. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/biology/>

NASA. (2021). Biology and Life Sciences. Retrieved from <https://www.nasa.gov/subject/6884/biology-and-life-sciences/>

Rojas, S. A., Barrientos, P. E., Valle, S. M., & Chanamé, R. (2021). Desarrollo de habilidades investigativas en el contexto educativo. Revista PAIAN, 12(1).
<https://doi.org/10.26495/rcp.v12i1.1658>

South Carolina Adopt-a-Stream. (2021). Libro de instrucción para los voluntarios en el monitoreo de aguas dulces (2a ed.). South Carolina Department of Health and Environmental Control, & Clemson. University Center for Watershed Excellence.
<https://scadoptastream.org/resources/>

UEA Repositorio. (2023). El uso de bioindicadores en el monitoreo de la calidad del agua. Repositorio Universidad de la Amazonía. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/166>

PROCESO EDUCATIVO (INICIO, DESARROLLO Y CIERRE)

Assessment continuo

Antes de iniciar la unidad, el maestro administra dos prepruebas para evaluar los conocimientos y actitudes iniciales de los estudiantes:

- Inventario de las ciencias: Esta preprueba consta de 31 ítems de selección múltiple y está diseñada para medir la actitud de los estudiantes hacia las ciencias.
- Preprueba de la unidad curricular: Consta de 35 ítems divididos en dos partes. La primera parte es de selección múltiple y la segunda es de cierto y falso. Esta preprueba evalúa las destrezas y conocimientos específicos relacionados con la calidad del agua y los macroinvertebrados como bioindicadores.

Durante las cuatro actividades de la unidad, el maestro lleva a cabo una evaluación continua mientras observa a los estudiantes en acción, discutiendo y presentando sus respuestas en grupo. Este proceso permite a la maestra evaluar el progreso de los estudiantes en tiempo real, identificar errores o conceptos erróneos, y hacer correcciones según sea necesario.

INICIO - En esta etapa, el maestro introduce los conceptos clave de forma gradual para guiar a los estudiantes en la exploración y comprensión de los principios detrás de cada actividad. Este enfoque permite que los estudiantes construyan una conexión sólida entre teoría y práctica.

- Exploración de conocimientos previos: Cada actividad comienza con una breve exploración de los conocimientos previos de los estudiantes, utilizando preguntas abiertas o actividades de lluvia de ideas. Esto permite que los estudiantes compartan lo que saben sobre temas como el uso de instrumentos de laboratorio, la calidad del agua y los macroinvertebrados como bioindicadores.
- Presentación de conceptos: El maestro introduce los conceptos principales de cada actividad, aclarando dudas y explicando cualquier término desconocido. La unidad incluye códigos QR que enlazan a artículos científicos y presentaciones digitales, para que los estudiantes puedan explorar en profundidad los temas relacionados con los macroinvertebrados y la calidad del agua. Estas herramientas fomentan una discusión inicial sobre la importancia de estos organismos y parámetros para el monitoreo ambiental.

DESARROLLO - El maestro facilita actividades prácticas y observaciones, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos de forma activa.

- Demostraciones guiadas y práctica en grupos: durante las actividades, el maestro realiza demostraciones detalladas sobre el uso de los instrumentos y los procedimientos necesarios. Los estudiantes registran sus observaciones y pasos en sus hojas de trabajo, que les sirven como referencia en sus prácticas.
- Evaluación continua con hojas de trabajo: cada actividad cuenta con una hoja de trabajo específica que los estudiantes completan durante el desarrollo. El maestro se mueve entre los grupos, observa su desempeño y formula preguntas que promuevan la comprensión profunda. Esta observación permite corregir errores al momento y asegura que los estudiantes comprendan cada paso del procedimiento.

- Aplicación de conocimientos mediante tareas específicas: en actividades como la interpretación de datos de calidad del agua, los estudiantes utilizan índices biológicos (BMWP y IBF) y realizan cálculos basados en sus observaciones y datos fisicoquímicos. El maestro proporciona ejemplos prácticos y apoyo para que los estudiantes puedan trabajar de forma autónoma, empleando la hoja de trabajo como herramienta de medición y reflexión sobre lo aprendido en cada actividad.

CIERRE

El cierre en cada actividad permite resumir y consolidar el aprendizaje, al mismo tiempo que se prepara a los estudiantes para una evaluación final reflexiva. Además, como parte del cierre de la unidad, el maestro vuelve a administrar las prepruebas iniciales para evaluar el progreso y el cambio en actitudes y conocimientos.

- Discusión de resultados y reflexión sobre las hojas de trabajo: al final de cada actividad, el maestro lidera una discusión sobre los resultados obtenidos, alentando a los estudiantes a compartir sus hallazgos y reflexionar sobre los desafíos encontrados. Además, se revisan los datos registrados en las hojas de trabajo, permitiendo una evaluación grupal de los resultados y un análisis de los logros alcanzados en cada sesión.
- Re-administración de las prepruebas: como parte del cierre de la unidad, el maestro debe administrar nuevamente tanto el Inventario de la Ciencia como la preprueba de la unidad curricular. Esto permite comparar los resultados con las evaluaciones iniciales y evaluar el impacto de la unidad en términos de habilidades investigativas y actitudes hacia las ciencias.

ACTIVIDAD #1: MANEJO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Objetivos:

1. Identificar correctamente los diferentes instrumentos de medición y explicar su uso básico.
2. Aplicar el conocimiento adquirido para realizar mediciones precisas utilizando los instrumentos y comparar los resultados obtenidos de diferentes muestras de agua.

Materiales:

6 microscopios de disección	2 Kits de prueba Freshwater Master	Muestras de agua de río y playa (3 recipientes por cada grupo)
3 Water quality testers 6 vasos precipitados	6 Fiberglass Folding Rulers	Hojas de trabajo de registro de mediciones (para cada grupo)
3 refractómetros	6 Metric Open Reel Fiberglass Tapes	Listas de cotejo para el manejo de instrumentos (una por estudiante)

Preparación antes de la actividad:

- Configurar las estaciones de trabajo con todos los instrumentos necesarios para cada grupo.
- Asegurarse de que las muestras de agua de río y playa están etiquetadas correctamente. Determinar los parámetros fisicoquímicos para luego comparar los resultados con los estudiantes.
- Preparar las hojas de trabajo de registro de mediciones y las listas de cotejo.
- Probar los equipos para asegurarse de que están funcionando correctamente.
- Dividir a los estudiantes en grupos con anterioridad para asegurar una transición rápida al inicio de la actividad.
- Realizar una evaluación exploratoria con la lista de cotejo para el manejo de los instrumentos de medición antes de comenzar las demostraciones. Esto ayudará a identificar el nivel inicial de destreza en el manejo de los instrumentos y permitirá un seguimiento del progreso de los estudiantes durante la actividad.

Procedimiento:

1. Inicio - Clase 1

- a. Exploración del conocimiento previo: Comenzar con una lluvia de ideas preguntando a los estudiantes qué instrumentos de laboratorio han utilizado antes y cómo creen que se utilizan los mencionados (microscopios de disección, water quality tester, refractómetro, etc.).
 - b. Introducción: Mencionar y presentar todo el equipo de medición que se utilizará para efectos de dicha unidad.
 - c. Explorar el conocimiento previo sobre los conceptos de oxígeno disuelto, temperatura y pH, EC (conductividad eléctrica) y TDS (sólidos disueltos totales).
 - d. Entregar a los estudiantes la hoja de trabajo cuyo tema es identificación del equipo de medición. Esperar que estos los completen y discutir el mismo.
 - e. Cierre: Explicar los objetivos de la próxima actividad.
2. Desarrollo (3 sesiones 50 minutos c/u) Clase 2 y 3
- a. Introducción: Entregar las listas de cotejo que será utilizada para evaluar el manejo de los equipos.
 - b. Demostración guiada: (1.5 sesión)
 - i. Mostrar cómo se utiliza cada equipo. Empezar con el microscopio de disección, seguido por el water quality tester, refractómetro y otros equipos de medición.
 - ii. Mientras demuestras el uso de cada equipo, realiza preguntas abiertas para asegurar que los estudiantes están comprendiendo.
 1. Ejemplos de preguntas abiertas: ¿Qué ajustes harías si la imagen de la muestra no se ve clara después de colocarla en la platina?, ¿Por qué es importante sumergir el sensor hasta la línea indicada al tomar una medición?, ¿Cómo sabes cuándo la tira de pH ha medido correctamente el nivel de acidez o alcalinidad en el agua?, ¿Qué pasos debes seguir después de agregar las gotas de reactivo para obtener una medición precisa del agua?, ¿Qué debes verificar antes de anotar la lectura del refractómetro para asegurarte de que sea correcta?, ¿Cómo puedes asegurarte de que la medida que estás tomando con la regla sea lo más precisa posible? y ¿Qué precauciones debes tomar cuando desenrollar la cinta métrica para evitar errores en la medición?
 - iii. Los estudiantes deben anotar observaciones en sus hojas de trabajo sobre cómo usar cada equipo.

1. Ver hoja con tema laboratorio demostrativo en la guía del estudiante.

c. Práctica en grupos: (1.5 sesión)

- i. Cada grupo practica el uso de los equipos utilizando las muestras de agua de río y playa.
- ii. Durante la práctica, moverse entre los grupos para observar su manejo y corregir cualquier error.
- iii. Los estudiantes registran las mediciones obtenidas en sus hojas de trabajo.

3. Cierre (1 sesión 50 minutos)

a. Evaluación final (Examen práctico):

- i. Cada estudiante realiza una evaluación práctica individual utilizando los equipos de laboratorio.
- ii. Evaluar el manejo de los equipos mediante la lista de cotejo entregada al inicio.
- iii. Discutir los resultados de las mediciones y cómo los instrumentos contribuyen a la precisión de estos.

Hoja/s de Trabajo: Para esta actividad son tres hojas de trabajo se encuentra en la guía del estudiante, cada una lleva como título “Manejo de instrumentos de medición”. A continuación, se indica número de página por hoja:

1. Identificación del equipo de medición - página 45 (Se muestra la hoja de contestaciones del ejercicio)

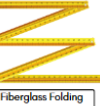

Manejo de instrumentos de medición


Nombre: _____ Fecha: _____

Grupo: _____

Tema: Identificación del equipo de medición

Instrucciones: Observa las imágenes de los equipos a continuación y escribe el nombre correcto de cada uno en el espacio provisto.

 Water quality tester	 pH Strip	 Gotero
 Refractómetro	 Microscopio de disección	 Fiberglass Folding Rulers
 Muestra de agua	 Freshwater master test kit	 Metric Open Reel Fiberglass Tapes

2. Laboratorio demostrativo - página 61

3. Laboratorio practico -página 62

Análisis de resultados:

El maestro, junto a los estudiantes discutirán los resultados de la actividad.

- Discutir en clase las mediciones obtenidas por los estudiantes y comparar las diferencias entre las muestras de agua de río y playa.
- Analizar qué factores pueden haber afectado los resultados y la precisión de las mediciones.
- La lista de cotejo se presenta a continuación.

Lista de cotejo- Manejo de los instrumentos de medición

No.	Indicadores por evaluar	Cumplimiento		Puntos	Observaciones
		Cumple	No cumple		
ASPECTOS GENERALES					
1.	Organización y disposición de los materiales de laboratorio durante la práctica				
2.	Manejo adecuado de los reactivos, sustancias o muestras utilizados en la práctica				
3.	Capacidad para seguir correctamente las indicaciones y procedimientos de la práctica				
EVALUACIÓN POR INSTRUMENTO					
1)	Microscopio de disección				
	Capacidad para utilizar el microscopio de manera segura y adecuada.				
	Precisión y habilidad en la realización de las observaciones.				
	Destreza en la manipulación del microscopio.				
2)	Water quality tester				

No.	Indicadores por evaluar	Cumplimiento		Puntos	Observaciones
		Cumple	No cumple		
	Capacidad para utilizar el water quality tester de manera segura y adecuada.				
	Precisión y habilidad en la medición de parámetros (temperatura, pH, conductividad, TDS0, etc.).				
	Destreza en la manipulación del “water quality tester”				
3)	Test Strip				
	Capacidad para utilizar las tiras de pH de manera segura y adecuada.				
	Precisión en la comparación de los resultados del “test strip”.				
	Destreza en la manipulación de las tiras.				
4)	Refractómetro				
	Capacidad para utilizar el refractómetro de manera segura y adecuada.				
	Precisión en la medición de salinidad/densidad.				
	Destreza en la manipulación del refractómetro.				
5)	Fiberglass Folding Rulers				
	Capacidad para utilizar la regla plegable de fibra de vidrio de manera segura y adecuada.				
	Precisión en la medición de longitudes.				
	Destreza en la manipulación de la regla plegable				
6)	Metric Open Reel Fiberglass Tapes				

No.	Indicadores por evaluar	Cumplimiento		Puntos	Observaciones
		Cumple	No cumple		
	Capacidad para utilizar la cinta métrica de manera segura y adecuada.				
	Precisión en la medición de longitudes.				
	Destreza en la manipulación de la cinta métrica.				

Otros recursos: A continuación, se comparte recursos para el manejo, calibración y uso de los instrumentos. La calibración y uso del instrumento puede variar dependiendo del tipo de instrumento del que disponga.

