

**FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA**

TANIA ALEXANDRA ROBLEDO BELTRÁN

Código: 2015115053

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

**FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA**

TANIA ALEXANDRA ROBLEDO BELTRÁN

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Licenciada en Química

Línea de investigación: Incorporación a la educación ambiental en el currículo de
ciencias

Director(a):

Dora Luz Gómez Aguilar

Doctora en Desarrollo Sostenible

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EN QUÍMICA

BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

Nota de aceptación:

Firma de director(a)

Firma del jurado

Firma del jurado

Nuestra historia juntas ha atravesado pruebas y decisiones difíciles, a pesar de ellas siempre has sido mi motivo para luchar y seguir adelante.

A mi madre Gladis Beltrán.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a Dios por darme la sabiduría y la fuerza para poder culminar esta carrera y por guiarme a lo largo de toda mi travesía en esta vida.
- A la Universidad Pedagógica Nacional por ser un escenario de aprendizaje continuo y de enriquecimiento, que me ayudo a formarme como profesional y como persona ante esta sociedad cambiante.
- A la profesora Dora Gómez Aguilar mi directora de trabajo de grado, por su apoyo y por abrirme las puertas a esta área de conocimiento tan interesante, por su comprensión, además reconocer que ella a lo largo de la carrera siempre fue un ejemplo a seguir como profesional.
- Al profesor de la universidad Jaime Casas, a la profesora Sonia Muñoz, Yolanda Ladino, Viviana Rincón, Johanna Basto porque todos ellos me aportaron a mi formación docente y cada uno son un ejemplo a seguir para mi futuro profesional.
- A mi madre Gladis Beltrán por ser esa persona que me inculco unos valores y principios que me hacen ser la persona que soy ahora, por toda esa dedicación y apoyo ante los momentos de adversidad, por ser esa persona tan admirable y luchadora que nos sacó adelante a mi hermano y a mí.
- A mi padre James Humberto Robledo por su apoyo y amor.
- A mi hermano James Robledo Beltrán por sus palabras de apoyo, por su guía y por todos esos momentos que me hacen admirarlo como profesional.
- A mi tía Miryam Beltrán † por ser una segunda madre para mí, por ser una mujer luchadora y por apoyarme en cada paso que di y en cada decisión.
- A mis abuelos Dustano Beltrán † y Flor Urrego † de quienes solo tengo memorias de felicidad, risas, historias y momentos que siempre atesoro en mi corazón.
- A mis amigos de la universidad Andrea Barrero, Claudia Rodríguez, Adelina Cifuentes, Adrián Ortiz, Nicolás Molina, Diego Viafara por su apoyo y amistad.
- A Daniel Rubio por todas sus palabras de aliento, por apoyarme y nunca dejarme desvanecer.
- A todos los amigos que he encontrado alrededor de este camino y a mis familiares por apoyarme.

Contenido

	Pág.
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE GRÁFICOS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
1. JUSTIFICACIÓN	3
2. ANTECEDENTES	5
A. ANTECEDENTES LOCALES	6
B. ANTECEDENTES NACIONALES.....	7
C. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	9
3. REFERENTES CONCEPTUALES	11
3.1 COMPONENTE DISCIPLINAR	11
3.1.1 CALIDAD DEL AGUA	11
3.1.2 LA CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN	12
3.1.3 LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	13
3.1.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL EMPLEO DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E ÍNDICE BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	14
3.1.5 ¿QUÉ UN BIOINDICADOR Y UN MACROINVERTEBRADO ACUÁTICO?	15
3.1.6 MODO DE VIDA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	16
3.1.7 LAS CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN BIOINDICADOR	18
3.1.8 ÍNDICE BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/COLOMBIA (BMWP)/COL	18
3.1.9 THE POLLUTION TOLERANCE INDEX (PTI).....	20

3.2 COMPONENTE PEDAGÓGICO	23
3.2.1 ¿QUÉ ES PENSAR Y QUE IMPLICA EL PENSAMIENTO CRÍTICO?	23
3.2.2 ¿QUIÉNES HAN TRABAJADO SOBRE LAS HABILIDADES O CAPACIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO?	23
3.2.3 HABILIDADES O CAPACIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO.....	23
4. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	27
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	28
5. OBJETIVOS	31
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	31
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
6. METODOLOGÍA.....	33
6.1 TIPO DE ESTUDIO	33
6.2 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	33
6.3 DESCRIPCIÓN	34
6.3.1 CONTEXTO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	34
6.3.2 TIPO DE MUESTRA.....	34
6.4 METODOLOGÍA PROPUESTA.....	35
6.4.1 PRIMERA FASE: DIAGNÓSTICO Y ESCALAS DE ANÁLISIS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO	42
6.4.2 SEGUNDA FASE: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MATERIAL PEDAGÓGICO.....	44
6.4.3 TERCERA FASE: RESULTADOS	47
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	50
7.1 PRIMERA FASE: PRUEBA DIAGNÓSTICA DE ENTRADA (PDE).	51
7.1.1. IDEAS PREVIAS RELACIONADAS CON LOS BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA	52
7.1.2 CATEGORIZACIÓN DE LAS HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO	59
7.2 SEGUNDA FASE: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS	67

7.2.1 INSTRUMENTO 1: ACTIVIDADES PROBLEMA-FOMENTANDO EL PENSAMIENTO CRÍTICO.....	67
7.2.2 INSTRUMENTO 2: EJERCICIO DE APLICACIÓN DEL ÍNDICE BIOLÓGICO: BMWP/COL.....	84
7.2.3 INSTRUMENTO 3: SIMULACIÓN TRABAJO DE CAMPO Y NORMATIVIDAD COLOMBIANA.....	91
7.3 TERCERA FASE: PRUEBA DIAGNÓSTICA DE SALIDA PDS	120
7.3.1 APRENDIZAJES SOBRE LOS BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA	120
7.3.2 CATEGORIZACIÓN DE LAS HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO	126
8. CONCLUSIONES.....	130
9. RECOMENDACIONES	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
ANEXOS	137
A. ANEXO: PRUEBA DIAGNÓSTICA Y RÚBRICA.....	137
B. ANEXO: INSTRUMENTO 1. ACTIVIDADES PROBLEMA-FOMENTANDO EL PENSAMIENTO CRÍTICO.	151
C. ANEXO: INSTRUMENTO 2. TALLER APLICATIVO DEL INDICA BIOLÓGICO BMWP/COL.	169
D. ANEXO: INSTRUMENTO 3. SIMULACIÓN: TRABAJO DE CAMPO Y NORMATIVIDAD COLOMBIANA.	182

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS VS INDICADORES BIOLÓGICOS, EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	14
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN BIOINDICADOR.....	18
TABLA 3: PUNTAJES DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PARA EL ÍNDICE BMWP/COL	19
TABLA 4: CASES DE CALIDAD DE AGUA, VALORES DEL BMWP/COL, SIGNIFICADO Y COLORES PARA REPRESENTAR CARTOGRÁFICAS	20
TABLA 5: PUNTUACIONES DE SENSIBILIDAD DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS SEGÚN OLOMUKORO Y DIRISU (2014)	21
TABLA 6: CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN LOS VALORES DEL ÍNDICE DE TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN	22
TABLA 7: CAPACIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO SEGÚN ENNIS (2011)	23
TABLA 8: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL O DE PRUEBAS PARA EVALUAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO.....	24
TABLA 9: HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO (SUBESCALAS O FACTORES), EVALUADOS EN LA PDE-PDS Y EN LOS INSTRUMENTOS 1,2 Y 3.....	26
TABLA 10: FASES DE TRABAJO DE LA INVESTIGACIÓN	35

TABLA 11: RELACIÓN ENTRE LAS ESCALAS, SUBESCALAS Y LOS PUNTOS DE LA PRUEBA DIAGNÓSTICA EN ESTA INVESTIGACIÓN.....	44
TABLA 12: ORGANIZACIÓN DEL MATERIAL PEDAGÓGICO REALIZADO EN ESTA INVESTIGACIÓN	45
TABLA 13: ESCALAS DE ANÁLISIS Y ESTRUCTURA DE LA RÚBRICA.....	47
TABLA 14: IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE ASPECTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS PDE.....	52
TABLA 15: CONCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LOS BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA PDS	120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. FUENTE DE CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	13
FIGURA 2. MACROINVERTEBRADOS REPRESENTANTES DEL NEUSTON EN EL ECOSISTEMA ACUÁTICO.....	16
FIGURA 3. MACROINVERTEBRADOS REPRESENTANTES DEL NECTON EN EL ECOSISTEMA ACUÁTICO.....	17
FIGURA 4. MACROINVERTEBRADOS REPRESENTANTES DEL BENTON EN EL ECOSISTEMA ACUÁTICO.....	17

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICA 4: RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DE LA PDE	59
GRÁFICA 5: NIVELES DE CATEGORIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES CON EL I1	68
GRÁFICA 6: NIVELES DE CATEGORIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES CON EL I2	85
GRÁFICA 7: NIVELES DE CATEGORIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES CON EL I3	93
GRÁFICA 8: COMPARACIÓN DE CATEGORIZACIÓN POR NIVELES DE LOS ESTUDIANTES EN EL DESARROLLO DE LA PDE Y LA PDS	126

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Término
PC	Pensamiento crítico
HPC	Habilidades del pensamiento crítico
PDE	Prueba diagnóstica de entrada
PDS	Prueba diagnóstica de salida
BMWP/Col	Biological Monitoring Working Party/ Colombia
I1	Instrumento 1
I2	Instrumento 2
I3	Instrumento 3
DQO	Demanda química de oxígeno
DBO	Demanda biológica o bioquímica de oxígeno
DBO ₅	Demanda biológica o bioquímica de oxígeno (5 días)
COT	Carbono orgánico total

INTRODUCCIÓN

En cuanto a la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, aprobada en el año 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, que integra 17 objetivos y 169 metas de carácter integrado enfocadas en una esfera social, económica y ambiental. De la cual hay varios países de América Latina y del Caribe miembros de la ONU, por lo cual se comprometen a implementar y regular políticas públicas enmarcadas al seguimiento y mejoramiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en particular el objetivo que tiene directa relación con este trabajo es el número seis denominado “*agua limpia y saneamiento*”, que busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Sin embargo Yana (2014, citado por Aguilar y Solano 2018), menciona que el inapropiado manejo de las aguas residuales de tipo doméstico representa la mayor fuente de contaminación para los afluentes, por lo cual los residuos domésticos son vertidos sobre las diferentes fuentes hídricas a través de un sistema de alcantarillado, o en otros casos liberados directamente sobre los ríos sin ningún tipo de control o pre tratamiento, como lo dispone la ley o normatividad de cada país.

Para poder realizar un seguimiento y vigilancia de la calidad ecológica de los afluentes se han utilizado diversos métodos uno de los índices más utilizados según Flórez y Pérez (2013) es el *Biological Monitoring Working Party (BMWP)*. De igual modo Armitage *et al* (1983, citado por Naranjo y López 2013) afirma que este método fue creado en Inglaterra por Hellawell (1978), para analizar la tolerancia a la contaminación orgánica de familias de macroinvertebrados; con el tiempo este índice se fue perfeccionando en la misma Inglaterra proponiendo un orden de las familias organizándolo en 10 niveles y se les hizo corresponder una puntuación del 1 al 10, en donde el diez representa baja materia orgánica y altos niveles de oxígeno disuelto, el número 10 indica que el afluente no tiene contaminantes, mientras que

el número uno indica alta materia orgánica y bajos niveles de oxígeno disuelto lo cual se traduce en un alto nivel de contaminación del afluente.