- <https://youtu.be/dWZtXv6OKmM?si=JmowROQOliSQ4unk> (uso del microscopio)
- <https://youtu.be/SvksjH9gedQ?si=DL8zuBHulgEZGQ5-> (Configurando un medidor de pH y midiendo agua alcalina)
- <https://youtu.be/2rPeCqhSPDE?si=m6FJ95ZAPIJWdOYX> (Calibrar Water quality testers)
- <https://youtu.be/MI3soQKULIM?si=9c-zqMuKW74MT4JI> (Refractómetro)

ACTIVIDAD #2: INTRODUCCIÓN – EXPLORANDO SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS

Objetivos:

- Reconocer la anatomía básica de los macroinvertebrados y utilizar la terminología correcta para describir sus características.
- Comprender el rol de los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, así como sus características morfológicas.
- Colaborar en equipo para representar creativamente un macroinvertebrado mediante una manualidad.

Materiales:

Los estudiantes en grupos de tres estudiantes seleccionaran 2 organismos por el grupo taxonómico de su preferencia para representarlo cada uno mediante una manualidad. Luego como grupo seleccionaran el macroinvertebrado del que presentaran. A continuación, se menciona los materiales que necesita para llevar a cabo esta actividad junto con la cantidad.

Lienzos de canvas pequeños – 6 pqts	OPCIONAL: Base para realizar el modelo (PVC, madera u otros)	Pinceles de diferentes tamaños	2 por grupo Cartulina
1 set de pintura acrílicas por grupo	OPCIONAL: Herramientas de modelado, 1 por grupo	Paleta de mezclas 1 por grupo	1 pqt por grupo Lápices de colores, marcadores
(6 pqts) Arcilla polimérica o arcilla de secado al aire	1 dispositivo móvil computadora con internet	Hojas de trabajo (para cada estudiante)	Presentación digital

Procedimiento:

1. Inicio –

- Comienza con una breve lectura del extracto seleccionado del artículo científico titulado *Comparación de calidad de agua entre ríos receptores de aguas residuales tratadas y no tratadas por A.A.A mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores*,

destacando cómo los macroinvertebrados son utilizados para evaluar la calidad del agua en diferentes ríos. Pregunta a los estudiantes si alguna vez han visto o escuchado sobre estos pequeños organismos.

- Actividad: Introduce el tema de los macroinvertebrados usando la presentación desde la diapositiva 16 (Macroinvertebrados). Define qué son y discute brevemente su importancia en los ecosistemas acuáticos.

- Accede a la presentación mediante el siguiente enlace o escanea en código QR:



https://www.canva.com/design/DAGOpKWhUhc/OOMuCPCaylkY_nJnYk-OtQ/view?utm_content=DAGOpKWhUhc&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

2. Desarrollo

- **Sección 1 (*Se estima que el tiempo aproximado para el inicio y desarrollo sección uno 1 clase y media*)**
 - Exploración Visual: Continúa con la presentación visual, mostrando diferentes tipos de macroinvertebrados y explicando sus roles en el ecosistema. Permite que los estudiantes hagan preguntas y participen activamente.
 - Ejercicio de práctica utilizando la hoja de trabajo titulada explorando sobre los macroinvertebrados. (Act. #2, Hoja I)
 1. Discutir el ejercicio
- **Sección 2 (*Se estima que el tiempo aproximado para la continuación del desarrollo 1 sección de 50 min*)**
 - Explicar el uso de la aplicación de la aplicación PocketMacro y la hoja de tarea nombrada Explorando sobre los macroinvertebrados- Clasificación (Act. #2 , Hoja II-A).
 1. Puede acceder a la siguiente fuente para obtener más información sobre el uso de la aplicación mencionada.
 - a. <https://youtu.be/b3IKG5IXLxA?si=4iJEqbQzR3zvIBB4>
 - b. <https://seetolearn.weebly.com/help.html>

2. Práctica con PocketMacro: Los estudiantes, organizados en grupos, utilizarán la aplicación PocketMacro para identificar al menos 3 imágenes de macroinvertebrados y registrar sus observaciones en la hoja de trabajo. Las imágenes del ejercicio pueden ser consultadas en la página web <https://www.macroinvertebrates.org/>. A continuación, se proporciona un video tutorial para su uso: <https://youtu.be/b3IKG5IXLxA?si=4iJEqbQzR3zvIBB4>

a. Discute la primera parte de la hoja de tarea Explorando sobre los macroinvertebrados- Clasificación (Act. #2 , Hoja II-A). Asigna la segunda parte de la hoja (Act. #2 , Hoja II-B).

3. Cierre (1 clase y media)

- Actividad Creativa: Cada grupo seleccionará un macroinvertebrado y creará una manualidad que lo represente, utilizando los materiales proporcionados. Esto les permitirá consolidar lo aprendido de manera lúdica.
 - Modelado con arcilla
 - Dibujo (camiseta, cartulina o lienzo de canvas pequeño)
- Por grupo una persona investigue más sobre el macroinvertebrado que seleccionaron y presenten un breve informe en la próxima clase junto con su manualidad.
 - Preguntas para Investigar sobre el macroinvertebrado:
 1. ¿Cuáles son las características físicas distintivas de tu macroinvertebrado?
 2. ¿En qué tipo de hábitat se encuentra comúnmente este macroinvertebrado y por qué es importante para ese ecosistema?
 3. ¿Qué rol juega este macroinvertebrado en la cadena alimenticia de su hábitat?
 4. ¿Cómo afectan los cambios ambientales, como la contaminación, a la población y distribución de este macroinvertebrado?

Hoja/s de Trabajo:

Para esta actividad se han diseñado dos hojas de trabajo, se presentan a continuación con una breve descripción.

- Act. #2, Hoja I: Hoja de ejercicio en la que el estudiante identifica las características físicas para distinguir entre los macroinvertebrados que pertenecen al grupo de los insectos acuáticos. (Se utiliza como parte de la sección I)



EXPLORANDO SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS



Nombre :	Fecha:	Grupo:

I- Anatomía y terminología de macroinvertebrados

Observa las ilustraciones de los macroinvertebrados acuáticos proporcionadas. Dibuja y etiqueta las partes principales del cuerpo en una hoja de papel, como la cabeza, el tórax, el abdomen, y otras características visibles.

Vista dorsal de una ninfa de efimera (Ephemeroptera):

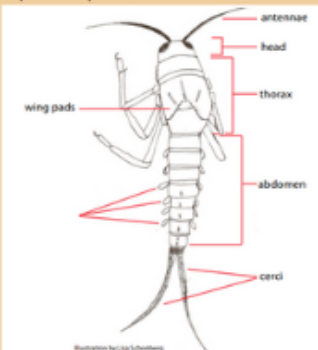


Illustration by Lisa Schenberg

Vista dorsal de un adulto de chinche gigante de agua (Hemiptera):

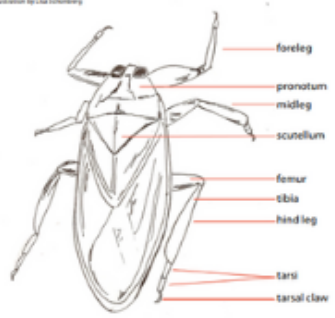


Illustration by Lisa Schenberg

Vista lateral de una larva de mosca Dixid (Diptera: Dixiidae):

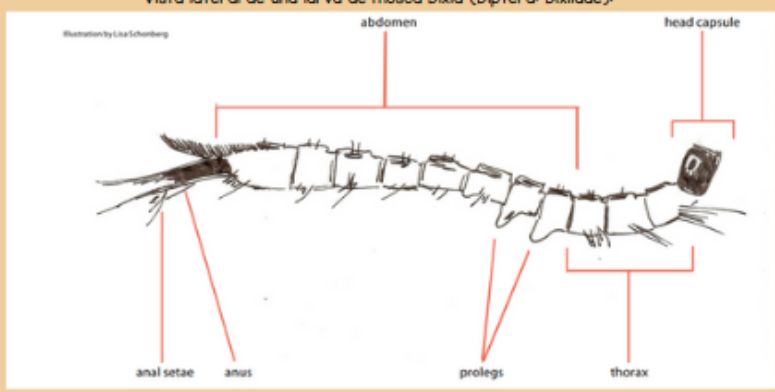


Illustration by Lisa Schenberg

© Magic Science with Mrs. Torres

- Act. #2, Hoja II-A: Se utiliza como parte de la sección II de esta actividad. En la primera parte de la Hoja II, en donde identificarán las estructuras de las muestra o imágenes usando como recurso la aplicación PocketMacro.



Explorando sobre los macroinvertebrados

Clasificación



Nombre:

Fecha:

Integrantes del grupo:

Grupo:

I. Identificación con PocketMacro

Instrucciones: Observa cada imagen o muestra de macroinvertebrado utiliza la aplicación PocketMacro para identificar características como alas, patas y antenas, etc. Luego, responde las preguntas en la hoja de tarea para cada imagen y finalmente escribe el nombre de cada organismo.

IMAGEN o Muestra 1

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

☐ Sí ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

☐ Sí ☐ No

IMAGEN o MUESTRA 2

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

☐ Sí ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

☐ Sí ☐ No

IMAGEN O MUESTRA 3

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

☐ Sí ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

☐ Sí ☐ No

4. Menciona los macroinvertebrados que identificaste utilizando la aplicación.

© Magic Science with Mrs. Torres

Act. #2 , Hoja II

- Act. #2, Hoja II-B: Segundo parte de la Hoja II, el cual será asignado para trabajar en el hogar, que contiene una serie de preguntas que permitirá al estudiante buscar información sobre el organismo seleccionado. Estas preguntas son clave para la presentación.



Explorando sobre los macroinvertebrados

Clasificación



II. Reflexión y actividad creativa

Instrucciones: Reflexiona sobre la importancia ecológica de tu macroinvertebrado y escribe por qué es importante para el ecosistema. Luego investiga más sobre uno de los macroinvertebrados discutidos en clase respondiendo a las preguntas para investigar. Por último, crea una manualidad que represente al macroinvertebrado usando arcilla o dibujo (ve la rúbrica para mayor información).

1.Importancia en el Ecosistema: Describe en una oración por qué este macroinvertebrado es importante para el ecosistema acuático:

2.Preguntas para investigar: Investiga sobre un macroinvertebrado que llame tu atención de los discutidos en clase. Responde las preguntas en una hoja parte.

a. ¿Cuáles son las características físicas distintivas de tu macroinvertebrado?

b. ¿En qué tipo de hábitat se encuentra comúnmente este macroinvertebrado y por qué es importante para ese ecosistema?

c. ¿Qué rol juega este macroinvertebrado en la cadena alimenticia de su hábitat?

d. ¿Cómo afectan los cambios ambientales, como la contaminación, a la población y distribución de este macroinvertebrado?

© Magic Science with Mrs.Torres

Act. #2 , Hoja II

Análisis de resultados: El maestro, junto a los estudiantes discutirán los resultados de la actividad por cada grupo. A continuación, comparto las rubricas a utilizar para evaluar el trabajo creativo.



Región Educativa Caguas
Distrito Escolar Cidra
Escuela Dr. Pedro Albizu Campos



Integrantes: _____

Grupo: _____

Profa. Wilmari Torres

Ciencias

Rúbrica de Dibujo

Criterios	Excede la expectativa (4)	Cumple totalmente las expectativas (3)	Satisface las expectativas (2)	Por debajo de las expectativas (1)
Exactitud anatômica	El dibujo incluye todos los detalles anatómicos del macroinvertebrado, reflejando precisión en las proporciones y características principales.	El dibujo incluye la mayoría de las estructuras anatómicas correctas, con proporciones adecuadas.	El dibujo tiene algunas estructuras anatómicas correctas, pero carece de precisión en proporciones o detalles importantes.	El dibujo no refleja correctamente las estructuras anatómicas o presenta errores significativos en las proporciones.
Identificación de estructura	Todas las estructuras principales del macroinvertebrado están claramente identificadas y etiquetadas con precisión.	La mayoría de las estructuras principales están identificadas y etiquetadas correctamente.	Algunas estructuras están identificadas correctamente, pero faltan etiquetas o hay errores menores en la identificación.	Las estructuras no están identificadas o las etiquetas presentan errores significativos.
Uso del nombre científico	El nombre científico está correctamente escrito (en cursiva) y cumple con las normas taxonómicas internacionales.	El nombre científico está escrito correctamente, pero no se sigue completamente el formato requerido.	El nombre científico está incompleto o tiene errores en el formato (cursiva, mayúsculas, etc.).	No incluye el nombre científico o está completamente incorrecto
Estética y presentación	El dibujo es visualmente atractivo, detallado y limpio, utilizando colores o sombreado para resaltar las características del macroinvertebrado.	El dibujo es funcional y mayormente limpio, con algunos elementos que destacan las características principales del macroinvertebrado.	El dibujo tiene un esfuerzo limitado en presentación y estética, y algunos detalles son confusos o desordenados.	El dibujo carece de presentación adecuada, lo que dificulta identificar las características principales del macroinvertebrado.
Puntualidad	Entrega el trabajo en la fecha correspondiente, en la hora de la clase.	Entrega el trabajo el día correspondiente, pero, fuera de la hora de la clase.	Entrega el trabajo un día tarde.	Entrega el trabajo luego de dos o más días tardes.
Trabajo en Equipo	El grupo trabajó de manera excepcionalmente coordinada y colaborativa, manteniendo un área de trabajo limpia, gestionando el tiempo eficientemente, y siguiendo todas las normas de convivencia del salón.	El grupo trabajó bien junto con pequeños problemas de coordinación o limpieza; manejaron bien el tiempo y siguieron las normas de convivencia la mayoría del tiempo.	El grupo mostró esfuerzos básicos de colaboración con algunos problemas en la limpieza del área, manejo del tiempo o seguimiento de las normas.	El grupo tuvo problemas significativos en trabajar juntos, limpiar el área, gestionar el tiempo y seguir las normas de convivencia.
Total:	/ 24			
Observaciones:				