Por otro lado, este trabajo se incorpora cinco fases de implementación en donde se pretende con las actividades propuestas crear espacios propicios para que el estudiante pueda potenciar las habilidades del pensamiento crítico, se opta por trabajar en esta investigación con todas habilidades del PC que plantean Saiz y Fernández (2008). Adicionalmente se trabajara con dos de las categorías, que hacen referencia a las habilidades del PC que postula el autor Piette (1998, citado por López Aymes, 2012) para un mejor entendimiento se resumen en la Tabla 9, las habilidades del pensamiento crítico que se abordaron en la PDE y en la PDS, también en los instrumentos planteados en esta investigación.

También se pretende retomar el índice BMWP/Col en el cual se relaciona directamente con otras temáticas que a su vez son necesarias entender para el manejo adecuado de este índice. Así mismo, se estudiara la taxonomía o taxones que clasifican a los bioindicadores de estudio, también es relevante el papel que tienen en diversos procesos ecológicos y como punto clave esta investigación aporta un material didáctico, que puede ser implementado a nivel educativo e investigativo con el fin de aprender los métodos de muestreo, separación, recolección e identificación de los macroinvertebrados acuáticos y su respectivo contraste con el índice biológico denominado BMWP/Col.

Para lo anterior se propone una aproximación al trabajo de campo de laboratorio mediante un simulador de acceso libre en la cual se recrearan ciertas condiciones e información del lugar de monitoreo en el cual se asignara uno para cada grupo de trabajo, el cual pretende ser la aproximación más próxima de una simulación de muestreo de macroinvertebrados acuáticos y la realización de pruebas fisicoquímicas por cada escenario planteado, para lo cual se tiene como base el simulador llamado "Leaf Pack Network" el cual tiene unos derechos de autor y es iniciativa de la corporación llamada "Water Research Center Stroud" de EEUU.

1. JUSTIFICACIÓN

Si bien hoy en día se habla mucho del cuidado de los recursos naturales, para nadie es un secreto que poco a poco se ha contaminado el recurso hídrico en muchos lugares del mundo. Tal como las Naciones Unidas Nueva York (2019) el agua es un recurso valioso clave para la salud humana, alimentaria y energética, y se relaciona con otros aspectos del desarrollo sostenible. Sin embargo, el agua como recurso natural se ve amenazada debido a su alta demanda, debido al crecimiento demográfico de la población mundial; es así como la mayoría de ríos de África y América Latina presentan grandes cantidades de contaminación desde la década de 1990, en donde según las cifras recogidas se reportan en los últimos 1000 años una pérdida del 50-770% de humedades naturales de todo el mundo.

No obstante esa contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales (lóticos y lénticos), han sufrido un impacto negativo causado por la actividad humana, en donde los desechos industriales y domésticos de una población, cada vez más creciente tienen como destino final los ríos y en último término el mar, así que la fauna de muchos ríos del mundo han desaparecido o se ha visto sustancialmente reducida por estos motivos (Roldan, 2016). Esto nos lleva a pensar en la importancia que tiene evaluar la calidad del agua ya sea de los ríos, lagos, humedales y lagunas de los diferentes territorios que encontramos a nivel local, nacional e internacional.

Con respecto a lo anterior Jaramillo (2002) resalta que la mayoría de los parámetros utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas son de carácter fisicoquímico tanto para su seguimiento y monitoreo lo cual se lleva a cabo mediante la toma periódica de muestras y su posterior análisis, pero en nuestro medio hay muchas restricciones de tipo logístico y técnico que dificultan que este tipo de control se practique adecuadamente y surjan los resultados esperados. Por lo cual se destacan una serie de desventajas en la caracterización fisicoquímica en primer lugar este tipo de análisis es muy costoso, si se requiere hacer un monitoreo

continuo su costo se eleva aún más, la manipulación inadecuada de las muestras pueden ocasionar que se contaminen mostrando resultados erróneos, además algunos microorganismos no pueden ser medidos debido a los límites de detección de algunos métodos y equipos utilizados.

Una alternativa sería emplear macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua o (indicadores biológicos), que según Roldan (2016) uno de los métodos más usados en la evaluación de los impactos ambientales causados por el desarrollo de proyectos de ingeniería (represas, minas, carreteras y otros) que en alguna forma terminan afectando a los afluentes. Así mismo, se opta por emplear este método debido a las ventajas que presenta (Jaramillo, 2002) menciona las siguientes responden a una contaminación crónica, responden a contaminación puntual, es de bajo costo, permite medir la degradación del hábitat, se puede estudiar la bioacumulación de diferentes sustancias, y por último las muestras pueden tener integración en el espacio y en el tiempo.

La realización de este trabajo permitirá a docentes en formación de la Universidad Pedagógica Nacional de la licenciatura en química, tener el acceso y/o posible adaptación del producto de este trabajo como herramienta educativa; que puede ser implementada en diversos escenarios tanto a nivel de educación secundaria como en la educación superior y así mismo servirá de base para trabajos futuros que se realicen en este campo. Así mismo, esta investigación pretende fomentar las habilidades del pensamiento crítico propuestas por Saiz y Fernández (2008) las cuales son el (*razonamiento deductivo, razonamiento práctico, razonamiento inductivo, toma de decisiones y solución de problemas*), que son las que hacen referencia a las habilidades específicas del pensamiento crítico” (p.32). También se contempla dos habilidades del pensamiento crítico propuestas por Piette (1998, citado por (López Aymes, 2012) una de ellas se refiere a *la habilidad vinculada a la capacidad de elaborar un juicio de valor sobre la fiabilidad de la información* y la otra *la habilidad relacionada con la capacidad de evaluar la información*.

Por otro lado, hay una falencia en la falta de formación en los docentes sobre los macroinvertebrados acuáticos y su relación como índice biológico, ya que el docente se puede formar en cuanto a la taxonomía de macroinvertebrados, para elaborar los índices del BMWP y obtener conclusiones relevantes cuando realice investigaciones o proyectos que se relacionen con los sistemas acuáticos. Así mismo, se destaca la importancia de la existencia de cursos, asignaturas o énfasis en los espacios de formación para el profesorado, sobre todo lo referente a taxonomía de macroinvertebrados acuáticos y su implementación como índice biológico, el cual es empleado como herramienta de biomonitoreo de la calidad del agua. Según lo expuesto anteriormente, la investigación que estoy proponiendo como trabajo de grado resulta ser un gran aporte en la educación universitaria, ya que los docentes en formación podrán enseñarlo e implementarlo en un futuro en sus aulas.

Dicho lo anterior, la modelación realizada en este trabajo puede ser replicada por diversas entidades, por ejemplo, cuando la entidad necesite capacitar a su personal con respecto a la recolección, manejo e identificación de macroinvertebrados y no sea posible acceder al punto de monitoreo. Este tipo de simulaciones permite modelar las condiciones ambientales del punto de monitoreo, en donde se puede tomar de base material bibliográfico de la zona, así como artículos en donde se realice la recolección de macroinvertebrados del punto de monitoreo de estudio. Así que este tipo de trabajos puede ser una alternativa para la divulgación sobre este tipo de temáticas trabajadas en relación con los macroinvertebrados acuáticos.

2. ANTECEDENTES

En esta apartado se toman las revisiones bibliográficas de algunos artículos científicos o tesis de grado realizadas a nivel local, nacional e internacional. A continuación se presentan las que nutren más esta investigación.

a. Antecedentes locales

El autor López (2018) realiza un trabajo llamado “Material educativo para la enseñanza de las aportaciones de los insectos acuáticos a partir del juego propiciando el reconocimiento de las dinámicas de los ecosistemas acuáticos” de la Universidad Pedagógica Nacional, el cual tiene como objetivo construir juegos para la enseñanza de insectos acuáticos presentes en la colección de insectos acuáticos de la Universidad Pedagógica Nacional como material educativo para el maestro de biología. El enfoque que toma la investigación es cualitativo, el cual permite entender las diferentes dinámicas presentes en la sociedad y permite observar como las acciones antrópicas y el desconocimiento de la fauna con respecto a los insectos acuáticos, repercuten a nivel ambiental y ecológico en un ecosistema.

El aporte de este trabajo mencionado, son los argumentos que proporciona en cuanto a la importancia de implementar los insectos acuáticos como eje transversal para tratar problemáticas causadas a los afluentes producto de las actividades antrópicas, y como este tipo de investigaciones son un aporte para captar la realidad sociales de los sujetos de estudio y su percepción según un contexto específico. Otro aporte interesante es que el material educativo que eran juegos tradicionales lo articulo con las habilidades científicas como (la observación, la problematización, creación de hipótesis, entre otros), para la enseñanza de las adaptaciones de los insectos acuáticos.

En el trabajo de los autores Centurión Garzón y Pardo Martínez (2013), realizaron un trabajo llamado “Clave taxonómica de identificación virtual de la colección de insectos acuáticos del Departamento De Biología de la Universidad Pedagógica Nacional”, el cual tiene como objetivo desarrollar una aplicación cliente-servidor que permita la búsqueda, clasificación e identificación de los insectos presentes en la colección de insectos acuáticos de la Línea de Investigación, Biodiversidad y Conservación de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Andina (S.A.R.A), del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Por otro lado, en la parte metodológica se sigue el modelo SCRUM que hace referencia al grupo encargado de desarrollar el sistema, el ProductOwner hace

referencia a al cliente que solicito el desarrollo del sistema que fueron los coordinadores de la Línea de Investigación, Biodiversidad y Conservación de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Andina (S.A.R.A), y el Stakeholders que hace referencia a los estudiantes y docentes que harán uso del software acá realizado.

El aporte de este trabajo mencionado, permite distinguir diferentes perspectivas de la temática de estudio ya que utilizan un software que observa al insecto acuático y según las claves taxonómicas y ecológicas lo etiqueta a cualquier insecto perteneciente a los órdenes Trichoptera y Coleóptera, facilitándole el trabajo al investigador. Este tipo de trabajos permite proyectar la posibilidad de trabajar o realizar laboratorios empleando por ejemplo simuladores o un software con el fin de simular de manera virtual el trabajo que se haría de forma presencial, para la identificación o para el muestreo de macroinvertebrados o insectos acuáticos.

El autor Lozano Ortiz (2005) realiza un trabajo llamado “La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá” de la Universidad Manuela Beltrán, el cual tiene como objetivo de realizar un estudio en la cuenca del río Juan Amarillo y calcular el índice BMWP/Col.

El aporte de este trabajo mencionado, permitió indagar en cómo influye la época de lluvia y sequía en el estudio, se estudió cómo influye la actividad antrópica en la presencia de estos organismos y, como esto influye en los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas. Así mismo, se puede entender como realizan la clasificación taxonómica de las familias y realizar el cálculo del índice BMWP/Col.

b. Antecedentes nacionales

En el trabajo de Sánchez (2005) realizo un trabajo llamado “El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander.”, el cual tiene como

objetivo de realizar un estudio del río Pamplonita desde su nacimiento hasta su desembocadura y realizar el cálculo del índice BMWP.

El aporte de este trabajo mencionado, permite indagar y conocer mejor los métodos que se emplean para la determinación de parámetros fisicoquímicos y se describe como realizarlos, describe los elementos necesarios para un análisis in situ, también describe algunas técnicas de recolección de macroinvertebrados y los métodos empleados para el análisis microbiológico de Coliformes Totales y Fecales. Adicionalmente proporciona una tabla de los puntajes individuales de las familias para el índice BMWP, muestra la tabla pertinente para poder realizar mapas de calidad del agua y por último este trabajo sirvió para entender mejor como realizar el cálculo total del BMWP para un punto de monitoreo específico.

En el trabajo de Rodríguez et al., (2011), realizo un trabajo llamado “Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia”, el cual tiene como objetivo de determinar el valor ecológico de la riqueza de las redes tróficas en el río Gaira.

El aporte de este trabajo mencionado, permite conocer cómo se realizaría un estudio sobre los grupos funcionales alimenticios de los macroinvertebrados acuáticos, logrando determinar la riqueza, abundancia y biomasa de los GFAs de estos organismos a escala de un río, tramo y unidades funciones con el objeto de evaluar su variación espacio-temporal. Otro aporte importante fue analizar como influye la temporada de lluvia y sequía en la biomasa aportada por los grupos funcionales alimentarios.

En el trabajo de González et al., (2012) realizo un trabajo llamado “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales”, el cual tiene como objetivo de estudio fue comparar la riqueza, composición de dichos organismos y la calidad de agua en dos quebradas abastecedoras en el municipio de Manizales.

El aporte de este trabajo mencionado, es poder comparar la calidad del agua en términos de variables fisicoquímicas y el uso de macroinvertebrados para

calculas el índice BMWP. También se contrastaron los resultados con otros índices como el EPT que significa Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

c. Antecedentes internacionales

Por otro lado Ramírez y Gutiérrez (2014), realizaron un artículo llamado “Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras” de la Universidad de Puerto Rico, del departamento de Biología, este trabajo tenía el objetivo de realizar un análisis de la literatura publicada en los últimos 14 años, la cual tuvo un aumento continuo en las publicaciones sobre macroinvertebrados. Cabe adicionar que la mayoría de los estudios realizados en el periodo 2000-2013 fueron realizados en Brasil, Colombia, Argentina, y Costa Rica; y se enfocaron en la taxonomía y temas relacionados con la biodiversidad y la distribución.

El trabajo mencionado, incluye 18 trabajos que presentan información sobre macroinvertebrados acuáticos recolectada en ocho países (Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México, Perú, Puerto Rico y Venezuela). Los trabajos se pueden dividir en dos grupos con similar número de publicaciones, que de cierta forma reflejan la realidad de la región. Así que los autores, dejan claro algunas áreas de investigación han recibido más atención que otras y, algunas todavía faltan por explorarse, en donde basados en la revisión de literatura que realizaron hace falta explorar las siguientes áreas de estudio: sobre taxonomía y sistemática, determinar los mecanismos responsables por los cambios en biodiversidad, evaluar el papel de los macroinvertebrados en los procesos ecológicos, llevar los esfuerzos de biomonitorio más allá de los métodos unimétricos, implementar una visión de ecosistema y establecer estudios a largo plazo.

Con base a lo anterior este trabajo realiza el aporte en esta investigación, abriendo la perspectiva del estudio para contemplar y estudiar algunas de las áreas que ellos mencionan son poco estudiadas. Como la taxonomía desde la perspectiva de desarrollo de herramientas de identificación (claves taxonómicas, técnicas particulares, cursos y talleres) que ayuden aprender y también a entrenar nuevos

taxónomos. Otra área es la diversidad de macroinvertebrados, que hace referencia a estudios centrados en entender los mecanismos que controlan o determinan factores ambientales. Otra área importante es el papel del biomonitoreo, es decir, trabajos enfocados en el índice BMWP, ya que el uso de estos índices ha sido sumamente importantes, para resaltar la importancia de las evaluaciones con macroinvertebrados y en la educación ambiental. Por último, se destaca el área de la visión de ecosistema, en donde se enfatiza en realizar investigaciones con macroinvertebrados en el contexto de sus ecosistemas. Muchos estudios se enfocan en los macroinvertebrados en aislamiento, de otros componentes del ecosistema. Por ejemplo, la presencia de recursos (v.g., algas, detrito) y depredadores (v.g., peces, camarones) generalmente no son incorporados dentro de las investigaciones sobre la dinámica de los macroinvertebrados.

Otra investigación que aporta a esta investigación es la de los investigadores Ladrera, Rieradevall, y Narcís (2013), quienes realizaron un artículo llamado “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica” de la Universidad de Barcelona, del departamento de Ecología, el cual tiene como objetivo de describir los principales materiales y programa existentes al respecto de indicadores de la calidad en la Península Ibérica y se proponen una serie de ideas enfocadas a mejorar la utilización de herramientas didácticas en el aula.

Este trabajo aporta en el sentido de entender y repasar algunos conceptos básicos sobre macroinvertebrados, también muestra algunos ejemplos de material didáctico empleado en la educación secundaria, para la enseñanza de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Por último, los autores destacan el hecho de la falta de formación de los docentes sobre estos métodos, ya que el docente se puede formar en cuanto a la taxonomía de macroinvertebrados, para elaborar los índices del BMWP y obtener conclusiones relevantes de los sistemas acuáticos. Así mismo, destaca la importancia de la existencia de cursos de formación para el profesorado, sobre taxonomía de macroinvertebrados acuáticos y la elaboración de índices bióticos en la educación secundaria. Según lo

expuesto anteriormente, la investigación que estoy proponiendo como trabajo de grado resulta ser un gran aporte en la educación universitaria, ya que los docentes en formación podrán enseñarlo e implementarlo en un futuro en sus aulas.

Otra investigación que aporta a esta investigación es la de los investigadores Morelli y Verdi (2014), quienes realizaron un artículo llamado “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay.” de la Universidad de la República de Uruguay, el cual tiene como objetivo fue determinar la composición y estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados así como su relación con algunos parámetros fisicoquímicos, en 8 ríos donde el bosque nativo se encuentra bien conservado, y sentar las bases para futuros estudios.

Este trabajo aporta en el sentido de conocer otros índices diferentes a los que se usan en Colombia como los índices de Shannon-Weaver (H'), dominancia de Simpson (D) y equidad de Pielou (J'), cabe destacar que emplearon índice de similitud de Bray-Curtis para la determinación de la diversidad beta.

3. REFERENTES CONCEPTUALES

3.1 Componente disciplinar

3.1.1 Calidad del agua

Con respecto al estudio y a la ecología de las aguas continentales, brindan información relevante sobre el estudio de las características fisicoquímicas del agua, y del tipo de flora y fauna que las habitan. Mediante este tipo de estudio se puede conocer, el estado de eutrofización o de contaminación de un cuerpo de agua; así como su potabilidad para el consumo humano y animal y otro aspecto importante como el grado de aceptabilidad para irrigación, su uso industrial, para piscicultura y también para actividades relacionadas con el campo hídrico (Roldán Pérez, 1996).

Por otro lado el concepto de “calidad del agua” es relativo debido al uso que va a tener el agua o el sistema que se quiere evaluar. De tal modo, si el agua se va usar para consumo humano, industrial, regadío, transporte, recreación y conservación, el sistema de evaluación de la calidad será diferente. Una vez se define el uso del agua, se puede definir aspectos como: el tipo de sustancias en el agua, la concentración de las sustancias, la estructura y composición de los organismos acuáticos y por último los cambios espacio-temporales inducidos por factores intrínsecos y extrínsecos al sistema acuático de estudio (Jaramillo, 2002).

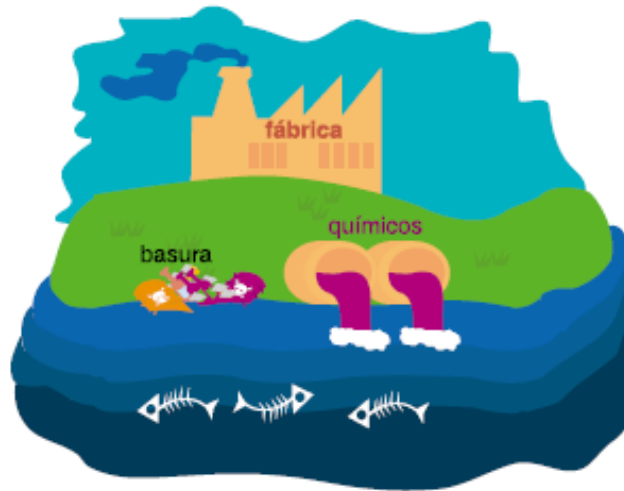
3.1.2 La calidad del agua y su relación con las fuentes de contaminación

Cuando se hace referencia al término de contaminación de cualquier ecosistema, se hace referencia al estrés ambiental provocado por un factor externo. Como por ejemplo, el vertimiento de sustancias o energía al medio acuático por parte del hombre en cantidades que perjudican la salud o destruyen los recursos hídricos (Jaramillo, 2002).

En concreto las fuentes de contaminación de los afluentes proviene de actividades como la producción agrícola o ganadera que emplean diversos productos químicos, la tala de árboles la construcción de carreteras que produce exceso de escorrentía, las descargas urbanas con contenido de desechos de nuestra vida cotidiana que contienen diversas sustancias o compuestos tóxicos o de estructuras complejas, actividades como la exploración petrolera, minera, la construcción de represas o centrales hidroeléctricas, lo anterior es el producto de la contaminación industrial, de las fábricas que utilizan muchos ingredientes en sus

productos los cuales son sustancias químicas que se arrojan a los ríos o se filtran hasta las aguas subterráneas de diversos afluentes (Carrera Reyes y Fierro Peralbo, 2001).

Figura 1. Fuente de contaminación del recurso hídrico



Fuente: (Carrera Reyes y Fierro Peralbo, 2001)

3.1.3 La evaluación de la calidad del agua

Con respecto a la calidad de las aguas su concepción ha cambiado en los últimos años, rápidamente de un enfoque fisicoquímico a otro que integra todos los componentes del ecosistema. Recientemente, el Parlamento Europeo mediante la directiva Marco COM-97 aceptó el término de referencia “estado ecológico” como una medida de la calidad de las aguas. En donde la norma europea, establece como factores esenciales para la determinación del estado ecológico de las aguas, al análisis de las comunidades de organismos como bioindicadores del estado ecológico de los diferentes ecosistemas acuáticos (Roldán Pérez, 2012).

3.1.4 Evaluación de la calidad del agua mediante el empleo de parámetros fisicoquímicos e índice biológico de macroinvertebrados acuáticos

Sobre la evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, muchos países han aceptado la inclusión para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. A su vez el ecosistema acuático es un sistema funcional, en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico (Roldán Pérez, 2016).

Si bien se puede emplear los parámetros fisicoquímicos o el indicador biológico de macroinvertebrados acuáticos, de manera independiente para determinar la calidad del agua, resulta ser una propuesta interesante emplear ambos métodos, ya que el uno es el complemento del otro; en cuanto a las ventajas y desventajas que pueda presentar cada método. A continuación se sintetiza en la **Tabla 1**, las ventajas y desventajas de cada método de la evaluación de la calidad del agua.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos vs indicadores biológicos, empleados en la evaluación de la calidad de las aguas

Propuesta	Ventajas	Desventajas

<p style="text-align: center;">A: Pruebas fisicoquímicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muestran cambios temporales detallados. • Permiten determinar con precisión tipos y concentraciones de los contaminantes. • Se pueden establecer los flujos de los contaminantes. • Pueden ser usados en aguas subterráneas. • Son de fácil estandarización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos microcontaminantes no pueden ser medidos, debido a los límites de detección de los métodos o equipos empleados. • La integración temporal es bastante complicada • La manipulación inadecuada de las muestras puede ocasionar que éstas se contaminen mostrando resultados erróneos. • Este tipo de análisis es muy costoso. • Cuando se requiere hacer monitoreos continuos su costo se hace muy elevado.
<p style="text-align: center;">B: Insectos acuáticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las muestras pueden tener integración en el espacio y en el tiempo. • Responden a contaminación crónica. • Responden a contaminación puntual. • Se puede estudiar la bioacumulación de diferentes sustancias. • Se pueden desarrollar estudios en tiempo real (bioestudios). • Permiten medir la degradación del hábitat. • Este tipo de estudio es de bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden presentar una sensibilidad temporal baja. • A veces son difíciles de cuantificación. • Las técnicas de estandarización son complicadas. • Sin validez para estudios de flujos. • Dificultad para utilizar en aguas subterráneas.