**Región Educativa Caguas
Distrito Escolar Cidra
Escuela Dr. Pedro Albizu Campos**



Integrantes: _____

Grupo: _____

Profa. Wilmarí Torres

Ciencias

Rúbrica de moldeado de arcilla

Criterios	Excede la expectativa (4)	Cumple totalmente las expectativas (3)	Satisface las expectativas (2)	Por debajo de las expectativas (1)
<i>Exactitud Anatómica</i>	La representación del macroinvertebrado es detallada y anatómicamente precisa, incluyendo todas las partes importantes.	La representación es bastante precisa, con algunas omisiones menores.	La representación es reconocible, pero falta detalles importantes.	La representación carece de precisión y detalles anatómicos.
<i>Identificación de estructura</i>	Todas las estructuras principales del macroinvertebrado están claramente identificadas y etiquetadas con precisión.	La mayoría de las estructuras principales están identificadas y etiquetadas correctamente.	Algunas estructuras están identificadas correctamente, pero faltan etiquetas o hay errores menores en la identificación.	Las estructuras no están identificadas o las etiquetas presentan errores significativos.
<i>Uso del nombre científico</i>	Todas las estructuras principales del macroinvertebrado están claramente identificadas y etiquetadas con precisión.	El nombre científico está escrito correctamente, pero no se sigue completamente el formato requerido.	El nombre científico está incompleto o tiene errores en el formato (cursiva, mayúsculas, etc.).	No incluye el nombre científico o está completamente incorrecto.
<i>Creatividad y estética</i>	El modelo es innovador, estéticamente agradable y utiliza materiales de forma creativa para destacar las características del macroinvertebrado.	El modelo es funcional, con algunos elementos creativos que destacan las características principales del macroinvertebrado.	El modelo muestra un esfuerzo limitado en creatividad o estética, con detalles que podrían mejorarse.	El modelo carece de creatividad o estética, lo que dificulta identificar las características principales del macroinvertebrado.
<i>Puntualidad</i>	Entrega el trabajo en la fecha correspondiente, en la hora de la clase.	Entrega el trabajo el día correspondiente, pero, fuera de la hora de la clase.	Entrega el trabajo un día tarde.	Entrega el trabajo luego de dos o más días tardes.
<i>Trabajo en Equipo</i>	El grupo trabajó de manera excepcionalmente coordinada y colaborativa, manteniendo un área de trabajo limpia, gestionando el tiempo eficientemente, y siguiendo todas las normas de convivencia del salón.	El grupo trabajó bien junto con pequeños problemas de coordinación o limpieza; manejaron bien el tiempo y siguieron las normas de convivencia la mayoría del tiempo.	El grupo mostró esfuerzos básicos de colaboración con algunos problemas en la limpieza del área, manejo del tiempo o seguimiento de las normas.	El grupo tuvo problemas significativos en trabajar juntos, limpiar el área, gestionar el tiempo y seguir las normas de convivencia.
Total:	/ 24			
Observaciones:				

- A continuación, se comparte la rúbrica que pueden utilizar para evaluar la exposición de los estudiantes.

Criterios	Excede las expectativas	Cumple totalmente las expectativas	Satisface las expectativas	Por debajo de las expectativas
Formalidad de la presentación	Todos los integrantes se presentan de forma clara y participan en la exposición.	La mayoría de los integrantes se presentan y participan en la exposición.	Solo algunos integrantes se presentan, y la participación es desigual.	No hay presentación formal, o pocos integrantes participan en la exposición.
Claridad y organización	La presentación está bien estructurada, sigue una secuencia lógica, y los estudiantes se expresan con fluidez, confianza y claridad en su mensaje.	La presentación está organizada y los estudiantes se expresan mayormente con claridad, aunque con algunos lapsos.	La presentación tiene problemas de estructura o secuencia, y los estudiantes no se expresan con confianza.	La presentación es desorganizada, difícil de seguir, y las expresiones de los estudiantes son poco claras.
Características físicas distintivas	Explica claramente y con detalle las características físicas que distinguen al macroinvertebrado y su relación con su entorno.	Explica las características físicas distintivas del macroinvertebrado, pero falta profundidad o conexión al entorno.	Menciona algunas características físicas, pero no explica cómo están relacionadas con el entorno.	No identifica correctamente las características físicas distintivas del macroinvertebrado.
Hábitat y relevancia ecológica	Describe con precisión el hábitat del macroinvertebrado y su importancia ecológica, respaldando con ejemplos o evidencia.	Describe adecuadamente el hábitat y la importancia ecológica, aunque con ejemplos o evidencias limitados.	Menciona el hábitat y la relevancia ecológica, pero de forma superficial o incompleta.	No identifica correctamente el hábitat ni la importancia ecológica del macroinvertebrado.
Impacto de los cambios ambientales	Analiza cómo los cambios ambientales (e.g., contaminación) afectan a la población y distribución del macroinvertebrado, respaldando con ejemplos claros.	Explica cómo los cambios ambientales afectan al macroinvertebrado, pero con ejemplos limitados o generales.	Menciona los cambios ambientales, pero no explica claramente su impacto en el macroinvertebrado.	No identifica el impacto de los cambios ambientales sobre el macroinvertebrado.
Trabajo en equipo	El grupo trabajó de manera excepcionalmente coordinada y colaborativa, manteniendo un área de trabajo limpia, gestionando el tiempo eficientemente, y siguiendo todas las normas de convivencia del salón.	El grupo trabajó bien junto con pequeños problemas de coordinación o limpieza; manejaron bien el tiempo y siguieron las normas de convivencia la mayoría del tiempo.	El grupo mostró esfuerzos básicos de colaboración con algunos problemas en la limpieza del área, manejo del tiempo o seguimiento de las normas.	El grupo tuvo problemas significativos en trabajar juntos, limpiar el área, gestionar el tiempo y seguir las normas de convivencia.

ACTIVIDAD #3: OBSERVACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

Objetivos:

- Utilizar correctamente el microscopio de disección para identificar características anatómicas claves que permitan clasificar a los macroinvertebrados.
- Identificar y clasificar macroinvertebrados utilizando claves morfológicas, guías ilustradas y aplicaciones tecnológicas (PocketMacro).

Materiales: Durante esta actividad los estudiantes trabajaran en grupos, se recomienda que sean de 3 a 4 estudiantes. Dependiendo de la cantidad de estudiantes y grupos será la cantidad de materiales que necesitará. La actividad se planifico para 6 grupos cada uno con 4 estudiantes o menos. A continuación, se menciona los materiales que necesita para llevar a cabo esta actividad junto con la cantidad.

Microscopios de disección-6	Muestras de macroinvertebrados 3 por grupo	Goteros de diversos tamaños acuáticos	Tiras de calidad de agua -6
Kits de disección-6	Petri Dishes de vidrio-6	Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico.	Freshwater Master Tester Kit
Guantes	Bata de laboratorio	Envase de desperdicios químicos	Gafas

Preparación antes de la actividad:

1. Revisión conceptual previa con presentación interactiva- Antes de comenzar con la actividad y sus secciones, se debe presentar y discutir con los estudiantes la presentación titulada: Una inmersión práctica en macroinvertebrados y calidad del agua. Esta presentación introduce los conceptos fundamentales de la actividad 3 y 4. La misma contiene otras actividades formativas integradas alineadas con las tareas prácticas. Se recomienda al maestro utilizarla como guía visual y de discusión. Escanea el siguiente código QR para acceder a la presentación.



2. Preparación del espacio y equipos- Organizar el aula por estaciones de trabajo (mínimo 6 grupos). Verificar que los microscopios estén en condiciones óptimas. Tener listo los organismos preservados que utilizaran para los grupos se recomienda 6 especies diferentes abundando en los macroinvertebrados que tiene un nivel de tolerancia moderado o tolerante a la contaminación.
3. Impresión y distribución de hojas de trabajo
4. Equipos de protección y seguridad

Procedimiento:

1. Inicio

- a. Exploración de conocimiento previo: comienza la clase preguntando a los estudiantes si recuerdan cómo utilizar el microscopio y lo que aprendieron sobre los macroinvertebrados en la clase anterior. Pregunta si alguien tiene alguna duda sobre el uso de las herramientas o la observación de los organismos.
- b. Actividad de inicio: utiliza una actividad interactiva como una "observación guiada" donde les muestres una imagen proyectada de un macroinvertebrado y les pidas que identifiquen partes del cuerpo o hagan observaciones iniciales, guiándolos con preguntas. Esto motivará a los estudiantes y enfocará su atención en la observación detallada. A continuación, comparto una serie de imágenes que para que utilice la de su preferencia.





FOTOS DE MACROINVERTEBRADO
IMÁGENES DE MACROINVERTEBRADOS PARA UTILIZAR EN EL EJERCICIO DE IDENTIFICACIÓN



Las figuras a continuación se clasifican como: (A y E) Diptera, chironomidae; (B) Ephemeroptera, caenidae; (C y F) Hemiptera, velidae; (D) Blattodea, blaberidae; (G) Trichoptera, glossosomatidae; (H) Hemiptera, notonectidae; (I) Lepidoptera, crambidae; (J) Trichoptera, calamoceratidae y (K) Trichoptera, polycentropodidae.

G)



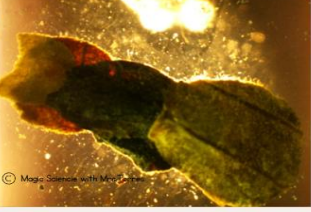
H)



I)



J)



K)



Puedes realizar las siguientes preguntas para dirigir la observación.

- i. Proyecta una imagen a la vez y pregunta a los estudiantes qué partes del cuerpo pueden identificar. Por ejemplo, pregunta: “¿Dónde está la cabeza de este organismo?”, “¿Cuántas patas tiene?”, “¿Qué partes ven en el tórax?”.
- ii. A medida que los estudiantes identifiquen las partes del cuerpo, guíalos para que utilicen esa información para clasificar el macroinvertebrado. Pregunta: “Con base en lo que ven, ¿este organismo podría ser un insecto acuático, un crustáceo o un molusco? ¿Por qué?”.
- iii. Después de identificar y clasificar cada imagen, discute brevemente con los estudiantes las características que los ayudaron a clasificar el organismo. Esto los preparará para la observación más detallada que realizarán con los microscopios durante la actividad principal.

2. Desarrollo

- a. Observación y clasificación: los estudiantes, organizados en grupos, utilizarán los microscopios de disección para observar los macroinvertebrados, recolectados previamente por el/la maestro/a, en sus estaciones. Se enfocarán en identificar las partes anatómicas clave (cabeza, tórax, abdomen) en el caso de que pertenezca al

grupo de insectos y clasificarán los organismos utilizando la Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico. Además, registrarán sus hallazgos en la hoja de trabajo y emplearán PocketMacro para confirmar la identificación de los macroinvertebrados.

- i. Assessment continuo: Durante este tiempo, muévete entre los grupos para observar cómo trabajan, haciendo preguntas que les ayuden a enfocar sus observaciones y asegurándote de que utilizan correctamente las herramientas y la guía.

3. Cierre

- a. Cada grupo compartirá con el resto de la clase cuáles fueron los macroinvertebrados presentes en su muestra.
- b. Como grupo, se discutirán las características anatómicas más destacadas de los macroinvertebrados clasificados:
 - i. ¿Qué partes del cuerpo ayudaron más en la identificación?
 - ii. ¿Qué patrones se observaron entre organismos del mismo grupo?
- c. Conteo general de organismos y familias- Se hará una contabilidad colectiva entre todos los grupos para conocer:
 - i. ¿Cuántas familias diferentes se identificaron en total?
 - ii. ¿Cuántos organismos hubo por familia?
 - iii. Esta contabilidad servirá como base de datos común para la Parte 2, donde se calcularán los índices de bioticidad.

Hoja/s de Trabajo: Para esta actividad se han diseñado una hoja de trabajo, nombrada clasificación de macroinvertebrados- Laboratorio, cuyo propósito es guiar a los estudiantes en la observación anatómica detallada y clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos proporcionados.

Importante:

- Se recomienda que cada estudiante tenga su propia copia de la hoja, incluso si trabajan en dúo o grupo, para asegurar la responsabilidad individual durante la observación.

- Los integrantes del grupo pueden compartir sus hallazgos entre sí y luego contrastarlos con el apoyo de la aplicación PocketMacro y la Guía de Macroinvertebrados de Puerto Rico.
- La hoja está adaptada para tres tipos de muestras, lo cual permite trabajar con una variedad de macroinvertebrados en una sola sesión sin necesidad de múltiples hojas.
 - Diferenciación por tipo de organismo: Para estudiantes que observen organismos que no son insectos acuáticos (como moluscos, anélidos o crustáceos), se sugiere utilizar la versión alternativa de la hoja de trabajo, la cual contiene una estructura adaptada a su morfología particular.

Clasificación de Macroinvertebrados Laboratorio

Nombre: _____ Fecha: _____

Integrantes del grupo: _____ Grupo: _____

I. Descripción y clasificación

Instrucciones: En esta sección, vas a observar atentamente el macroinvertebrado que tienes frente a ti. Usa tus sentidos para notar detalles importantes, como el color, la forma y cualquier parte del cuerpo que te llame la atención. Anota lo que ves en los espacios correspondientes. Si no sabes el nombre del macroinvertebrado, no te preocupes, describe lo mejor que puedas.