Adaptado de: (Jaramillo, 2002).

3.1.5 ¿Qué un bioindicador y un macroinvertebrado acuático?

En lo que se refiere a un *bioindicador* o *indicador biológico* es un organismo acuático o también llamado macroinvertebrado acuático, en donde el mero hecho de tener su presencia ya sea en mayor o en menor abundancia en una fuente, nos

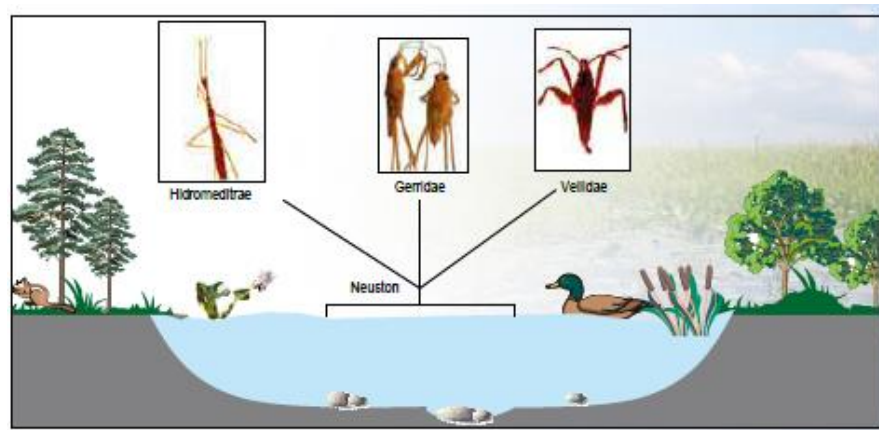
indica alguna condición del ecosistema como, por ejemplo, el grado de contaminación del afluente de estudio (Ladrera, Rieradevall, y Prat, 2013).

En lo que se refiere al término de macroinvertebrado acuático o también llamados insectos acuáticos como aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500 μm , constituido por ejemplo por esponjas, planearías, odonatas, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, como por ejemplo los cangrejos los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua. Así mismo se incluye animales que se encuentren en estados inmaduros como huevos o larvas (Ladrera, Rieradevall, y Prat, 2013).

3.1.6 Modo de vida de los macroinvertebrados acuáticos

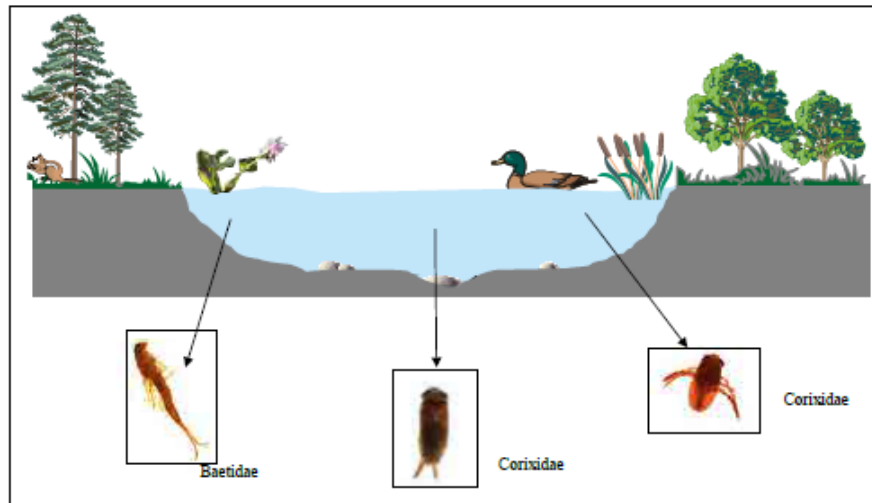
Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente. Reciben diferentes nombres dependiendo de su ubicación, el **Neuston** se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando ver Figura 2. Mientras que los **Necton** son todos los organismos que nadan libremente en el agua ver Figura 3. Y por último los **Bentos** ver Figura 4, se refieren a los organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Roldán Pérez, 2012).

Figura 2. Macroinvertebrados acuáticos representantes del neuston



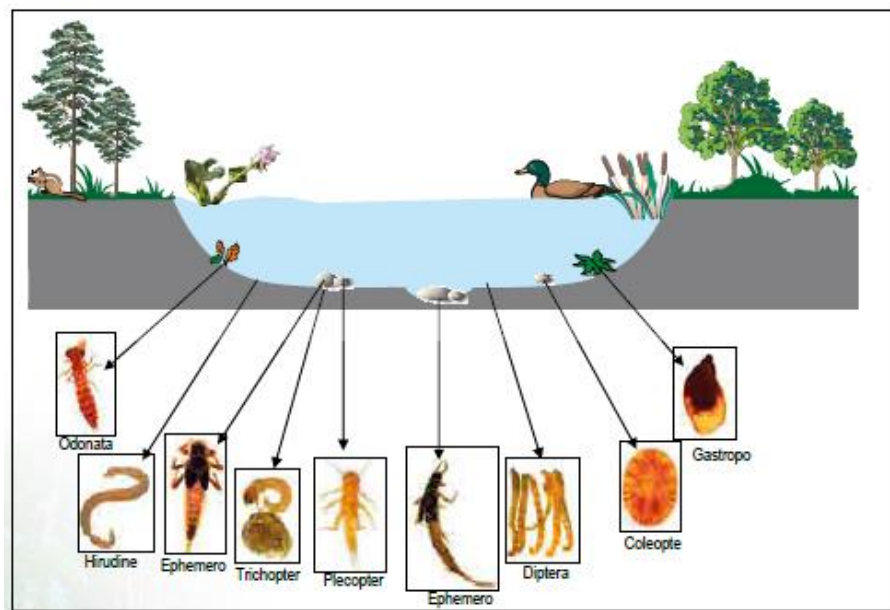
Fuente: (Roldán Pérez, 2012)

Figura 3. Macroinvertebrados acuáticos representantes del necton



Fuente: (Roldán Pérez, 2012)

Figura 4. Macroinvertebrados acuáticos representantes del benton



Fuente: (Roldán Pérez, 2012)

3.1.7 Las características de un buen bioindicador

Los bioindicadores deben cumplir con unas condiciones fundamentales para que sea útil y brinde información veraz y confiable (Jaramillo, 2002). A continuación se presentan dichas condiciones:

Tabla 2: Características de un buen bioindicador

Bioindicador	Condiciones de un buen bioindicador
Macroinvertebrados acuáticos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Debe ser de amplia distribución 2. Dese ser posible cultivarlo en el laboratorio 3. Debe ser de larga vida 4. Su papel en la comunidad debe ser poco variable 5. Debe ser comparable en situaciones y condiciones similares 6. No debe tener mucha variabilidad natural 7. Debe existir información biológica y ecológica sobre el indicador 8. En lo posible su comportamiento debe predecirse o modelarse. 9. Debe tener relación con el efecto que se desea evaluar 10. Debe ser fácil de colectar y cuantificar 11. Debe ser fácil de identificar taxonómicamente

Adaptado de: (Jaramillo, 2002).

3.1.8 Índice Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP)/Col

En cuanto al *Biological Monitoring Working Party (BMWP)*, se estableció por primera vez en Inglaterra en el año 1970 como un método simple, económico y rápido, para evaluar la calidad del agua empleando los macroinvertebrados acuáticos, como bioindicadores. Este método solo requiere llegar hasta el nivel de familia, y los datos son cualitativo (presencia o ausencia), al mismo tiempo se emplea un puntaje que va del 1 al 10 de acuerdo a la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Por ejemplo, las familias más sensibles son

Perlidae y *Oligoneuridae* que reciben el puntaje de 10 indicando la buena calidad del agua, sin embargo la familia *Tubificidae* recibe el puntaje de 1 e indica la mala calidad del agua. Cabe destacar que se suman los puntajes de cada familia encontrada, y el puntaje final nos permite indicar como se encuentra la calidad de un punto de monitoreo (Roldán Pérez, 2012).

El autor Roldán Pérez (2016) resulta ser un gran referente en el estudio de macroinvertebrados acuáticos en Colombia y en su trabajo nos presenta una tabla que presenta las familias y su valoración de acuerdo a su grado de adaptación a las diferentes calidades del agua, dicha tabla se muestra a continuación:

Tabla 3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohebiidae, Naucoriidae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente:(Roldán Pérez, 2016).

Por otro lado al autor Roldán Pérez (2012), en su trabajo nos habla de los mapas de calidad del agua que muestran cinco clases de calidad del agua, resultantes de sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. Al puntaje total se le denomina BMWP/Col y de acuerdo a ese puntaje, se califica las distintas clases de agua, asignándoles un color

característico, dicho color se emplea para marcar los ríos o corrientes de la zona estudiada. Dicha tabla se presenta a continuación:

Tabla 4: Mapas de calidad de agua, valores del BMWP/Col, significado y colores para representar cartográficas

<i>Clase</i>	<i>Calidad</i>	<i>BMWP/Col</i>	<i>Significado</i>	<i>Color</i>
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán Pérez, 2012).

3.1.9 The Pollution Tolerance Index (PTI) o índice de tolerancia a la contaminación

En cuanto al índice de tolerancia a la contaminación o (PTI), fue empleado en esta investigación en uno de los instrumentos aplicados, en donde se empleó un simulador llamado “Leaf Pack Network Simulation”, el cual se basa en la metodología establecida por Olomukoro y Dirisu (2014, como se citó en Ghosh et al., 2017). De tal modo que las familias de macroinvertebrados se dividen en tres grupos: intolerantes, moderadamente y tolerantes a la contaminación. Cada categoría se puntúa con un factor de sensibilidad el factor de 3 es intolerante, el factor de 2 es un grupo facultativo o moderadamente tolerante, y el factor 1 es un grupo tolerante a la contaminación. Por otro lado los factores de sensibilidad de las familias de macroinvertebrados, según la definición de Olomukoro y Dirisu (2014, como se citó en Ghosh et al., 2017), se pueden visualizar en la Tabla 5.

Tabla 5: Puntuaciones de sensibilidad de la contaminación de las familias de macroinvertebrados según Olomukoro y Dirisu (2014)

SL NO	FAMILY	SENSITIVITY SCORE
1	Elmidae	3
2	Hydrachnidae	3
3	Unionidae	3
4	Viviparidae	3
5	Macromiidae	2
6	Chironomidae	2
7	Ceratopogonidae	2
8	Platycnemididae	2
9	Palaemonidae	2
10	Potamidae	2
11	Corixidae	1
12	Nepidae	1
13	Hydrometridae	1
14	Gerridae	1
15	Hydrophilidae	1
16	Culicidae	1
17	Physidae	1
18	Hirudinidae	1
19	Lumbricidae	1

Fuente: (Ghosh et al., 2017).

Con base al PTI obtenido se comparan con la Tabla 6 de referencia, para establecer la calidad del agua con los siguientes rangos: agua no contaminada ósea **excelente** entre 23 y más, **buena** entre 17 a 22, **regular** entre 11 a 16 y **pobre** con valores menores de 10.