Muestra I

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia : _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables :

a. Cabeza

i. Antenas: ☐ Si ☐ No

ii. Mandíbula: ☐ Si ☐ No

iii. Ojos: ☐ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias torácicas: ☐ Si ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☐ Si ☐ No

iii. Patas: ☐ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☐ Si ☐ No

ii. Prolegs: ☐ Si ☐ No Cantidad de colas: _____

iii. Cercos: ☐ Si ☐ No

© Magic Science with Mrs. Torres Act. #3

Muestra II

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables:

a. Cabeza

i. Antenas: ☒ Si ☐ No

ii. Mandíbulas: ☒ Si ☐ No

iii. Ojos: ☒ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias torácicas: ☒ Si ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☒ Si ☐ No

iii. Patas: ☒ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☒ Si ☐ No

ii. Prolegs: ☒ Si ☐ No Cantidad de colas (cercos): _____

iii. Cercos: ☒ Si ☐ No

Muestra III

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables:

a. Cabeza

i. Antenas: ☒ Si ☐ No

ii. Mandíbulas: ☒ Si ☐ No

iii. Ojos: ☒ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias torácicas: ☒ Si ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☒ Si ☐ No

iii. Patas: ☒ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☒ Si ☐ No

ii. Prolegs: ☒ Si ☐ No Cantidad de colas (cercos): _____

iii. Cercos: ☒ Si ☐ No

Muestra II

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables:

a. Cabeza

I. Antenas: ☐ Si ☐ No

II. Mandíbula: ☐ Si ☐ No

III. Ojos: ☐ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

I. Branquias: ☐ Si ☐ No

II. Alas: ☐ Si ☐ No

III. Patas: ☐ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

I. Branquias: ☐ Si ☐ No

II. Colas: ☐ Si ☐ No Cantidad de colas: _____

III. Cercos: ☐ Si ☐ No

Muestra III

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Tipo de organismo:

☐ Molusco (ej. caracol, almeja)

☐ Crustáceo (ej. camarón, cangrejo, anfípodo {scud} o isópodo {sowbug})

☐ Anélidos (ej. lombrices acuáticas, sanguijuelas)

☐ Otros: _____

4. Forma del cuerpo:

☐ Segmentado ☐ Ovalado ☐ Redondeado ☐ Alargado

5. ¿Cuántas patas observas (si aplica)? _____

6. Presencia de concha o exoesqueleto: ☐ Si ☐ No

a. De ser sí la respuesta, responde: ¿Qué forma tiene? _____

Análisis de resultados: Al concluir la observación y clasificación de macroinvertebrados, se llevará a cabo un análisis grupal e interpretativo con el propósito de consolidar los aprendizajes y preparar los datos para la siguiente actividad. A continuación, se mencionan las fases del análisis:

1. **Discusión por grupo (oral)**

Cada grupo deberá presentar brevemente al resto de la clase:

- **¿Qué macroinvertebrados identificaron en sus muestras?**
- **¿Cuál fue el organismo más difícil de identificar y por qué?**
- **¿Qué partes del cuerpo les ayudaron más durante el proceso de clasificación?**
 - *Ejemplo 1:* Grupo A identificó una larva de efímera (Ephemeroptera) y explicó que el número de colas y la forma de la cabeza les ayudó en su clasificación. También mencionaron confusión inicial con una larva de plecóptero.

2. **Registro en la pizarra (actividad dirigida por el maestro)**

El maestro facilitará la recopilación de los datos en una tabla o gráfico colectivo, anotando:

- **Número de familias diferentes identificadas por grupo.**
- **Número de individuos encontrados por cada familia.**

Estos datos permitirán:

- Calcular el **total de organismos identificados por toda la clase.**
- Consolidar el **número de individuos por familia**, necesario para el cálculo de índices en la próxima actividad.

3. **Síntesis y conexión con la próxima actividad**

El maestro explicará que la información recopilada se utilizará en la siguiente actividad, donde los estudiantes:

- Aplicarán **dos herramientas científicas de biomonitorio: BMWP-PR** (*Biological Monitoring Working Party adaptado para PR*) y el **IBF-PR**: (*Índice Biótico de Familias de PR*) analizarán cómo estas herramientas permiten **evaluar la salud del ecosistema** a partir de la presencia, diversidad y abundancia de macroinvertebrados.

Actividad #4: Evaluación de ecosistemas acuáticos mediante macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos

Objetivos:

- Aplicar los índices de biotividad (BMWP-PR e IBF-PR) para determinar la calidad del agua en ecosistemas de agua dulce.
- Medir parámetros fisicoquímicos del agua (pH, amoníaco, nitritos, nitratos) utilizando kits de análisis.
- Relacionar los datos biológicos y fisicoquímicos para interpretar la salud de un ecosistema acuático.

Materiales: Durante esta actividad los estudiantes trabajaran en grupos, se recomienda que sean de 3 a 4 estudiantes. Dependiendo de la cantidad de estudiantes y grupos será la cantidad de materiales que necesitará. La actividad se planifico para 6 grupos cada uno con 4 estudiantes o menos. A continuación, se menciona los materiales que necesita para llevar a cabo esta actividad junto con la cantidad.

Microscopios de disección-6	Muestras de macroinvertebrados 3 por grupo	Goterros de diversos tamaños acuáticos	Tiras de calidad de agua -6
Kits de disección-6	Petri Dishes de vidrio-6	Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico.	Freshwater Master Tester Kit
Guantes	Bata de laboratorio Gafas	Envase de desperdicios químicos	Water quality sensor

Preparación antes de la actividad:

1. Preparación del espacio y equipos- Organizar el aula por estaciones de trabajo (mínimo 6 grupos).
2. Asegurarse de que todos los equipos están calibrados y en buen estado. Verificar que los kits de análisis y/o las tiras estén en condiciones óptimas.

3. Organización de los materiales: Coloca las guías de macroinvertebrados, manual del freshwater kiet para la data relacionado a los factores fisicoquímicos, y calculadoras en cada estación de trabajo.
4. Repasar lo importancia y necesidad de (Measure pH y High range pH), amoníaco (NH₃/NH₄), nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃).
 - a. Puede verificar la información faltante accediendo a las páginas 71 y 72 de parámetros fisicoquímicos en ecosistemas de agua dulce
5. Equipos de protección y seguridad - Explicar el protocolo de manejo y disposición segura de residuos químicos. Designar un envase para el desecho de materiales utilizados en el análisis del agua. Se recomienda que la prueba química del “freshwater máster tester” lo realice el educador si no cuenta con equipo de protección para todos los estudiantes.
6. Impresión y distribución de hojas de trabajo

Procedimiento:

1. **Inicio:** Presenta un ejemplo sencillo de cómo se calcula uno de los índices de bioticidad utilizando una especie común de macroinvertebrado. Proyecta los valores de tolerancia y explica paso a paso cómo se suman los valores y cómo se interpreta el resultado. Para mayor detalle utiliza la Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico donde se explica como calcular ambos índices, se encuentra anejada en la página 78 al 79 de esta guía. Ejemplo de evaluación con macroinvertebrados: Los organismos en el ejemplo son: Odonata - Libélula (familia: Libellulidae); Trichoptera – Calamoceratidae; Díptera – Chironomidae y Hemiptera – Leptopilidae.
 - a. Paso 1 Clasificación de los organismos en la guía: Cada familia de macroinvertebrados tiene un valor de tolerancia específico asignado en la guía de acuerdo con su sensibilidad a la contaminación. Los valores para cada familia en este ejemplo son:

Grupo Taxonómico	Familia	BMWP-PR Valor	IBF-PR Valor
Odonata	Libellulidae	5	5
Trichoptera	Calamoceratidae	7	1
Díptera	Chironomidae	2	9
Hemiptera	Leptopilidae	6	6

f

b. Paso 2 Cálculo del BMWP-PR: Identificación de presencia: para el índice BMWP-PR, sólo importa la presencia de cada familia, sin importar la cantidad de individuos.

- Identificación de presencia: para el índice BMWP-PR, sólo importa la presencia de cada familia, sin importar la cantidad de individuos.
- Suma de valores: sumamos los valores de tolerancia asignados a cada familia identificada en el río.

Cálculo del BMWP-PR: $BMWP=5+7+2+6=20$

- Utilizando la tabla que se provee a continuación se determina el índice BMWP'PR.

Índice BMWP'PR

- El valor de tolerancia se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos que sean recolectados.
- El valor del índice para cada sitio se obtiene sumando los valores de tolerancia (t_i) de cada familia ($BMWP=\sum t_i$).
- Este valor permite determinar la calidad de agua de acuerdo a las categorías enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el BMWP'PR.

BMWP-PR	CALIDAD DE AGUA
≥ 97	Aguas de calidad excelente.
77 - 96	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.
57 - 76	Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada.
37 - 56	Aguas de calidad mala, contaminadas.
18 - 36	Aguas de calidad mala, muy contaminadas.
≤ 17	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas.

- Interpretación: consultando la clasificación del BMWP-PR en la guía, podemos ver que un puntaje de 20 indica que la calidad del agua en este ejemplo podría caer en una categoría que sugiere contaminación moderada a alta, dependiendo de la escala específica establecida en la guía.

c. Paso 3 Cálculo del IBF-PR: A diferencia del BMWP, el IBF-PR considera la cantidad de individuos en cada familia.

- Cálculo del IBF-PR: usamos la fórmula del IBF-PR: $IBF = \frac{\sum (n_i \times t_i)}{N}$ donde n_i es el número de individuos de la familia, t_i es el valor de tolerancia de la familia, y N es el número total de individuos.

Para Libellulidae: $3 \times 5 = 15$

Para Calamoceratidae: $2 \times 1 = 2$

Para Chironomidae: $10 \times 9 = 90$

Para Leptopilidae: $4 \times 6 = 24$

a. Suma total de los valores de tolerancia: $15 + 2 + 90 + 24 = 131$

b. Número total de individuos (N): $3 + 2 + 10 + 4 = 19$

c. $IBF = \frac{131}{19} \approx 6.89$

- ii. Utilizando la tabla que se comparte a continuación se interpreta que un valor de 6.89 indica un nivel de calidad de agua que podría estar en una categoría que sugiere contaminación orgánica sustancial, según la interpretación de la guía.

Índice IBF'PR

- Este índice combina los valores de tolerancia con la abundancia de cada familia y el número total de individuos en una muestra.
- El valor del índice se obtiene de la sumatoria de multiplicar los valores de tolerancia de cada familia (t_i) por la abundancia de organismos (n_i) y dividiendo esto por el número total de individuos (N) recolectados ($IBF = \sum(n_i \times t_i) / N$).
- El valor obtenido es asociado a una categoría de calidad de agua enlistada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el IBF'PR.

IBF-PR	CALIDAD DE AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN	CATEGORÍA
0.00 - 4.24	Excelente	Contaminación orgánica poco posible.	1
4.25 - 5.11	Muy Buena	Contaminación orgánica leve.	2
5.12 - 5.98	Buena	Alguna contaminación orgánica.	3
5.99 - 6.85	Regular	Contaminación orgánica sustancial.	4
6.86 - 7.72	Regular Pobre	Contaminación orgánica muy sustancial.	5
7.73 - 8.59	Pobre	Contaminación orgánica severa.	6
8.60 - 9.46	Muy Pobre	Contaminación orgánica muy severa.	7

- d. En la tabla que se presenta a continuación, contiene los datos y el resultado calculado en el BMWP'PR así como el cálculo del IBF.

Familia	BMWP-PR Valor	IBF-PR Valor	Número de Individuos	Cálculo Parcial IBF ($n_i \times t_i$)
Libellulidae	5	5	3	$3 \times 5 = 15$
Calamoceratidae	7	1	2	$2 \times 1 = 2$
Chironomidae	2	9	10	$10 \times 9 = 90$
Leptopilidae	6	6	4	$4 \times 6 = 24$
Totales	20 (BMWP)		19	131

2. Desarrollo:

a. Los estudiantes, organizados en grupos, utilizarán la Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico, recuperando los datos de la actividad 3 donde clasificaron macroinvertebrados por familia y cantidad observada. Como en el ejemplo abordado en el inicio los alumnos determinaran los índices de bioticidad BMWP-PR y IBF-PR. Para esto completaran la hoja nombrada interpretación de datos para la evaluación de la calidad del agua, adjuntado en la página 51 donde se indican las instrucciones para completar la misma.

- **Cálculo de índices:** Utilizando la tabla, los estudiantes:
- Suman los valores BMWP-PR de las familias identificadas para obtener el puntaje total (presencia).
- Calculan el IBF-PR usando la fórmula:

$$IBF = \frac{\sum (n_i \times t_i)}{N}$$

- Interpretan los resultados según las escalas discutidas en clase.

b. Demostración del docente para determinar los parámetros fisicoquímicos.