Tabla 6: Clasificación de la calidad del agua según los valores del Índice de Tolerancia a la Contaminación

PTI VALUES	WATER QUALITY RATING
≥ 23	Excellent (Unpolluted water)
17-22	Good (Unpolluted water)
11-16	Fair (polluted water)
≤ 10	Poor (polluted water)

Fuente: (Ghosh et al., 2017).

3.2 Componente pedagógico

3.2.1 ¿Qué es pensar y que implica el pensamiento crítico?

Tal y como lo mencionan Saiz y Fernández (2008), el acto de pensar implica análisis, decidir, planificar, usar estrategias, todo esto sería pensar. Mientras que razonar, decidir y resolver problemas son procesos fundamentales que hacen parte de las habilidades fundamentales del pensamiento crítico.

3.2.2 ¿Quiénes han trabajado sobre las habilidades o capacidades del pensamiento crítico?

Como lo menciona Saiz y Fernández (2008 el señor Donders 1969), son investigadores pioneros en la evaluación del pensamiento crítico, y destacan que el investigador siempre ha tenido la tentación de cuantificar, incluso lo más escurridizo, como es la actividad mental. Por otro lado otro autor pionero en este campo de la investigación y evaluación del pensamiento crítico es Robert H. Ennis quien ha elaborado varias pruebas o test sobre el pensamiento crítico y además, ha realizado una gran diversidad de estudios sobre este tema (Ennis, 2003, 2011).

3.2.3 Habilidades o capacidades del pensamiento crítico

En el trabajo del autor Ennis (2011), nos da una guía de las capacidades con las que debe contar una persona que ha desarrollado el pensamiento crítico las cuales se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7: Capacidades del pensamiento crítico según Ennis (2011)

Capacidades del pensamiento crítico
1) Centrarse en una pregunta. 2) Analizar los argumentos. 3) Preguntar y responder aclaraciones.

- 4) Juzgar la credibilidad de una fuente.
- 5) Observar y juzgar los informes de observación.
- 6) Deducir y juzgar las observaciones.
- 7) Hacer inferencias materiales (aproximadas a la inducción).
- 8) Hacer y juzgar juicios de valor.
- 9) Definir términos y juzgar definiciones, usando criterios apropiados.
- 10) Atribuir supuestos no declarados.
- 11) Considerar y razonar a partir de premisas, razones, suposiciones, posiciones y otras proposiciones.
- 12) Integrar las disposiciones y otras habilidades en la toma y defensa de decisiones.

Otro punto de vista es el de los autores Saiz y Fernández (2008) quienes en su largo trayecto en este campo los ha llevado a proponer pruebas estandarizadas para evaluar habilidades específicas del pensamiento crítico, como su prueba llamada PENCRIAL (Pensamiento, Crítico, Salamanca) y la prueba denominada PENCRIAL (Pensamiento, Transferencia, Salamanca), las cuales son empleadas por su gran eficacia. Cabe destacar que estas pruebas son plantadas desde unos principios fundamentales, los cuales se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8: Principios fundamentales para la elaboración de material o de pruebas para evaluar el pensamiento crítico

Principios fundamentales
<ol style="list-style-type: none"> 1) Es importante que el material sea proyectado desde una situación que plantee un problema cotidiano, es decir, situaciones-problema que conduzcan a reflexionar y especialmente importante para la evaluación, que el sujeto pueda expresar esa reflexión realizada, 2) Las situaciones cotidianas deben definir problemas específicos, conducidos a una respuesta clara y única. Adecuando las situaciones-problema, de tal modo que la persona que lo elaboré también piense

en los pasos para resolverlo, esto puede ser un paso clave para poder medir el proceso que se desea en específico,

- 3) Crear una tarea específica o situación-problema para cada habilidad concreta del pensamiento crítico,
- 4) Utilizar un formato de respuesta abierta.

Adaptado de: (Saiz y Fernández, 2008).

De tal modo Saiz y Fernández (2008) en su trabajo, hacen hincapié en las *habilidades del pensamiento crítico* que emplean en sus pruebas las cuales son: (el razonamiento deductivo, razonamiento práctico, razonamiento inductivo, toma de decisiones y solución de problemas), que a su vez hacen referencia a las habilidades específicas del pensamiento crítico y las denominan factores o subescalas.

Por otro lado, el autor Piette (1998, citado por López Aymes, 2012) habla de las habilidades del pensamiento crítico y las divide en tres categorías. La primera de ellas se refiere a las habilidades vinculadas a la habilidad de **clarificación de la información** (hacer preguntas, concebir y juzgar definiciones, distinguir los diferentes elementos de una argumentación, de un problema de una situación o de una tarea, identificar y aclarar los problemas importantes). La segunda categoría abarca las habilidades vinculadas a la **elaboración un juicio sobre la fiabilidad de la información** (juzgar la credibilidad de una fuente de información, juzgar la credibilidad de una información, identificar los presupuestos implícitos, juzgar la validez lógica de la argumentación). La tercera categoría se refiere a las habilidades relacionadas con la **evaluación de la información** (obtener conclusiones apropiadas, realizar generalizaciones, inferir, formular hipótesis, generar y reformular de manera personal una argumentación, un problema, una situación o una tarea).

Con base a los autores anteriores, se opta por trabajar en esta investigación con todas habilidades del PC que plantean Saiz y Fernández (2008). Adicionalmente se trabajara con dos de las categorías, que hacen referencia a las habilidades del PC

que postula el autor Piette (1998, citado por López Aymes, 2012), para un mejor entendimiento se resumen en la Tabla 9, las habilidades del pensamiento crítico que se abordaron en la PDE y en la PDS, también en los instrumentos pedagógicos planteados en esta investigación.

Tabla 9: Habilidades del pensamiento crítico (subescalas o factores), evaluados en la PDE-PDS y en los instrumentos 1,2 y 3

Escala de análisis	Subescalas o factores
Habilidades del pensamiento crítico	Razonamiento deductivo-Proposicional
	Razonamiento deductivo- Categórico
	Toma de decisiones
	Solución de problemas
	Razonamiento Inductivo- Causal
	Razonamiento práctico-Argumentación
	Evaluación de la información y Elaboración de un juicio sobre la fiabilidad de la información

(Fuente: Autor)

4. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del problema

La presente investigación surge a través de la revisión bibliográfica en la base de datos de repositorios de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), en específico en del programa de biología y de química durante el periodo de tiempo entre el año 2013 al 2019, de lo cual se evidencio el uso de macroinvertebrados desde diferentes áreas y perspectivas como por ejemplo: en los cambios que se pueden presentar en los ecosistemas acuáticos, en la consolidación de bases de datos enfocado en la taxonomía de macroinvertebrados acuáticos, fichas ecológicas, en la creación de juegos a nivel de educación secundaria para la enseñanza de la importancia de los cuerpos acuáticos, la determinación de la calidad ecológica de algún río en específico o humedal, el diseño de servidores que permitan la identificación taxonómica y ecológica de los órdenes trichoptera y coleóptera, la creación de páginas web para el reconocimiento de insectos locales acuáticos, estos son algunos de las enfoques que se han realizado a nivel de pregrado en la UPN y a nivel de artículos se encuentra basta información del estudio de ríos, lagunas y humedales, encaminados a la cuantificación y clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos o bioindicadores presentes en determinados puntos de monitoreo de la zona de estudio.

Sin embargo, se evidencio que dentro del departamento de química de la UPN hay un solo proyecto de investigación relacionado con el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del año 2017 llamado “bioindicadores una estrategia didáctica para el reconocimiento de la calidad del agua con estudiantes de básica primaria” de la autora Arias, L. Mientras que en el programa de biología de la UPN hay una cantidad mayor y considerable de trabajos encaminados en el tema en mención e incluso el departamento de biología tiene una colección de insectos acuáticos.

Con base a lo anterior se cree de suma importancia aumentar las investigaciones desde el departamento de química de la UPN, más en específico en los proyectos de investigación de pregrado, en el tema de los macroinvertebrados acuáticos, lo cual busca el presente trabajo aportando con un material educativo que pueda ser adaptado a nivel didáctico por instituciones educativas de educación básica, media y superior, con el fin de enseñar o capacitar con respecto a la importancia de los bioindicadores en la naturaleza, los métodos de recolección y la clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos, asimismo es relevante que el sujeto entienda el Biological Monitoring Working Party (BMWP) en cual es un método que sirve para dar cuenta de la calidad ecológica de un afluente y que a su vez se relaciona con una normatividad reglamentada en Colombia, para el cuidado y preservación de los diferentes afluentes del país.

4.2 Formulación del problema

Continuar con la investigación en este campo de los bioindicadores es significativo para Colombia ya que al aumentar el número de investigaciones se generan datos valiosos ya que representan patrones de abundancia, diversidad a largo plazo, da cuenta de las condiciones ambientales de un determinado lugar, indica la diversidad de especies acuáticas y la calidad de los afluentes dando a conocer el grado de contaminación de los afluentes de nuestro país, así mismo los cambios en la biodiversidad, la importancia de los macroinvertebrados acuáticos en los procesos ecológicos, por las razones anteriores y muchas más, se debe seguir aumentando las investigaciones en este campo. Desde el punto de vista de Ramírez y Gutiérrez (2014) un punto de discusión es la creciente cantidad de publicaciones desde el 2000, es claro que algunas áreas de investigación han recibido más atención que otras y algunas todavía por explorarse. Basados en nuestra revisión de literatura, proponemos las siguientes áreas como aquellas que necesitan más atención en estudios futuros: un primer aspecto es la *taxonomía y sistemática* (es importante el estudio de todos los grupos ya que en algunos estudios son estudiados muy pocos grupos, también es necesario el desarrollo de herramientas de identificación que ayuden a aprender y a entrenar nuevos taxónomos). Un

segundo aspecto es la *diversidad de macroinvertebrados* (es importante hacer un esfuerzo por entender los mecanismo que determinan estos patrones como por ejemplo los factores ambientales, fisicoquímica de los ambientes, por otra parte es importante estudiar la diversidad funcional y la diversidad filogenética).

En un tercer aspecto se destaca la *ecología y procesos ecológicos* (autoecología de los organismos que se refiere a el tipo de alimento que consumen, la forma que lo adquieren o bien la duración de los estadios larvales o de adulto son temas básicos que no se conocen de la mayoría de especies de macroinvertebrados). En el cuarto aspecto se plantea el biomonitoreo o bioindicación (aunque el uso del índice BMWP es quizás de los más utilizados por ser un índice unimétrico, se destaca la importancia de innovar e incorporar índices multimétricos que es ideal para ser aplicado en áreas en donde se tenga información limitada sobre los macroinvertebrados). En el quinto aspecto se habla de la *visión de ecosistema* (en donde se puede ver incorporados al estudio los depredadores, la presencia de recursos, la variabilidad espacial y temporal que ocurre de forma natural en os ecosistemas). Por ultimo en el sexto aspecto es sobre las *investigaciones a largo plazo* (que sean de más de cinco años son sumamente valiosos para entender los fenómenos a grandes escalas por ejemplo el de la niña o cambo climáticos).

Es así que este trabajo pretende aportar a nivel investigativo en aspectos como: en el estudio de la taxonomía y el biomonitoreo de los macroinvertebrados acuáticos. Lo cual le propiciará a los docentes en formación de la UPN habilidades del pensamiento crítico, con actividades encaminadas a la reflexión sobre como nuestras acciones diarias y la gestión de los recursos afectan la conservación de las especies naturales y la conservación de las fuentes hídricas.

Con base en todos los postulados planteados anteriormente se aborda el siguiente cuestionamiento.

¿Cómo la implementación de diferentes estrategias con macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, puede fomentar las habilidades del pensamiento crítico en estudiantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales en el 2021-II?