- El maestro realiza pruebas con una muestra real de agua de río con el “Freshwater Master Kit”, midiendo: Nitratos (NO_3), Nitritos (NO_2), Amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) y pH (Measure y High Range). En el mismo kit se encuentran las instrucciones de cada prueba, así como información sobre su importancia y la interpretación de datos. Antes de comenzar con las pruebas se le debe entregar a los estudiantes la hoja de Act. #4, Hoja II para que los alumnos anotes sus resultados. Los alumnos colorean los tubos de ensayo impresos en la hoja según los resultados observados. Utilizan la escala provista por el kit para identificar en qué nivel se encuentra cada parámetro.
- Opcional- El maestro puede utilizar el “Water Quality Sensor” para registrar los datos de temperatura, oxígeno disuelto y pH. Estos datos pueden ser anotado en la libreta de laboratorio de los estudiantes.

c. Mencionar a los estudiantes cuando los científicos analizan la calidad del agua, no se basan en una sola muestra. Recogen al menos tres muestras del mismo cuerpo

de agua para asegurarse de que sus resultados son confiables. Luego, utilizan herramientas estadísticas para saber si las diferencias encontradas son reales o simplemente se deben al azar. Por ejemplo, si solo estudiamos un punto de un río, podríamos equivocarnos. Pero si tomamos tres muestras y los resultados son parecidos, podemos estar más seguros del estado real del agua.

3. Cierre: Los estudiantes integran los resultados de los bioindicadores y resultados fisicoquímicos con base en ambas fuentes de evidencia, responden:

¿La calidad del agua es buena o mala?

¿Coinciden los bioindicadores con los resultados químicos?

- a. Discusión grupal: Discutirán cómo los diferentes índices de biotividad se relacionan con las mediciones fisicoquímicas y qué implicaciones tienen para la salud del ecosistema.
- b. Diario reflexivo individual (opcional pero recomendado): Cada estudiante completa una entrada escrita breve sobre:
 - Qué aprendieron sobre la calidad del agua.
 - Cómo los organismos y los parámetros químicos ayudan a interpretarla.
 - Qué parte del proceso les pareció más interesante o difícil.

Hoja/s de Trabajo: Durante el desarrollo de esta actividad, los estudiantes utilizarán dos hojas de trabajo diseñadas para guiar el análisis integral de la calidad del agua en ecosistemas de agua dulce. A continuación, se presenta cada hoja con sus instrucciones.

Hoja I - Esta hoja contiene una tabla compuesta por ocho columnas, orientada a recopilar y analizar los datos biológicos obtenidos por los estudiantes en la actividad anterior. En la primera columna, los estudiantes realizarán un dibujo del organismo observado. En la segunda columna, identificarán el nivel de tolerancia (intolerante, moderado o tolerante) según los recursos provistos, como la Guía de Macroinvertebrados de Puerto Rico o el uso de la aplicación PocketMacro. A partir de ahí, deberán determinar a qué grupo taxonómico pertenece el organismo y especificar su familia. Luego, registrarán la cantidad de organismos identificados por cada familia y procederán a completar las columnas relacionadas al índice BMWP-PR, el valor correspondiente al índice IBF-PR, y finalmente el valor de tolerancia asociado. Estos datos permitirán calcular e interpretar la calidad del agua desde un enfoque biológico.

ation

Act. #1, Hoja I

© Magic Science with Mrs. Torres

INTERPRETACIÓN DE DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

Nombre :

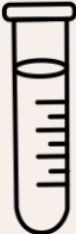
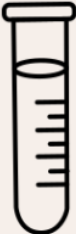
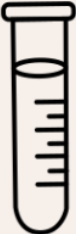
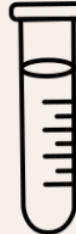
Fecha:

Grupo:

Instrucciones: El nombre de la familia de cada bioindicador está acompañado de dos valores de tolerancia: el BMWP-PR y el IBF-PR, respectivamente. Siga las instrucciones que se encuentra al dorso de la guía de macroinvertebrados de PR para calcular el índice de interés. En resumen, el nombre de cada organismo indica lo siguiente: Familia, BMWP-PR, IBF-PR

Organismo	Nivel de tolerancia (Intolerante, Moderado y Tolerante)	Grupo taxonómico	Familia	Cantidad por familia	Índice BMWP-PR por Familia	Valor de tolerancia (BMWP-PR)	Índice Biótico por Familia	Valor de tolerancia (IBF-PR)

Hoja II- Los estudiantes observarán cuidadosamente cada una de las pruebas realizadas y completarán la segunda hoja de trabajo titulada “Evaluación de ecosistemas acuáticos mediante macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos”. En esta hoja, los estudiantes encontrarán ilustraciones de tubos de ensayo. Deberán colorear cada uno de ellos según el resultado observado y, posteriormente, utilizar la escala incluida en el kit para interpretar el valor obtenido. Esta dinámica no solo permite una representación visual de los resultados, sino que también fortalece la capacidad de los estudiantes para vincular observaciones con escalas cuantitativas de calidad del agua.

 EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS 	
Nombre :	Fecha: Grupo:
Parte II- Calidad del agua- Instrucciones: Recoge las muestras de agua utilizando los cinco tubos de ensayo que se han proporcionado. Luego, realiza las pruebas de pH (Measure pH y High range pH), amoníaco (NH_3/NH_4), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) siguiendo las instrucciones paso a paso del manual del Freshwater Kit. Una vez que hayas obtenido los resultados de todas las pruebas, colorea los tubos de ensayo dibujados a continuación de acuerdo con los colores observados en cada una de las pruebas.	
 MESURE PH	 NITRITO
 AMONIA	 HIGH RANGE PH
 NITRATO	
Act. #4, Hoja II © Magic Scienie with Mrs.Torres	

Análisis de resultados:

Una vez completadas las hojas de trabajo y realizadas las interpretaciones de los datos biológicos y fisicoquímicos, el maestro debe facilitar una discusión guiada para evaluar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes y consolidar el aprendizaje. En lugar de repetir los datos ya anotados, esta sección está diseñada para ayudar al maestro a interpretar si los estudiantes han podido aplicar correctamente los conceptos científicos de la unidad.

El propósito no es validar la precisión de un resultado numérico exacto, sino observar si el estudiante:

- 1) Relaciona los organismos observados con su nivel de tolerancia (por ejemplo, reconoce que la presencia de organismos intolerantes sugiere buena calidad de agua).
- 2) Aplica correctamente las fórmulas del BMWP-PR e IBF-PR para determinar una categoría de calidad.
- 3) Interpreta el resultado del índice utilizando la escala correspondiente sin depender únicamente del maestro.
- 4) Relaciona los valores obtenidos en las pruebas fisicoquímicas con el estado ecológico del agua, considerando si los niveles son adecuados o representan un riesgo para el ecosistema.
- 5) Establece conclusiones basadas en evidencia cruzada (ej. “Aunque el índice biológico fue bueno, el oxígeno disuelto fue bajo, lo cual puede afectar la biodiversidad”).



GUIA DEL/DE LA ESTUDIANTE

ACTIVIDAD 1: Manejo de instrumentos de medición

TRASFONDO

Los instrumentos de medición son herramientas fundamentales que nos permiten obtener información precisa sobre el mundo que nos rodea. En el estudio de la calidad del agua, estos instrumentos juegan un papel crucial, ya que nos ayudan a medir parámetros como la temperatura, el pH y la salinidad, todos esenciales para determinar la salud de un cuerpo de agua. A través de la observación cuantitativa, estos instrumentos nos permiten recopilar datos numéricos que nos ayudan a comprender mejor las condiciones del agua y cómo pueden afectar a los organismos que viven en ella. En esta actividad, aprenderás a usar varios instrumentos de medición, como el microscopio de disección, el water quality tester, el refractómetro, y las tiras de pH, y cómo estos contribuyen a obtener datos precisos para realizar un análisis científico de la calidad del agua.

GLOSARIO:

- **Microscopio de disección:** Instrumento que permite observar muestras biológicas a través de lentes de aumento, permitiendo ver detalles no visibles a simple vista.
- **Water Quality Tester:** Herramienta que mide la calidad del agua midiendo parámetros como la temperatura y la conductividad.
- **Tira de prueba de pH:** Tira reactiva que cambia de color para indicar si una sustancia es ácida o alcalina.
- **Kit de prueba Freshwater Master:** Conjunto de pruebas químicas para analizar parámetros del agua dulce como el pH y la dureza.
- **Refractómetro:** Instrumento que mide la cantidad de luz que se refracta a través de una muestra líquida para determinar la concentración de solutos.
- **Fiberglass Folding Rulers:** Regla plegable de fibra de vidrio utilizada para medir distancias con precisión.
- **Metric Open Reel Fiberglass Tapes:** Cinta métrica enrollada que se utiliza para medir grandes distancias con precisión.

- **Salinidad:** la cantidad de sales disueltas en el agua, generalmente medida en partes por mil (ppt). Es un indicador importante para determinar la calidad del agua, especialmente en ecosistemas marinos y costeros.
- **TDS (Sólidos disueltos totales):** Los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) se refieren a la cantidad de minerales, sales, metales y otros materiales disueltos en el agua. Se miden en partes por millón (ppm) y son esenciales para evaluar la pureza y calidad del agua.
- **EC (Conductividad eléctrica):** (EC, por sus siglas en inglés) es la capacidad del agua para conducir electricidad, lo cual está relacionado con la cantidad de iones presentes en ella. Un mayor nivel de sales disueltas aumenta la conductividad, lo que ayuda a medir la concentración de minerales en el agua.
- **pH:** Medida que indica la acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutral. Un pH menor a 7 indica acidez, y un pH mayor a 7 indica alcalinidad. Es un parámetro clave para mantener un ambiente acuático saludable.

OBJETIVOS:

- Identificarás diferentes instrumentos científicos y sabrás para qué sirven.
- Aprenderás a usar bien los instrumentos siguiendo los pasos correctos.
- Aplicar el conocimiento adquirido para realizar mediciones precisas utilizando los instrumentos y comparar los resultados obtenidos de diferentes muestras de agua.
- Evaluar la precisión de las mediciones realizadas y sugerir mejoras en el uso de los instrumentos para obtener resultados más precisos.

PROCEDIMIENTO:

1) Inicio: Introducción y exploración (inicio y parte del desarrollo)

- Exploración del conocimiento previo: Comenzaremos con una lluvia de ideas. Piensa en instrumentos de laboratorio que hayas visto o usado antes. Escríbelos en tu libreta.
- Presentación de los instrumentos: A continuación, te vamos a presentar los instrumentos que utilizaremos en esta actividad.
- En tu hoja de trabajo, titulada Manejo de instrumentos de medición – Act. #1, Hoja I. disponible en la página 59 verás las imágenes de cada instrumento. Escribe el

nombre correcto de cada uno de ellos debajo de la imagen. Esta hoja está en la parte inferior de la página 54 de tu guía. Puedes referirte a ella si estás usando tu libreta de actividades.

2) Desarrollo: Demostraciones y practica grupal

○ Demostraciones

- Demostración del uso de los instrumentos: Ahora, te vamos a mostrar cómo se utiliza cada uno de los instrumentos. Presta mucha atención, ya que pronto tendrás la oportunidad de practicar por ti mismo. Mientras ves las demostraciones, anota en tu hoja de trabajo, titulada Manejo de instrumentos de medición – Act. #1, Hoja II, los pasos que debes seguir para usar cada equipo.
- Escribe tus observaciones: Usa tu hoja de trabajo, para escribir los pasos importantes que te ayudarán a usar cada uno de los instrumentos correctamente. Esta hoja está en la parte inferior de la página 61 de tu guía.
- Recuerda incluir detalles como:
 - ¿Qué hacer antes y después de usarlo?
 - ¿Qué cuidado debes tener?
 - Precauciones que debes tomar para asegurarte de que las mediciones sean precisas.

○ Práctica en Grupo

- Trabaja en grupo: En esta sesión, trabajarás con tu grupo para practicar el uso de los instrumentos que ya has visto. Sigue los pasos que escribiste en tu hoja de trabajo II y asegúrate de medir correctamente las muestras de agua de río y playa.
- Utilizaran los instrumentos que tenga su maestro/maestra disponible.
- Mientras trabajas, anota todas las mediciones que obtengas (por ejemplo, temperatura, pH, conductividad) en tu hoja de trabajo. La hoja asignada para esta sección de la actividad se nombra, Manejo de instrumentos de medición – Act. #1, Hoja III página 62 de esta guía. Asegúrate de que tus anotaciones sean claras y precisas, ya que las usaremos para discutir los resultados más adelante.

- Colabora con tu grupo: Ayuda a tus compañeros a usar los instrumentos correctamente. Si encuentras algún problema o te cuesta realizar una medición, discútelo con ellos o avisa al maestro.

3) Cierre: Evaluaciones

- Examen práctico: De forma individual durante la semana tendrás la oportunidad de demostrar todo lo que has aprendido. Cada uno de ustedes realizará una evaluación práctica individual utilizando los instrumentos que hemos aprendido a manejar. Durante el examen, deberás seguir los pasos que anotaste en tus hojas de trabajo y realizar las mediciones con precisión.
- Discusión final: Al final de la sesión, discutiremos en clase los resultados que obtuviste y analizaremos qué factores pudieron haber afectado la precisión de las mediciones

HOJA/S DE TRABAJO: los/as estudiantes anotarán sus datos y contestarán preguntas.

Identificación de los instrumentos: Observa las imágenes de los instrumentos en tu hoja de trabajo. Escribe el nombre correcto de cada instrumento debajo de su imagen.



Manejo de instrumentos de medición



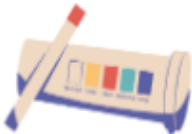
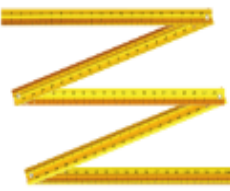
Nombre: _____

Fecha: _____

Grupo: _____

Tema: Identificación del equipo de medición

Instrucciones: Observa las imágenes de los equipos a continuación y escribe el nombre correcto de cada uno en el espacio provisto.