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Fomentar las habilidades del pensamiento crítico en los estudiantes de educación superior de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales en el 2021-II, tomando como modelo a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua.

5.2. Objetivos específicos

- Identificar las ideas previas sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, que tienen los estudiantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales, correspondiente al periodo 2021-II.
- Categorizar teniendo en cuenta las habilidades del pensamiento crítico que presentan los estudiantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales en el 2021-II.
- Evaluar el progreso de las habilidades del pensamiento crítico de los estudiantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas

residuales en el 2021-II, por medio de los instrumentos realizados que a su vez se evaluaron a través de las rubricas correspondientes.

6. METODOLOGÍA

6.1 Tipo de estudio

Este trabajo de investigación se desarrolla bajo una investigación cualitativa que se enfoca en comprender las concepciones ideas previas de los estudiantes Hernández Sampieri et al., (2014), explorándolos desde una perspectiva desde el conocimiento fundamental a uno más elaborado, para lo cual será clave el planteamiento de situaciones-problema que se enlacen con el contexto de la muestra de estudio.

6.2 Instrumentos para la recolección de información

En cuanto a la recolección de datos se llevó a cabo en cinco sesiones mediante los siguientes procesos:

- Se realizó la implementación de una prueba diagnóstica de entrada y salida (Pre y post test), este material se encuentra disponible en la página web denominada Webnode de la cual se compartió el respectivo enlace a los estudiantes para su desarrollo (<https://bioindicadores-de-la-calidad-del-agua-upn-2021.cms.webnode.com.co/>).
- El diseño de los instrumentos pedagógicos se realizó a partir de la prueba diagnóstica de entrada, debido a la situación de contingencia los encuentros con los estudiantes se llevaron a cabo de forma virtual. Así mismo para las tres intervenciones realizadas con el grupo de manera sincrónica, se realizó la explicación del material introductorio o de referencia el cual fue creado en específico para socializar antes de la realización de cada taller, para la recolección de los datos se elaboraron tres talleres planteados con un formato de situaciones-problema encaminado a fomentar habilidades del pensamiento crítico. Además, todo el material elaborado y aplicado fue montado en la página web denominada Webnode, en donde los estudiantes tenían acceso libre a talleres, cronograma de actividades, *material de apoyo* como: artículos de interés, videos relacionados con la temática de estudio,

instructivo de la simulación, guía de identificación y clasificación de macroinvertebrados acuáticos según el indica BMWP/ Col del autor Roldan 2012, entre otros. A su vez las dudas y la recepción de los talleres culminados se manejaron por medio del correo electrónico.

- Por otro lado, las rubricas realizadas que fueron cuatro (ver anexos) sirven como herramienta de evaluación de los talleres planteados y el análisis para cada instrumento con base a las habilidades fomentadas. Para su medición se tuvieron en cuenta cuatro niveles (bajo, básico, alto y muy alto).

6.3 Descripción

6.3.1 Contexto de la población de estudio

En cuanto a la Universidad Pedagógica Nacional queda ubicada en Calle 72 # 11-86 (sede de la 72), localidad de Chapinero.

Así mismo la Universidad Pedagógica Nacional tiene la misión de formar educadores y actores educativos con capacidad de comprender y transformar su contexto, mediante la generación del pensamiento pedagógico crítico y la formación de ciudadanos conscientes de su compromiso con la construcción de futuro (Universidad Pedagógica Nacional · Colombia, s. f.-a)

En concreto la población de estudio comprendió a individuos que cursan la educación superior - formación de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales en el 2021-II.

6.3.2 Tipo de muestra

En cuanto a esta investigación se optó por trabajar con una técnica de muestreo no probabilístico. De acuerdo a Hernández et al (2014) “en las muestras

no probabilísticas la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador” (p. 208). Dicho lo anterior, se seleccionó un muestreo por conveniencia, en donde la muestra de población seleccionada fuera accesible, pertenecieran a la población de interés, tuvieran una conectividad a internet óptima y pudieran participar en los encuentros sincrónicos y asincrónicos para la implementación del material de trabajo.

Como resultado la investigación se implementó con estudiantes de educación superior de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes a la Licenciatura en Química que cursaban la asignatura denominada “énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales” durante el periodo 2021-II, los cuales se encuentran en décimo semestre. Cabe destacar que el énfasis tiene un total de 16 estudiantes que cuenta con población masculina y femenina.

6.4 Metodología propuesta

Con respecto a la investigación se tienen en cuenta las siguientes fases, como se puede visualizar en la Tabla 10.

Tabla 10: Fases de Trabajo de la Investigación

Fase	Pasos	Proceso de investigación	Descripción	Material y recursos empleados
-------------	--------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------------------

Prueba diagnóstica de Entrada (PDE).

1

Identificación de la problemática

En la fase 1: la aplicación de la prueba diagnóstica a los estudiantes del énfasis para indagar sobre las ideas previas sobre los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, su importancia para el ecosistema, como se estos ven afectados por las actividades antrópicas y el conocimiento de los estudiantes sobre métodos, técnicas o índices que permitan determinar la calidad del agua de un río, lago o laguna.

Prueba piloto (pre-test).

- PDE en formato en Word.
- Rubricas de evaluación.

Y además indagar sobre habilidades específicas del pensamiento crítico como (*razonamiento deductivo de tipo proposicional, razonamiento deductivo de tipo categórico, toma de decisiones, solución de problemas, evaluación y fiabilidad de la información, razonamiento inductivo de tipo causal, y razonamiento práctico - argumentación*).

Diseño e implementación 1:

a. Elaboración del material dirigido para los estudiantes para la fase 2 fue el siguiente:

✓ Presentación introductoria sobre los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, los temas abordados fueron los siguientes:

2	Elaboración e implementación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Qué es un bioindicador del agua? ▪ ¿Qué es un macroinvertebrado acuático? ▪ Parámetros para evaluar la calidad del agua: fisicoquímicos y biológicos (ventajas y desventajas). ▪ Índices biológicos: Saprobio y el BMWP/Col. ▪ Importancia ecológica, forma donde pueden vivir y de que se alimentan los macroinvertebrados acuáticos. ▪ De qué trata el BMWP/Col, puntajes de clasificación de la calidad del agua. ▪ BMWP/Col su respectiva clasificación taxonómica e imágenes de los respectivos puntajes de cada familia de macroinvertebrados acuáticos. 	<p>A partir de los resultados obtenidos en la PDE, se diseñó y estructura el material pedagógico 1 para su aplicación y las respectivas rúbricas para el análisis de las mismas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taller en formato Word. ▪ Material de apoyo subido a la página web-Webnode. ▪ Rubricas de evaluación.
---	------------------------------	---	--	---

-
- Dos ejemplos recopilados de artículos científicos de cómo realizar la clasificación y el cálculo del BMWP/Col.
 - Índices biológicos empleados en otros países.
- ✓ Taller uno se plantean algunas situaciones-problema enfocado en fomentar habilidades específicas del pensamiento crítico como (*razonamiento deductivo de tipo proposicional, razonamiento deductivo de tipo categórico, toma de decisiones, solución de problemas, razonamiento inductivo de tipo causal, y razonamiento práctico - argumentación*).
- b. Elaboración de la rúbrica de evaluación.
- c. Pilotaje con los estudiantes.
-

Diseño e implementación 2:

a. Elaboración del material dirigido para los estudiantes para la fase 2 fue el siguiente:

✓ Actividad en la pizarra digital- ejercicio aplicativo sobre el índice biológico BMWP/Col.

✓ Taller dos en la primera actividad se trabajó sobre índice biológico BMWP/Col, enfocado en la habilidad del PC de (*evaluar la información*). Paralelamente el estudiante analizaba, comparaba información y por último realizaba los respectivos cálculos del índice bilógico. Como complemento en la segunda actividad fue enfocado en fomentar una habilidad del PC de (*elaborar un juicio sobre la fiabilidad de la información*).

A partir de los resultados obtenidos en la PDE, se diseña y estructura el material pedagógico 2 para su aplicación y las respectivas rúbricas para el análisis del contenido de las mismas.

- Material para el ejercicio en la pizarra digital.
- Taller en formato Word.
- Material de apoyo subido a la página web-Webnode.
- Rubricas de evaluación.

b. Elaboración de la rúbrica de evaluación.

c. Pilotaje con los estudiantes.

4

Elaboración e implementación

Diseño e implementación 3:

a. Elaboración del material dirigido para los estudiantes para la fase 3 fue el siguiente:

✓ Presentación introductoria sobre materiales y sustancias necesarios para la recolección y el muestreo, equipos empleados, indumentaria necesaria, técnicas de recolección de macroinvertebrados acuáticos más usadas y por último un resumen de las fases de trabajo empleadas en el índice biológico BMWP/Col.

✓ Videos sobre la recolección de macroinvertebrados acuáticos en campo y sobre el trabajo de interlaboratorios.

✓ Explicación sincrónica de cómo usar el simulador, con el apoyo del instructivo construido y a su vez empleando el Leaf Pack Network Simulation.

✓ Taller dividido en tres partes, en la primera parte contempla el uso de un simulador llamado "Leaf Pack Network Simulation" en el cual se deben realizar pruebas fisicoquímicas y recolección de macroinvertebrados acuáticos

A partir de los resultados obtenidos en la PDE, se diseña y estructura el material pedagógico 3 para su aplicación y las respectivas rúbricas para el análisis del contenido de las mismas.

- Material introductorio o de referencia para este taller.
- Enlace del simulador llamado "Leaf Pack Network Simulation".
- Simulación del trabajo de campo en formato en Word.
- Instructivo del simulador " - formato en PDF.
- Material de apoyo subido a la página web-Webnode.
- Rúbricas de evaluación.

para tres escenarios propuestos, en la segunda parte deben realizar la correcta clasificación taxonómica de un macroinvertebrado acuático (del cual solo poseen la imagen de referencia y las condiciones del hábitat en el cual se encuentra), el puntaje que le corresponde, y responder a la situación propuesta de análisis, y en la tercera parte del trabajo se plantea una situación- problema que contempla las normas vigentes en Colombia para la calidad del agua para consumo las cuales están reguladas por la resolución 2115 de 2007, también se complementará con los límites permisibles de las variables fisicoquímicas y microbiológicas para la calidad de agua en Colombia, así mismo se contempla el puntaje ideal de macroinvertebrados acuáticos para un determinado afluente, este trabajo fue enfocado en fomentar habilidades específicas del pensamiento crítico como (*toma de decisiones, razonamiento práctico-argumentación*).

b. Elaboración de la rúbrica de evaluación.

c. Pilotaje con los estudiantes.

5	Evaluación	<p><i>Prueba diagnóstica de Salida (PDS).</i></p> <p>En la fase 5: aplicación a los estudiantes del énfasis. Y comparación del pre y pos test.</p>	<p>Prueba de salida (pos-test).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PDS en formato en Word. ▪ Rubricas de evaluación.
---	------------	--	-------------------------------------	--

(Fuente: Autor)

6.4.1 Primera fase: Diagnóstico y escalas de análisis del pensamiento crítico

Con respecto a las habilidades del pensamiento crítico, este trabajo se plasmó desde la perspectiva de Saiz y Fernández (2008) en donde se tuvo en cuenta el trabajo titulado “Evaluación en pensamiento crítico: una propuesta para diferenciar formas de pensar”, el cual brinda una guía sobre que es el pensamiento crítico y como evaluarlo de manera que tenga validez. Según las pautas que ellos plantean en su trabajo, se optó por que la prueba de diagnóstico en el apartado B y los instrumentos 1, 2 y 3, estuvieran centrados en los procesos de *razonar, decidir y resolver problemas* que ellos denominan habilidades fundamentales del pensamiento crítico.