- [illegible]



Manejo de instrumentos de medición



Nombre:

Fecha:

Grupo:

Tema: Laboratorio demostrativo (Continuación)

5. Refractómetro

a. Observaciones

6. Fiberglass folding rulers:

a. Observaciones

7. Metric Open Reel Fiberglass tapes:

a. Observaciones

- Mediciones: Cuando practiques en grupo, registra las mediciones obtenidas con cada instrumento (pH, temperatura, conductividad, etc.). Usa la tabla en tu hoja de trabajo para organizar tus mediciones y asegurarte de que todos los datos estén completos.



MANEJO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

LABORATORIO PRACTICO



Nombre :	Fecha:	Grupo:
Parámetros fisicoquímicos del las muestras de agua		
Utiliza correctamente los instrumentos para medir los parámetros de las muestras de agua de río y playa. Registra tus resultados en la tabla de mediciones, asegurándote de ser preciso. Verifica tus mediciones con tu grupo y repite si es necesario. Asegúrate de completar todos los campos antes de entregar tu hoja de trabajo		

MUESTRA DE AGUA RÍO/PLAYA	INSTRUMENTO	PARÁMETRO	MEDICIÓN
#___	Water quality tester	Temperatura (°C) TDS (sólidos disueltos totales) EC (conductividad eléctrica)	
#___	pH Test Strip	pH	
#___	Refractómetro	Salinidad (ppt)	
#___	Water quality tester	Temperatura (°C) TDS (sólidos disueltos totales) EC (conductividad eléctrica)	
#___	pH Test Strip	pH	
#___	Refractómetro	Salinidad (ppt)	


© Magic Science with Mrs. Torres

ACTIVIDAD #2: Introducción – Explorando sobre los macroinvertebrados

TRASFONDO

Los macroinvertebrados son organismos acuáticos sin columna vertebral que se pueden observar a simple vista. Estos organismos incluyen insectos acuáticos, crustáceos y moluscos, entre otros y desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos. Son esenciales para la cadena alimentaria y son utilizados como bioindicadores para evaluar la calidad del agua en ríos, lagos y quebradas.

GLOSARIO

- **Macroinvertebrados:** Animales sin columna vertebral que se pueden ver a simple vista y que viven en entornos acuáticos.
- **Ecosistema:** Conjunto de organismos vivos que interactúan entre ellos y con su entorno.
- **Contaminación:** Presencia de sustancias nocivas en el medio ambiente.
- **Crustáceos:** Grupo de animales invertebrados que incluyen a los cangrejos, camarones y langostas.
- **Moluscos:** Grupo de animales invertebrados que incluyen a los caracoles y las almejas.
- **Bioindicadores:** Organismos cuya presencia, ausencia o abundancia refleja una condición ambiental específica.

OBJETIVOS:

- Reconocer la anatomía básica de los macroinvertebrados y utilizar la terminología correcta para describir sus características.
- Comprender el rol de los macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos.
- Colaborar en equipo para representar creativamente un macroinvertebrado mediante una manualidad.

PROCEDIMIENTO: detallado

➤ Inicio:

- Lectura y Discusión: Lee junto con tus compañeros un extracto del artículo científico titulado *"Comparación de calidad de agua entre ríos receptores de aguas residuales tratadas y no tratadas por A.A.A mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores"*. En esta lectura, aprenderás cómo los macroinvertebrados son utilizados para evaluar la calidad del agua en diferentes ríos, acceda la misma mediante el código QR. Después de la lectura, reflexiona y comparte si alguna vez has visto o escuchado hablar sobre estos pequeños organismos.
- Presentación: Observa la presentación que tu maestro aprenderás qué son los macroinvertebrados y por qué son importantes para los ecosistemas acuáticos.
- Tarea de Terminología: Completa la hoja de trabajo que se encuentra en la página 60 donde identificarás las partes del cuerpo de los macroinvertebrados.



➤ **Desarrollo:**

- Exploración Visual: Mientras el maestro continúa con la presentación, presta atención a las imágenes de diferentes macroinvertebrados y sus roles en el ecosistema. Participa haciendo preguntas y compartiendo tus observaciones.
 - Práctica con PocketMacro: Junto a tu grupo, usa la aplicación PocketMacro para identificar y registrar imágenes o muestras de macroinvertebrados. Anota tus observaciones en la hoja de trabajo disponible en las pagina 61-62.
 - Uso de la Aplicación PocketMacro: En grupos, utiliza la aplicación PocketMacro para identificar al menos tres macroinvertebrados y registra tus observaciones en la hoja de trabajo. Sigue las instrucciones del maestro para acceder a la aplicación y practicar su uso.
 - Clasificación de Macroinvertebrados: Completa la primera parte de la hoja de tarea titulada "Explorando sobre los macroinvertebrados - Clasificación".

➤ **Cierre:**

- Actividad Creativa: Trabaja en grupo para seleccionar un macroinvertebrado y crear una manualidad que lo represente. Puedes utilizar los materiales provistos, como arcilla o lienzos pequeños.

- **Informe del Grupo:** Investiga más sobre tu macroinvertebrado y presenta un breve informe junto con la manualidad en la próxima clase.
- Se discutirán la rúbrica este trabajo.

HOJA/S DE TRABAJO:

Hoja I: Esta hoja tiene como propósito ayudarte a conocer mejor la anatomía y terminología básica utilizada para describir a los macroinvertebrados acuáticos. Esta actividad te ayudará a familiarizarte con los términos científicos que usaremos durante toda la unidad.



EXPLORANDO SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS



Nombre :	Fecha:	Grupo:

I- Anatomía y terminología de macroinvertebrados

Observa las ilustraciones de los macroinvertebrados acuáticos proporcionadas. Dibuja y etiqueta las partes principales del cuerpo en una hoja de papel, como la cabeza, el tórax, el abdomen, y otras características visibles.

Vista dorsal de una ninfa de efímera (Ephemeroptera):

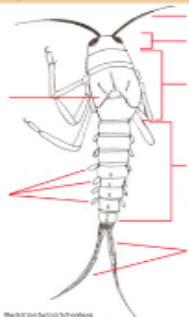


Illustration by Lisa Schoenberg

Vista dorsal de un adulto de chinche gigante de agua (Hemiptera):



Illustration by Lisa Schoenberg

Vista lateral de una larva de mosca Dixid (Diptera: Dixiidae):

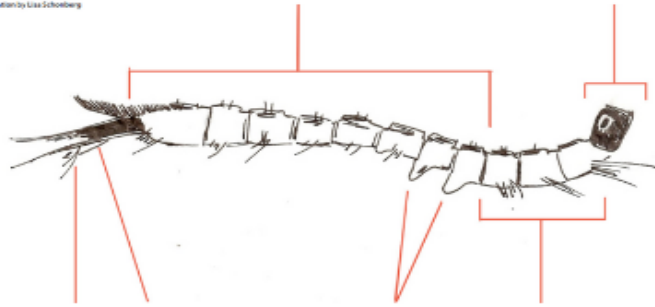


Illustration by Lisa Schoenberg

© Magic Science with Mrs. Tammes

Hoja de trabajo II -Parte 1: Aquí utilizarás la aplicación PocketMacro para observar imágenes o muestras reales de macroinvertebrados. Con ayuda de esta herramienta, responderás una serie de preguntas guía que te permitirán analizar características clave como la presencia de alas, número de patas y antenas visibles. Al final, tratarás de identificar el nombre del organismo con base en tus observaciones.



Explorando sobre los macroinvertebrados

Clasificación



Nombre:

Fecha:

Integrantes del grupo:

Grupo:

I. Identificación con PocketMacro

Instrucciones: Observa cada imagen o muestra de macroinvertebrado utiliza la aplicación PocketMacro para identificar características como alas, patas y antenas, etc.. Luego, responde las preguntas en la hoja de tarea para cada imagen y finalmente escribe el nombre de cada organismo.

IMAGEN o Muestra 1

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

▪ ☐ Si ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

▪ ☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

▪ ☐ Si ☐ No

IMAGEN o MUESTRA 2

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

▪ ☐ Si ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

▪ ☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

▪ ☐ Si ☐ No

IMAGEN o MUESTRA 3

1. ¿El macroinvertebrado tiene alas?

▪ ☐ Si ☐ No

2. ¿Cuántas patas tiene el macroinvertebrado?

▪ ☐ 6 ☐ 8 ☐ Más de 8

3. ¿Tiene antenas visibles?

▪ ☐ Si ☐ No

4. Menciona los macroinvertebrados que identificaste utilizando la aplicación.

© Magic Science with Mrs. Torres

Hoja de trabajo II -Parte 2: Después de la observación, junto a tu grupo, elegirás uno de los macroinvertebrados estudiados y buscarás más información sobre él. Con esa información, redactarás una breve reflexión sobre su importancia ecológica, hábitat y función en el ecosistema. Finalmente, representarán a ese organismo mediante una actividad creativa, como una manualidad, un modelo, un dibujo o cualquier forma artística que el grupo decida (opcional, según el tiempo disponible). Esta parte te ayudará a conectar lo que has aprendido con el mundo real y desarrollar tu creatividad científica.



Explorando sobre los macroinvertebrados

Clasificación



II. Reflexión y actividad creativa

Instrucciones: Reflexiona sobre la importancia ecológica de tu macroinvertebrado y escribe por qué es importante para el ecosistema. Luego investiga más sobre uno de los macroinvertebrados discutidos en clase respondiendo a las preguntas para investigar. Por último, crea una manualidad que represente al macroinvertebrado usando arcilla o dibujo (ve la rúbrica para mayor información).

1.Importancia en el Ecosistema: Describe en una oración por qué este macroinvertebrado es importante para el ecosistema acuático:

2.Preguntas para investigar: Investiga sobre un macroinvertebrado que llame tu atención de los discutidos en clase. Responde las preguntas en una hoja parte.

a.¿Cuáles son las características físicas distintivas de tu macroinvertebrado?

b.¿En qué tipo de hábitat se encuentra comúnmente este macroinvertebrado y por qué es importante para ese ecosistema?

c.¿Qué rol juega este macroinvertebrado en la cadena alimenticia de su hábitat?

d.¿Cómo afectan los cambios ambientales, como la contaminación, a la población y distribución de este macroinvertebrado?

© Magic Science with Mrs.Torres

ACTIVIDAD #3: Observación y clasificación de macroinvertebrados

TRASFONDO

Los macroinvertebrados son animales acuáticos que no tienen columna vertebral y que puedes ver sin necesidad de microscopio. Muchos de ellos son insectos en etapa de larva, pero también pueden ser camarones, caracoles o gusanos. Algunos son muy sensibles a la contaminación, y otros pueden vivir en ambientes más contaminados.

En esta actividad aprenderás a observarlos cuidadosamente y a clasificarlos según su forma y características externas. Esta información es muy útil porque nos ayuda a determinar si un río o quebrada tiene buena calidad de agua. Para lograrlo, usarás herramientas como el microscopio de disección, guías especializadas de identificación, y la aplicación PocketMacro, que te ayudará a reconocer y conocer mejor cada organismo. También aprenderás a usar tablas para calcular dos índices biológicos que nos indican si el ecosistema acuático está saludable o en riesgo.

GLOSARIO

- **Macroinvertebrado:** Organismo invertebrado acuático de tamaño visible a simple vista (generalmente mayor de 0,5 mm), que incluye insectos (principalmente en sus fases larvales), crustáceos, moluscos, anélidos y otros grupos.
- **Microscopio de Disección:** Instrumento utilizado para observar objetos grandes, como los macroinvertebrados, que no requieren ser cortados en secciones finas.
- **Clasificación:** Proceso de organizar organismos en categorías según sus características.
- **Bioindicadores:** Organismos utilizados para evaluar la salud ambiental, como la calidad del agua.
- **Tórax:** La parte media del cuerpo de un insecto, que generalmente lleva las patas y las alas.
- **Abdomen:** Parte posterior del cuerpo de un insecto que contiene los órganos digestivos y reproductivos.
- **Taxonomía:** Ciencia que clasifica los seres vivos en grupos como familia, orden, especie.

- **Familia:** En biología, la familia es una categoría taxonómica situada entre el orden y el género. Agrupa géneros que comparten características comunes y relaciones evolutivas.
- **Grupo taxonómico:** También conocido como taxón, es un conjunto de organismos que comparten características comunes y se agrupan en una categoría dentro del sistema de clasificación biológica.

OBJETIVOS:

- Utilizaras, correctamente, el microscopio de disección para observar y clasificar macroinvertebrados acuáticos.
- Identificarás la estructura anatómica y las características individuales de los macroinvertebrados para determinar a qué familia pertenecen.
- Emplearás PocketMacro, guías de campo y claves morfológicas para registrar tus observaciones y confirmar tus identificaciones.

PROCEDIMIENTO: detallado

➤ Inicio:

- Comenzaremos con una breve revisión de lo que aprendimos en la clase anterior sobre los macroinvertebrados. Recuerda cómo usar el microscopio de disección. Si tienes alguna duda, este es el momento para preguntar.
- Observarás imágenes de macroinvertebrados proyectadas y responderás preguntas guías como: ¿Tiene alas?, ¿Cuántas patas ves?, ¿Tiene branquias?