Con miras a evaluar estos procesos los autores Saiz y Fernández (2008) proponen algunos *principios fundamentales*, para quien quiera realizar pruebas o en este caso material pedagógico con miras a evaluar el pensamiento crítico, los cuales se resumen continuación. A) Es importante que el material sea proyectado desde una situación que plantee un problema cotidiano, es decir, situaciones-problema que conduzcan a reflexionar y especialmente importante para la evaluación, que el sujeto pueda expresar esa reflexión realizada, B) Las situaciones cotidianas deben definir problemas específicos, conducidos a una respuesta clara y única. Adecuando las situaciones-problema, de tal modo que la persona que lo elaboré también piense en los pasos para resolverlo, esto puede ser un paso clave para poder medir el proceso que se desea en específico, C) Crear una tarea

específica o situación-problema para cada habilidad concreta del pensamiento crítico, D) Utilizar un formato de respuesta abierta.

De tal modo el material elaborado como la prueba de diagnóstico en el apartado B, y los instrumentos 1, 2 y 3 cumplen con los principios fundamentales mencionados anteriormente.

Cabe aclarar que si bien dialogamos sobre las habilidades del pensamiento crítico, Saiz y Fernández (2008) nos hablan de “cinco subescalas (*razonamiento deductivo, razonamiento práctico, razonamiento inductivo, toma de decisiones y solución de problemas*), que son las que hacen referencia a las habilidades específicas del pensamiento crítico” (p.32). También se contempla dos habilidades del pensamiento crítico propuestas por Piette (1998, citado por (López Aymes, 2012) una de ellas se refiere a “*la habilidad vinculada a la capacidad de elaborar un juicio de valor sobre la fiabilidad de la información y la otra la habilidad relacionada con la capacidad de evaluar la información*” (p.44), de tal modo el material elaborado como la prueba de diagnóstico en el apartado B, y los instrumentos 1, 2 y 3; abarcan las habilidades propuestas por Piette (1998, citado por (López Aymes, 2012) y las subescalas propuestas por Saiz y Fernández (2008).

En lo que concierne en específico al material de diagnóstico en el apartado A se realiza la indagación de las percepciones que tienen los estudiantes, sobre algunos aspectos relacionados con los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, su importancia para el ecosistema, como se estos ven afectados por las actividades antrópicas y el conocimiento de los estudiantes sobre métodos, técnicas o índices que permitan determinar la calidad del agua de un río, lago o laguna. En segunda instancia en la prueba de diagnóstico en el apartado B, se evalúan habilidades del pensamiento crítico en específico las cinco subescalas planteadas por Saiz y Fernández (2008) y como complemento se adicionan otras dos habilidades del PC planteadas por Piette (1998, citado por (López Aymes, 2012), como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Relación entre las Escalas, Subescalas y los Puntos de la Prueba Diagnóstica en esta Investigación

Escala de análisis	Subescalas o factores	Cuestionamiento en la prueba diagnóstica
Habilidades del pensamiento crítico	Razonamiento deductivo-Proposicional	1
	Razonamiento deductivo-Categorico	2
	Toma de decisiones	3
	Solución de problemas	4
	Razonamiento Inductivo-Causal	5
	Razonamiento práctico-Argumentación	6
	Evaluación y Elaboración de un juicio sobre la fiabilidad de la información	4

(Fuente: Autor)

6.4.2 Segunda fase: Diseño e implementación del material realizado

Es necesario recalcar que el material realizado elaborado denominado como: instrumento 1, 2 y 3, cumple con los *principios fundamentales* propuestos por Saiz

y Fernández (2008), explicados en el segmento anterior 6.4.1. Y además cada instrumento fomenta diferentes habilidades del pensamiento crítico, como se explica más a detalle en la Tabla 12. Así mismo el material pedagógico Anexo B, C y D fue elaborado con base a los resultados obtenidos en el análisis y categorización de la prueba diagnóstica de entrada.

Tabla 12: Organización del Material Pedagógico Realizado en esta Investigación

N°	Tema	Instrumento	Estructura de la actividad	Habilidad fomentada
1	Tipos de bioindicadores, indicadores biológicos y fisicoquímicos de la calidad del agua, indumentaria para la recolección de macroinvertebrados acuáticos, grupos trófico, fuentes de alimento, puntajes del índice biológico BMWP/col, trabajo en	I1: Instrumento 1 Actividad problema-fomentando el pensamiento crítico. Anexo B.	A. Cuestionamiento 1 B. Cuestionamiento 2 C. Cuestionamiento 3 D. Cuestionamiento 4 E. Cuestionamiento 5 F. Cuestionamiento 6.1 G. Cuestionamiento 6.2	A. Toma de decisiones y razonamiento práctico-argumentación. B. Razonamiento Inductivo- causal. C. Toma de decisiones y razonamiento práctico-argumentación. D. Razonamiento deductivo-categorico. E. Razonamiento deductivo-proposicional.

comunidad e
interdisciplinar.

F. Solución de
problemas

G. Toma de decisiones

2	Puntajes de las familias de macroinvertebrados, mapas de calidad del agua, cálculo del BMWP/Col, clasificación taxonómica	I2:Instrumento 2 Taller aplicativo- cálculo del BMWP/Col, Anexo C.	i. Apartado A ii. Apartado B	i. Evaluación de la información ii. Elaborar un juicio sobre la fiabilidad de la información
3	Simulación del trabajo de campo pruebas fisicoquímicas y muestreo de macroinvertebrados, clasificación taxonómica, puntaje BMWP/Col, normatividad Colombiana sobre el cuidado del recurso hídrico	I3:Instrumento 3 Simulación: trabajo de campo y normatividad Colombiana Anexo D.	i. Apartado A ii. Apartado B iii. Apartado C	i. Toma de decisiones y razonamiento práctico-argumentación. ii. Razonamiento práctico-argumentación. iii. Toma de decisiones y razonamiento práctico-argumentación.

(Fuente: Autor)

6.4.3 Tercera fase: Resultados

Acercas de la evolución del material realizado se elaboró una rúbrica por cada instrumento implementado, teniendo en cuenta una escala de análisis centrada en las habilidades del pensamiento crítico (HPC) y unas subescalas que se relacionan con las habilidades específicas que corresponde a una actividad determinada. Así mismo, en la rúbrica se empleó tres niveles que corresponden a la construcción cognitiva de cada sujeto con base en la habilidad indagada en cada actividad, lo anterior se resume en la Tabla 13.

Tabla 13: Escalas de Análisis y Estructura de la Rúbrica

Escala de análisis	Subescalas o factores	Nivel
Habilidades del pensamiento crítico (Fuente: Autor)	Razonamiento deductivo-Proposicional	Muy alto
		Alto
		Básico
		Bajo
	Razonamiento deductivo-Categórico	Muy alto
		Alto
		Básico
		Bajo

	Muy alto
	Alto
Toma de decisiones	Básico
	Bajo
	Muy alto
	Alto
Solución de problemas	Básico
	Bajo
	Muy alto
	Alto
Razonamiento Inductivo- Causal	Básico
	Bajo
	Muy alto
	Alto
Razonamiento práctico- Argumentación	Básico
	Bajo

	Muy alto

	Alto

Evaluación de la información y Elaboración	Básico

de un juicio sobre la fiabilidad de la información	Bajo

(Fuente: Autor)

Dicho brevemente en el caso de la fase 1 se sistematizó y organizó la información obtenida de la prueba diagnóstica (pre test) con el objetivo de identificar las ideas previas que tenían los estudiantes sobre los bioindicadores de calidad del agua e indagar sobre las habilidades fundamentales del pensamiento; con el fin de diseñar el material pedagógico tomando a los macroinvertebrados acuáticos como organismos modelos para fomentar las habilidades del pensamiento crítico.

Por otro lado los estudiantes serán representados con un código con la letra E y un número con el fin de relacionar los resultados obtenidos (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16).

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Este apartado presenta los resultados obtenidos durante la investigación y el respectivo análisis, dando cumplimiento a los objetivos propuestos y respondiendo la pregunta problema. Este último se realiza teniendo en cuenta las tres fases propuestas en este trabajo, la *primera fase* donde se implementa la Prueba Diagnóstico de Entrada (PDE), en la segunda fase se diseñan y desarrollan tres instrumentos los cuales buscan que los estudiantes fomenten habilidades del pensamiento crítico por medio del aprendizaje de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua y la tercera fase se aplica la Prueba Diagnóstico de Salida que es la misma PDE, permitiendo contrastar las concepciones que presentan los estudiantes después de la implementación del material; hay que mencionar además que durante todo el proceso el proceso se aplicaron diferentes rúbricas para evaluar la progresión del aprendizaje y realizar el análisis del contenido de las respuestas de cada taller.

Por otra parte, el material diseñado se encuentra disponible en los Anexos A, B, C, D y E, el cual fue catalogado de la siguiente manera 1) *presentación introductoria a la temática*, 2) *ejercicio de aplicación del índice biológico: BMWP/Col*, y 3) *presentación del material / sustancias para la recolección y muestreo, implementos e indumentaria, técnicas de recolección necesaria para la recolección e identificación de macroinvertebrados bentónicos*; 4) *videos sobre la temática de estudio* recopilados del sitio web YouTube, este material fue socializado de manera sincrónica con los estudiantes los cuales fueron adaptados para su implementación por medio del software Skype y el hardware Jamboard. Así mismo, los instrumentos diseñados para fomentar las habilidades del pensamiento crítico fueron trabajos por los estudiantes de forma asincrónica, para lo cual se brindaron espacios para la solución de dudas y la retroalimentación del trabajo realizado.

7.1 Primera fase: Prueba Diagnóstica de Entrada (PDE).

Con respecto a las pruebas diagnósticas resultan ser de gran importancia para conocer las ideas previas de los estudiantes, Campanario y Otero, (2000) debido a que las ideas previas hacen parte del marco conceptual del estudiante, así mismo dirigen y orientan el procesamiento de la información que se estudia ya sea de libros o de las explicaciones del profesor. Además, las ideas previas son claves ya que inciden en las observaciones y en las interpretaciones de las mismas.

A continuación se explica cómo se organizó la prueba de diagnóstico, implementada con los estudiantes del énfasis disciplinar II la cual se organizó en dos apartados, el *apartado A* enfocado en conocer las percepciones que tienen los estudiantes sobre aspectos relacionados con los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua; haciendo parte de lo propuesto en el desarrollo del primer objetivo específico de este trabajo. Por otra parte, en el *apartado B* se encuentran planteados unos ítems en forma de situaciones-problema que sean lo más semejante posible a situaciones o problemáticas de la vida cotidiana, estos ítems se enfocan en indagar en ciertas subescalas relacionadas con las habilidades del pensamiento crítico. Con el fin evaluarla se elaboró una rúbrica que permitió categorizar, los niveles en los que encuentra cada estudiante con respecto a una habilidad específica del pensamiento crítico, dirigido al cumplimiento del segundo objetivo específico de la investigación.

En la fase 1 se implementó de manera sincrónica el instrumento de PDE (Anexo A), el cual se compartió con los estudiantes mediante el software Skype y adicionalmente a quienes se le facilitó lo descargaron de la página web creada para esta investigación que se encuentra en el siguiente enlace (<https://bioindicadores-de-la-calidad-del-agua-upn-2021.cms.webnode.com.co/>).