➤ Desarrollo:

- En tu grupo, observarás tres muestras de macroinvertebrados reales usando el microscopio de disección.
- Completarás tu hoja de trabajo individual "Clasificación de Macroinvertebrados - Laboratorio". En esta hoja:
 - Dibujarás el organismo.
 - Anotarás detalles como color, forma, presencia de antenas, branquias, alas, etc.
 - Identificarás el grupo taxonómico y la familia usando la Guía de Macroinvertebrados de PR y PocketMacro.

- Después de completar tus observaciones, comparte con el grupo uno de los macroinvertebrados que observaron. Discute las características que te ayudaron a clasificarlo y cómo estas se relacionan con su función en el ecosistema.

➤ **Cierre:**

- Cada grupo presentará sus hallazgos al resto de la clase, incluyendo:
 - Los organismos identificados.
 - Cuál fue el más difícil de clasificar y por qué.
 - Cuáles partes del cuerpo fueron más útiles para la clasificación.
- El maestro guiará una discusión colectiva y registrará en la pizarra:
 - Cuántas familias diferentes fueron identificadas.
 - Cuántos individuos hubo por familia
- Esta información se utilizará en la próxima actividad para calcular los índices de calidad del agua.

HOJA/S DE TRABAJO:

Instrucciones para completar la hoja de trabajo titulada, Clasificación de Macroinvertebrados - Laboratorio se encuentra en la paginas 66 al 68 de esta guía.

- Escribe con claridad la información solicitada para cada muestra (I, II y III).
- Marca con “Sí” o “No” las partes del cuerpo observadas.
- Si el organismo no pertenece al grupo de insectos, utiliza la versión alternativa de la hoja (con tipos de organismos como moluscos, anélidos y crustáceos).
- Utiliza las guías y PocketMacro para confirmar el nombre de la familia y grupo taxonómico.
- Recuerda que puedes trabajar en grupo, pero cada estudiante debe llenar su propia hoja.



Clasificación de Macroinvertebrados

Laboratorio

Nombre:

Fecha:

Integrantes del grupo:

Grupo:

I. Descripción y clasificación

Instrucciones: En esta sección, vas a observar atentamente el macroinvertebrado que tienes frente a ti. Usa tus sentidos para notar detalles importantes, como el color, la forma y cualquier parte del cuerpo que te llame la atención. Anota lo que ves en los espacios correspondientes. Si no sabes el nombre del macroinvertebrado, no te preocupes, describe lo mejor que puedas.

Muestra I

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables:

a. Cabeza

i. Antenas: ☐ Sí ☐ No

ii. Mandíbula: ☐ Sí ☐ No

iii. Ojos: ☐ Sí ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias torácicas: ☐ Sí ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☐ Sí ☐ No

iii. Patas: ☐ Sí ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☐ Sí ☐ No

ii. Prolegs: ☐ Sí ☐ No Cantidad de colas: _____

iii. Cercos: ☐ Sí ☐ No

Muestra II

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia : _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables :

a. Cabeza

i. Antenas: ☐ Si ☐ No

ii. Mandíbula: ☐ Si ☐ No

iii. Ojos: ☐ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias forácicas: ☐ Si ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☐ Si ☐ No

iii. Patas: ☐ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☐ Si ☐ No

ii. Prolegs: ☐ Si ☐ No Cantidad de colas (cercos): _____

iii. Cercos: ☐ Si ☐ No

Muestra III

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia : _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables :

a. Cabeza

i. Antenas: ☐ Si ☐ No

ii. Mandíbula: ☐ Si ☐ No

iii. Ojos: ☐ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

i. Branquias forácicas: ☐ Si ☐ No

ii. Alas en desarrollo: ☐ Si ☐ No

iii. Patas: ☐ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

i. Branquias: ☐ Si ☐ No

ii. Prolegs: ☐ Si ☐ No Cantidad de colas (cercos): _____

iii. Cercos: ☐ Si ☐ No

Muestra II

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Forma del cuerpo (redondeado, alargado, plano, etc.): _____

4. Partes del cuerpo notables:

a. Cabeza

I. Antenas: ☐ Si ☐ No

II. Mandíbula: ☐ Si ☐ No

III. Ojos: ☐ Si ☐ No Forma de los ojos: _____

b. Tórax

¿Cómo es la forma del tórax? _____

I. Branquias: ☐ Si ☐ No

II. Alas: ☐ Si ☐ No

III. Patas: ☐ Si ☐ No Número de patas: _____

c. Abdomen

¿Cómo es la forma del abdomen? _____

I. Branquias: ☐ Si ☐ No

II. Colas: ☐ Si ☐ No Cantidad de colas: _____

III. Cercos: ☐ Si ☐ No

Muestra III

1. Nombre del grupo taxonómico al que pertenece y su familia: _____

2. Color principal: _____

3. Tipo de organismo:

☐ Molusco (ej. caracol, almeja)

☐ Crustáceo (ej. camarón, cangrejo, anfípodo {scud} o isópodo {sowbug})

☐ Anélidos (ej. lombrices acuáticas, sanguajuelas)

☐ Otros: _____

4. Forma del cuerpo:

☐ Segmentado ☐ Ovalado ☐ Redondeado ☐ Alargado

5. ¿Cuántas patas observas (si aplica)? _____

6. Presencia de concha o exoesqueleto: ☐ Si ☐ No

a. De ser sí la respuesta, responde: ¿Qué forma tiene? _____

ACTIVIDAD #4: Interpretación de Datos y Evaluación de la Calidad del Agua

TRASFONDO

En esta actividad vas a poner en práctica todo lo que aprendiste sobre los macroinvertebrados y la calidad del agua. Los macroinvertebrados son animales pequeños que no tienen columna vertebral y que podemos ver a simple vista, como algunas larvas de insectos, cangrejos o caracoles. Algunos de ellos pueden vivir solo en agua limpia, mientras que otros pueden sobrevivir en agua contaminada. Por eso, los científicos los usan como bioindicadores, es decir, para saber si el agua está en buen o mal estado. Además de observar los organismos, también es importante conocer las condiciones del agua. A eso le llamamos parámetros fisicoquímicos. Estos incluyen cosas como:

- El pH, que nos dice si el agua es ácida, neutral o alcalina.
- La temperatura, que puede afectar cuánto oxígeno hay en el agua.
- El oxígeno disuelto, que es el oxígeno que está en el agua y que los seres vivos necesitan para respirar.
- Los nutrientes, como el nitrato, el nitrito y el amoníaco, que ayudan a las plantas a crecer, pero en grandes cantidades pueden dañar el ecosistema.

Algunos de estos nutrientes, si están en exceso, pueden hacer que crezcan muchas algas y se acabe el oxígeno, afectando a los peces y otros animales. Por eso, es importante medirlos con cuidado. También aprenderás a calcular dos índices importantes que usan los científicos:

- BMWP-PR, que se basa en las familias de macroinvertebrados que encuentras.
- IBF-PR, que también toma en cuenta cuántos organismos hay de cada familia.

Para tener resultados confiables, los científicos no estudian el agua solo una vez. Se hacen mínimo tres muestras para comparar los resultados y asegurarse de que los datos sean verdaderos y no solo una casualidad. Con todo esto, podrás unir los datos de los organismos y del agua para sacar conclusiones sobre la salud del ecosistema. ¡Es tu oportunidad de pensar y trabajar como un verdadero científico!

GLOSARIO

- **Macroinvertebrados:** Organismos acuáticos sin columna vertebral visibles a simple vista.

- **Bioindicadores:** Organismos que indican la calidad del ambiente en el que viven.
- **Índice Biótico de la Familia (IBF):** Un índice que combina la tolerancia y la abundancia de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua.
- **Biological Monitoring Working Party (BMWP):** Un índice que suma los valores de tolerancia de las familias de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua.
- **Fisicoquímico:** rama de la ciencia que estudia la interrelación entre las propiedades físicas y químicas de una sustancia.
- **Amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$):** Compuesto químico que puede ser tóxico para los organismos acuáticos.
- **Nitrito (NO_2^-):** Compuesto muy tóxico que afecta la respiración de los animales acuáticos.
- **Nitrato (NO_3^-):** Nutriente importante para las plantas, pero en exceso puede causar contaminación

OBJETIVOS: Al finalizar esta actividad, deberás ser capaz de...

- Calcular los índices BMWP-PR e IBF-PR usando los datos de las familias de macroinvertebrados identificadas.
- Interpretar los resultados de los índices para saber si el agua está en buena o mala condición.
- Observar los resultados de las pruebas químicas del agua y entender qué significan.
- Relacionar lo que viste con los organismos y las pruebas químicas para decir si el ecosistema acuático está saludable.

PROCEDIMIENTO: detallado

➤ **Inicio:**

- El maestro/a comenzará mostrando cómo calcular los índices de biotividad usando un ejemplo de cuatro macroinvertebrados comunes. Para esto, utilizará la Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico, que indica los valores de tolerancia de cada familia. Esta guía se encuentra en el anexo p.

- Primero verás cómo se calcula el índice BMWP-PR, que toma en cuenta la presencia de las familias identificadas, sin importar cuántos organismos había de cada una.
- Luego, verás cómo se calcula el índice IBF-PR, que también considera cuántos individuos fueron encontrados por familia. Tu maestro te explicará paso a paso cómo usar la fórmula para obtener el resultado.
- Después del cálculo, se explicará cómo usar una tabla especial para interpretar los resultados y saber si el agua es de buena calidad, calidad regular o si está contaminada.

➤ **Desarrollo:**

Parte 1: Análisis con macroinvertebrados (bioindicadores)

- En la actividad anterior (Actividad 3), tú y tu grupo observaron macroinvertebrados y registraron lo siguiente: la familia a la que pertenece cada organismo, su grupo taxonómico y el número total de organismos que encontraron en la muestra hipotética.
 - Ahora, con esos datos, vas a completar la hoja de trabajo llamada, Interpretación de datos para la evaluación de la calidad del agua macroinvertebrados como bioindicadores.
 - En este documento donde dice....
- Luego, usarás tus observaciones para calcular los dos índices BMWP y IBF. Se explican a continuación:
 - **Cálculo del Índice BMWP:**
 - Asignación de Valores de Tolerancia: Encuentra el valor de tolerancia para cada familia identificada en la guía. Este valor está indicado junto al nombre de la familia.
 - Suma de Valores: Suma todos los valores de tolerancia para obtener el índice BMWP para tu muestra. Anota el resultado en tu hoja de trabajo.
 - **Cálculo del Índice IBF:**
 - Cálculo del Índice: Multiplica el valor de tolerancia de cada familia por el número de individuos (abundancia) de esa familia. Suma estos

valores para todas las familias y luego divide el resultado por el número total de individuos en tu muestra (N).

- Una vez calcules ambos índices, vas a interpretar los resultados usando las escalas oficiales de la Guía de Macroinvertebrados de Puerto Rico, las cuales se presentan a continuación.

Índice BMWP'PR

- El valor de tolerancia se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos que sean recolectados.
- El valor del índice para cada sitio se obtiene sumando los valores de tolerancia (t_i) de cada familia ($BMWP = \sum t_i$).
- Este valor permite determinar la calidad de agua de acuerdo a las categorías enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el BMWP'PR.

BMWP-PR	CALIDAD DE AGUA
≥ 97	Aguas de calidad excelente.
77 - 96	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.
57 - 76	Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada.
37 - 56	Aguas de calidad mala, contaminadas.
18 - 36	Aguas de calidad mala, muy contaminadas.
≤ 17	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas.

Índice IBF'PR

- Este índice combina los valores de tolerancia con la abundancia de cada familia y el número total de individuos en una muestra.
- El valor del índice se obtiene de la sumatoria de multiplicar los valores de tolerancia de cada familia (t_i) por la abundancia de organismos (n_i) y dividiendo esto por el número total de individuos (N) recolectados ($IBF = \sum (n_i * t_i) / N$).
- El valor obtenido es asociado a una categoría de calidad de agua enlistada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el IBF'PR.

IBF-PR	CALIDAD DE AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN	CATEGORÍA
0.00 - 4.24	Excelente	Contaminación orgánica poco posible.	1
4.25 - 5.11	Muy Buena	Contaminación orgánica leve.	2
5.12 - 5.98	Buena	Alguna contaminación orgánica.	3
5.99 - 6.85	Regular	Contaminación orgánica sustancial.	4
6.86 - 7.72	Regular Pobre	Contaminación orgánica muy sustancial.	5
7.73 - 8.59	Pobre	Contaminación orgánica severa.	6
8.60 - 9.46	Muy Pobre	Contaminación orgánica muy severa.	7

- Responde lo siguiente:
 - ¿Qué te indican los organismos que encontraste sobre la calidad del agua? Nota tu respuesta en el espacio provisto.

Parte 2: Análisis con parámetros fisicoquímicos

- Tu maestro/a realizará una demostración utilizando el “Freshwater Master Kit” con una muestra real de agua de río. Se medirán los siguientes nutrientes: Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) y pH (rango medio y alto).
- Durante esta demostración sigue las siguientes instrucciones:
 - Observa cada prueba con atención.
 - Mientras el maestro/a realiza cada prueba, colorea el tubo de ensayo correspondiente en tu hoja de trabajo “Evaluación de ecosistemas acuáticos mediante macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos” según el color que aparece en la muestra real.
- Luego, usa la tabla del kit para comparar el color con el valor numérico que representa.
- Después de eso, el maestro usará el Sensor de Calidad de Agua para tomar otra muestra y medir: temperatura, pH y el oxígeno disuelto. El maestro realizará la primera demostración y luego dos estudiantes serán llamados para tomar los datos usando el sensor digital. Sigue las siguientes instrucciones durante esta tercera demostración:
 - Registra cada uno de los valores que el maestro muestre en la tabla:

Parámetro	Valor registrado (de la muestra)
pH	
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	
Oxígeno disuelto (mg/L)	

Cierre:

- **Interpretación de los parámetros fisicoquímicos:** A continuación, compara cada valor con la escala de interpretación que se muestra a continuación.

Parámetros Fisicoquímicos en Ecosistemas de Agua Dulce

Los parámetros fisicoquímicos del agua son fundamentales para evaluar la calidad de los cuerpos de agua dulce y determinar su impacto sobre los macroinvertebrados, peces y otros organismos acuáticos. Este documento resume la importancia de los principales nutrientes, así como del pH, la temperatura y el oxígeno disuelto, sus efectos cuando están en niveles no adecuados, y las escalas usadas para clasificar la calidad del agua.

1. Nutrientes (Nitrato, Nitrito y Amoníaco)

Los nutrientes como el nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y el amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) forman parte del ciclo del nitrógeno y son esenciales para el crecimiento de plantas acuáticas. Sin embargo, cuando se encuentran en concentraciones elevadas pueden ser perjudiciales para la vida acuática.

Parámetro	Importancia	Efecto en exceso	Rango recomendado
Nitrato (NO_3^-)	Esencial para el crecimiento vegetal.	Eutrofización, proliferación de algas, disminución del oxígeno.	0 – 1 mg/L
Nitrito (NO_2^-)	Intermedio en el ciclo del nitrógeno, muy tóxico.	Afecta la respiración, incluso a bajas concentraciones.	0 – 0.05 mg/L
Amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)	Resultado de descomposición orgánica.	Altamente tóxico en forma no ionizada, mortal para peces.	0 – 0.05 mg/L

Escala de Interpretación para Nutrientes

Parámetro	Excelente / Estable	Aceptable	Pobre / Contaminado
Nitrato (NO_3^-)	0 – 1 mg/L	1.1 – 3 mg/L	> 3 mg/L
Nitrito (NO_2^-)	0 – 0.05 mg/L	0.051 – 0.1 mg/L	> 0.1 mg/L
Amoníaco ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)	0 – 0.05 mg/L	0.051 – 0.2 mg/L	> 0.2 mg/L

2. pH, Temperatura y Oxígeno Disuelto

Estos parámetros físicos son clave para la vida acuática, ya que regulan el metabolismo de los organismos, la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de ciertos compuestos.

Parámetro	Importancia	Efecto en niveles no adecuados	Rango recomendado
pH	Mantiene el equilibrio químico y biológico.	pH bajo daña branquias; pH alto incrementa toxicidad del amoníaco.	6.5 – 8.2
Temperatura	Controla metabolismo y solubilidad del oxígeno.	Temperatura alta reduce el oxígeno disuelto.	20 – 25°C
Oxígeno disuelto (DO)	Esencial para respiración acuática.	Bajos niveles causan mortalidad masiva.	≥ 6 mg/L

Escala de Interpretación para pH, Temperatura y Oxígeno Disuelto

Parámetro	Excelente / Estable	Aceptable	Pobre / Crítico
pH	6.5 – 8.2	6.0 – 6.4 / 8.3 – 9.0	< 6.0 o > 9.0
Temperatura	20 – 25°C	15 – 19°C / 26 – 28°C	< 15°C o > 28°C
Oxígeno disuelto (DO)	≥ 6 mg/L	4 – 5 mg/L	< 3 mg/L

Referencias

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Water Quality Criteria.
- Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Puerto Rico (UPR-RP).
- World Health Organization (WHO) – Guidelines for Drinking-Water Quality.
- Fundación Centro para la Conservación del Agua Dulce en América Latina.

○ Responde a las siguientes preguntas de análisis:

- ¿Qué indican los valores que registraste sobre la calidad del agua?

- ¿Están dentro del rango excelente/estable, aceptable o pobre/contaminado?

- ¿Qué podría estar afectando la calidad del agua?

- ¿Crees que estos resultados coinciden con lo que encontraste usando los macroinvertebrados?

- **Discusión Grupal:** ¿Qué nos dice el agua?
 - Con tu grupo, discutirán ideas en relación con las siguientes preguntas, para luego compartir con el resto de la clase:
 - ¿Qué resultados obtuvimos con los organismos?
 - ¿Qué mostraron las pruebas químicas?
 - ¿La información coincide

HOJA/S DE TRABAJO:

- Interpretación de Datos para la Evaluación de la Calidad de Agua: Macroinvertebrados como Bioindicadores: Aquí anotarás los macroinvertebrados identificados, sus valores de tolerancia y los cálculos de los índices de biotividad.

ation

Act: #1, Hoja I

© Magic Science with Mrs. Torres

INTERPRETACIÓN DE DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

Nombre :

Fecha:

Grupo:

Instrucciones: El nombre de la familia de cada bioindicador está acompañado de dos valores de tolerancia: el BMWP-PR y el IBF-PR, respectivamente. Siga las instrucciones que se encuentra al dorso de la guía de macroinvertebrados de PR para calcular el índice de interés. En resumen, el nombre de cada organismo indica lo siguiente: Familia, BMWP-PR, IBF-PR

Organismo	Nivel de tolerancia (Intolerante, Moderado y Tolerante)	Grupo taxonómico	Familia	Cantidad por familia	Índice BMWP-PR por Familia	Valor de tolerancia (BMWP-PR)	Índice Biótico por Familia	Valor de tolerancia (IBF-PR)

- Interpretación de Datos para la Evaluación de la Calidad de Agua: Parámetros Físicoquímicos: Utilízala para registrar los datos de pH, amoníaco, nitritos y nitratos.

ation



EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS



Nombre :

Fecha:

Grupo:

Parte II- Calidad del agua- Instrucciones: Recoge las muestras de agua utilizando los cinco tubos de ensayo que se han proporcionado. Luego, realiza las pruebas de pH (Measure pH y High range pH), amoníaco (NH₃/NH₄), nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃) siguiendo las instrucciones paso a paso del manual del Freshwater Kit. Una vez que hayas obtenido los resultados de todas las pruebas, colorea los tubos de ensayo dibujados a continuación de acuerdo con los colores observados en cada una de las pruebas.



MESURE PH



NITRITO



NITRATO



AMONIA



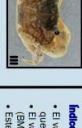
HIGH RANGE PH

Act. #4, Hoja II

© Magic Scienie with Mrs.Torres

- **Reflexión individual-** Finalmente, completarás una breve reflexión escrita individual respondiendo preguntas como:
 - ¿Qué aprendiste sobre la relación entre los organismos y el agua?

- ¿Qué fue lo más interesante o desafiante del trabajo?

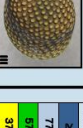


Ampelisca 5, 4

Palaeomonetes 5, 4

Xiphosiphon 5, 4

Pseudosquilla 5, 4



Cerithiidae 3, 5

Sipunculidae 3, 2

Anapoda 3, 2

Nereida 3, 4

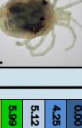
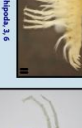
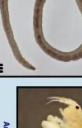


Hydrobia 3, 3

Physidae 2, 9

Planorbidae 3, 8

Thaisidae 2, 9



Hirudina 2, 6

Oligochaeta 1, 10

Asycheloda 3, 5

Hydrachnida 2, 4



Tubificoides 4, 5

¿Cómo debe usar esta guía?

Gutiérrez Fonseca, P. E., Alonso Rodríguez, A.M. & Ramírez, 2016. Guía de campo de macroinvertebrados acuáticos de Puerto Rico. Bo. Prehist. de la Universidad de Puerto Rico. 80. Páginas: 1-100. <http://www.zoologico.usf.edu/ramirez/guia>

Indice BMWP-PR

- El valor de tolerancia se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos que sean recolectados.
- El valor del índice para cada sitio se obtiene sumando los valores de tolerancia (t) de cada familia (BMWP-PR).
- Este valor permite determinar la calidad de agua de acuerdo a las categorías enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el BMWP-PR.

BMWP-PR	CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
≥ 87	Agua de calidad excelente.
77 - 66	Agua de calidad buena, no contaminada o no alterada de manera sensible.
67 - 76	Agua de calidad regular, caudal, contaminación moderada.
37 - 66	Agua de calidad mala, contaminada.
18 - 36	Agua de calidad mala, muy contaminada.
≤ 17	Agua de calidad muy mala, altamente contaminada.

Indice IBP-PR

Este índice combina los valores de tolerancia con la abundancia de cada familia y el número total de individuos en una muestra.

- El valor del índice se obtiene de la sumatoria de multiplicar los valores de tolerancia de cada familia (t) por la abundancia de organismos (n) y dividiendo esto por el número total de individuos (N) recolectados (IBP = Σ(t_i × n_i) / N).
- El valor obtenido se asocia a una categoría de calidad de agua enlistada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al puntaje total para el IBP-PR.

IBP-PR	CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN	CATEGORÍA
0.00 - 4.24	Excelente	Contaminación orgánica poco probable.	1
4.25 - 5.11	Muy Buena	Contaminación orgánica baja.	2
5.12 - 5.98	Buena	Alguna contaminación orgánica.	3
6.99 - 6.85	Regular	Contaminación orgánica moderada.	4
6.86 - 7.72	Regular Buena	Contaminación orgánica muy moderada.	5
7.73 - 8.59	Pobre	Contaminación orgánica severa.	6
8.60 - 9.46	Muy Pobre	Contaminación orgánica muy severa.	7

Metodología de recolección

- Tres muestras de tres minutos cada una deben ser tomadas por sitio, tratando de abarcar todos los nichos disponibles.
- Los organismos deben ser recolectados utilizando una red tipo D con un poro de malla de 250µm, y deben ser separados del resto del material principalmente en el campo.
- Todos los organismos recolectados deben ser guardados en etanol al 80% para su posterior identificación en el laboratorio.

¿Cómo se debe utilizar esta guía?

- Localice su organismo entre las imágenes, fotografías de insectos, moluscos y otros macroinvertebrados.
- El nombre de la familia de cada bioindicador está acompañado de dos valores de tolerancia: el BMWP-PR y el IBP-PR, respectivamente. Siga las instrucciones al dorso de la guía para calcular el índice de interés.
- En resumen, el nombre de cada organismo indica lo siguiente:
 - El primer número indica la familia.
 - El segundo número indica la tolerancia.
 - El tercer número indica la abundancia.

Macroinvertebrados acuáticos de Puerto Rico como bioindicadores de calidad ambiental

Los organismos acuáticos que habitan los cuerpos de agua pueden ser utilizados como indicadores de la calidad ambiental. A estos organismos se les conoce como bioindicadores acuáticos. Los bioindicadores presentan diferentes rangos de tolerancia a la contaminación y sus características se utilizan en el biomonitorio acuático como una medida para determinar el estado ambiental de los cuerpos de agua.

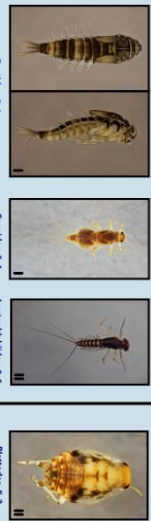
De los diversos tipos de bioindicadores que existen, los macroinvertebrados acuáticos son los más utilizados. Este grupo incluye todos los insectos acuáticos (larvas y/o adultos), ácaros, arácnidos (lombrices, sanguijuelas), bivalvos, caracoles, moluscos (gastropodos y bivalvos), planarias, entre otros.

Esta guía contiene imágenes de la mayoría de macroinvertebrados bioindicadores presentes en los ríos y lagos de Puerto Rico, además de los rangos de tolerancia de los índices de interés de cada familia. Los organismos recolectados para Puerto Rico: el BMWP-PR (Biológico Monitoring Water Quality) y el IBP-PR (Indice Biológico de Familias).



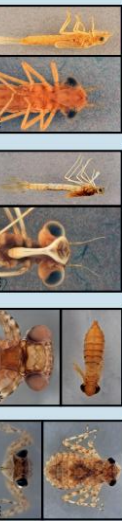
78

EPHEMEROPTERA



BLATTODEA

ODONATA

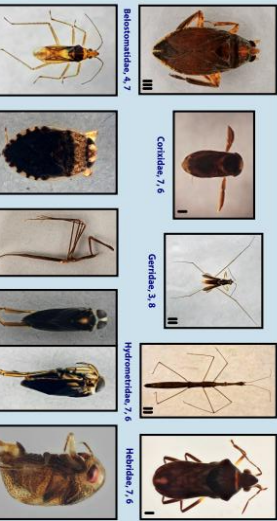


TRICHOPTERA

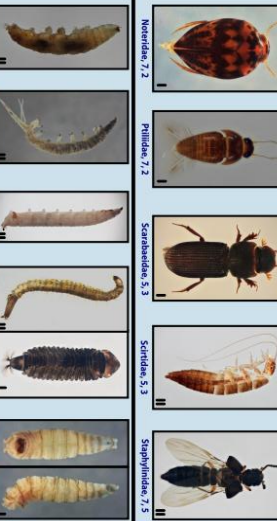


COLEOPTERA

HEMIPTERA



DIPTERA



DIPTERA



Indicaciones de uso

- Cada foto está acompañada del nombre de la familia y los índices de calidad de agua que le corresponden: Familia, BMWPFR, IBFPR.
- El número romano corresponde al tamaño de la larva o larva madura:
 - I < 5mm
 - II < 15mm
 - III > 15mm



LEPIDOPTERA



DIPTERA