7.1.1. Ideas previas relacionadas con los bioindicadores de calidad del agua

En cuanto a las ideas previas hoy en día son vistas como un conjunto de ideas o preconcepciones sobre ciertos contenidos científicos que en la gran mayoría de casos resultan ser ideas erróneas, a pesar de esto son una parte clave y deben de ser tenidas en cuenta para un aprendizaje significativo de las ciencias (Campanario y Otero, 2000).

En la PDE se planteó el primer ítem que permitió indagar sobre algunos *aspectos primarios* (ver anexo A), los cuales son conceptos fundamentales relacionados con los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, su importancia para el ecosistema, como se estos ven afectados por diversas actividades antrópicas y en el segundo ítem con referencia a unos *aspectos secundarios* se planteó desde el punto de vista del conocimiento previo de los estudiantes sobre: métodos, técnicas o índices que permitan determinar la calidad del agua de un río, lago o laguna como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Ideas Previas de los Estudiantes sobre Aspectos Primarios y Secundarios PDE

Pregunta	Respuestas estudiantes
1. ¿Qué entiende usted por bioindicadores de la calidad del agua?	<p>E1: “Los bioindicadores de calidad de agua permiten cualificar la calidad de cuerpo hídrico mediante la implementación de seres vivos y su relación y reacción con el ecosistema como índice de la calidad favorable o desfavorable que presenta el mismo, a través de una escala específica”.</p> <p>E6: “Son referentes del grado de calidad del agua, los cuales se relacionan a especies con características que permiten generar análisis en pro de una buena o mala calidad”.</p> <p>E7:” Lo entiendo como cualquier tipo de especie u organismo capaz de influir directamente en algún determinado sistema en este caso el agua,</p>

permitiéndonos conocer algunos parámetros físicos y químicos de la calidad de las mismas”.

E11: “Son herramientas o instrumentos que se utilizan para determinar la calidad del agua y el impacto que tienen sobre el ecosistema acuático”.

E12: “Indicadores de origen orgánico, los cuales no causan un daño ambiental al momento de realizar el análisis de aguas”.

E13: “Son sustancias las cuales permiten determinar el grado de contaminación que puede presentar una fuente de agua”.

E4: “Estos animales son importantes ya que pueden ayudar a controlar de alguna manera la contaminación que se genera por material orgánico en el agua”.

E6: “Son de vital importancia por la cadena trófica que se presenta en los medios acuáticos, es decir, algunos son depredadores y por ende reguladores y otros pueden ser alimento tanto de peces como de aves y por ello la presencia de estas especies regulan significativamente la calidad del agua”.

E7: “No conozco la respuesta exacta pero creería que al igual que las especies de insectos no-acuáticos, son indicadores de diversas actividades que pueden estar ocurriendo en esos sistemas hídricos. Los insectos generalmente son muy adaptativos por lo que una disminución de los mismos nos daría a conocer un gran inconveniente en el tipo de aguas donde esto ocurra”.

E9: “Los insectos tienen diferentes funciones dentro de un ecosistema, como polinizar, controlar plagas o ser parte del proceso de descomposición de cuerpos dentro del ambiente, en este caso los insectos acuáticos son muy importantes porque garantizan el funcionamiento adecuado de los ecosistemas acuáticos, ayudan filtrando el agua, descomponer los cuerpos, recogen hojas y ayudan a la reproducción de algas para la producción de oxígeno en el agua”.

E12: “Los insectos acuáticos son los reguladores de muchos de los procesos bioquímicos, es decir son los

2. ¿Cuál es la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema?

que permiten desarrollar procesos de regulación de contaminantes en el agua”.

E16: “Como todo ser, es importante en un ecosistema por el tema de la cadena trófica y en este caso un insecto acuático no es la excepción, los insectos pueden obtener oxígeno directamente de la atmósfera o el disuelto en agua, además de que puede ser alimento de otras especies, por lo tanto, tanto la presencia como la ausencia tiene que ver con la calidad de agua en el que se encuentran”.

3. En cuanto a las diversas actividades antrópicas (en donde interviene la acción humana, como por ejemplo la agricultura, la deforestación, la pesca, entre otros), además de los disturbios climáticos considera usted que estos factores influyen de manera positiva o negativa sobre los cuerpos hídricos. Justifique su respuesta.

E1: “Las actividades agrícolas desproporcionadas sin ningún tipo de tratamiento para las aguas afectadas pueden representar una influencia negativa, la pesca indiscriminada también, la industria, por ejemplo, la de las curtiembres, representa un gran foco de contaminación de los cuerpos hídricos. Las actividades domésticas vierten agua bastante contaminada, por lo que es relevante que se posean en zonas urbanas PTAR y centros de tratamiento, para que no sean enfáticamente influencias negativas”.

E3: “Toda actividad de carácter antrópico conlleva un riesgo para los ecosistemas, su influencia es más de carácter negativo que positivo y eso se ve en el deterioro de los ecosistemas actuales los cuales se traducen en la desaparición de especies que podrían servir como bioindicadores”.

E7: “Es más que claro que este tipo de actividades si se presentan en una cantidad en la cual la tierra no pueda recuperarse, traerán y han traído grandes consecuencias a nuestro ecosistema. . La desaparición de algunas especies acuáticas por excesos pesca, entre otros. Realmente también hay que tener en cuenta que este tipo de prácticas obedecen a una demanda que es propiciada por nosotros mismos.”.

E10: “Las actividades antrópicas si influyen de manera negativa porque afectan diferentes propiedades físicas y químicas del agua y alteran consecuentemente el equilibrio ecológico de los cuerpos hídricos”.

E14: “Influyen de manera negativa, ya que muchas de las sustancias que se utilizan para favorecer campos de cultivo (agricultura) llegan a fuentes de agua

consideradas vitales para muchos de los seres vivos, el consumo de estas sustancias en peces siguiendo la cadena alimenticia puede llegar al cuerpo del hombre y generar reacciones negativas perjudicando la salud del hombre. Cabe resaltar que aunque el planeta cuente con gran cantidad de agua, muy poca puede ser consumida por el hombre (agua dulce) y por una gran cantidad de seres vivos, lo cual debe ser de gran interés en el hombre preservar dichas fuentes vitales de agua”.

E15:“Si, las acciones humanas son las que han llevado al cambio en todos los aspectos del planeta tierra, la industria se encarga de verter muchos residuos contaminantes en agua, la pesca afecta las cadenas alimenticias y la diversidad de especies, la agricultura contamina aguas, entonces afecta de manera negativa a los cuerpos hídricos”.

4. ¿Qué métodos, técnicas o índices conoce usted de tipo cualitativo (es decir que indique la presencia o ausencia de un ser vivo o algún tipo de contaminante), el cual permita determinar la calidad de un río, lago o laguna?

E1:“Conozco la presencia de algas debido al conocimiento adquirido en mi primer énfasis, también la presencia de turbiedad en el agua”.

E3:“Sé que cuando se encuentran animales como moscas, larvas o los famosos gusanos de lodo en lagos o riachuelos son indicadores de que la calidad de esa agua es muy baja es decir, que tiene bajos niveles de oxígeno disuelto”.

E6:“Se podrían mencionar varias, empezando por las de tipo organoléptico, en especial la vista o el olfato, aguas con colores oscuros suelen indicar alto contenido de materia orgánica, lo cual no se traduce en agua contaminada pero si en aguas de riesgo, lo mismo sucede con el olor, olores fétidos pueden indicar material en descomposición en el agua. Ahora si hablamos de bioindicadores, se podrían hablar de plantas que crecen en condiciones específicas y las cuales traen consecuencia a la falta de oxigenación del agua, así como ciertos tipos de insectos los cuales responde a los cambios del agua, no es la misma interpretación el ver libélulas sobre los espejos de agua, a ver morcas sobre los ríos”.

E8:“No tengo referencia de alguna”.

E11:“Los indicadores de calidad de agua, a través de los parámetros fisicoquímicos como el pH, la oxígeno

disuelto, la turbidez, la alcalinidad, los sólidos suspendidos y totales”.

E13: “No conozco o no recuerdo en estos momentos”.

(Fuente: Autor)

En la pregunta 1 *¿Qué entiende usted por bioindicadores de la calidad del agua?* Algunos estudiantes plantean unidades básicas en su pensamiento que se asemejan a un concepto más idóneo sobre un bioindicador de calidad del agua, en donde en la Tabla 7-1 se muestra que hacen definiciones como “que son especies, seres vivos u organismos que permiten conocer la calidad del agua”, también destacan aspectos como que un bioindicador “tiene una relación con el ecosistema, y permiten realizar un análisis de las aguas sin ocasionar un daño ambiental”.

Lo anterior se relaciona con lo planteado por Ladrera y Rieradevall (2013) en donde un bioindicador es un organismo acuático en este caso, se tiene en cuenta su presencia en mayores o menor cantidades de abundancia ya que esto nos indica alguna condición del ecosistema acuático, como por ejemplo el grado de contaminación del afluente.

Sin embargo, otros estudiantes tenían una concepción incorrecta, ya que catalogaron a los bioindicadores de calidad del agua como “herramientas, instrumentos e incluso como sustancias” para determinar el grado de contaminación de una fuente agua, también cabe destacar que una idea errónea es pensar que un bioindicador nos permite “conocer los parámetros físicos y químicos del agua” lo cual no es así, si bien, estos seres vivos se ven afectados directamente por diferentes parámetros físicos y químicos, esto no quiere decir que nos ayudan a medir o cuantificar dichos parámetros. Esto solo se puede realizar a través de pruebas o técnicas específicas, para la determinación de ciertos parámetros fisicoquímicos que se quieran evaluar de un afluente específico.

En el caso de la pregunta 2 *¿Cuál es la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema?* Cabe destacar que unos estudiantes iban mejor encaminados a la respuesta idónea en donde en la Tabla 7-1 se muestra que algunos plantearon

aspectos como “que la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema radica en que son parte crucial de las cadenas tróficas de los organismos acuáticos”, además algunos “ayudan filtrando el agua, recogen hojas, también ayudan a la producción de algas para la producción de oxígeno disuelto en el agua” y por último la gran mayoría destaca el hecho de que “la presencia de estos insectos acuáticos indican la buena o mala calidad del agua”. Según Lobo y Bolaños (2005) los insectos acuáticos cumplen un rol importante en los sistemas acuáticos, ya que hacen parte de las redes alimenticias y del ciclo de nutrientes. En lo que se refiere al empleo de estos organismos es de gran ventaja al emplearlos como bioindicadores biológicos ya que permiten monitorear calidad del agua y la contaminación de un afluente.

Por otro lado, un estudiante afirmó no saber la respuesta más puntual pero se acercó a buena respuesta proponiendo lo siguiente “no conozco la respuesta exacta pero creería que al igual que las especies de insectos no-acuáticos, son indicadores de diversas actividades que pueden estar ocurriendo en esos sistemas hídricos. Los insectos generalmente son muy adaptativos por lo que una disminución de los mismo nos daría a conocer un gran inconveniente en el tipo de aguas donde esto ocurra” de este modo el estudiante destaca una temática que es abordada en otra pregunta de la prueba de diagnóstico del apartado A- ideas previas, pero que radica en cómo se ven afectados estos insectos acuáticos o macroinvertebrados por las actividades antrópicas cercanas al afluente.

Por otra parte en la pregunta 3, *En cuanto a las diversas actividades antrópicas (en donde interviene la acción humana, como por ejemplo la agricultura, la deforestación, la pesca, entre otros), además de los disturbios climáticos considera usted que estos factores influyen de manera positiva o negativa sobre los cuerpos hídricos. Justifique su respuesta.* Los estudiantes plantearon una respuesta idónea en donde en la Tabla 7-1 se muestra que la mayoría de estudiantes respondieron que “las actividades antrópicas influyen de manera negativa en los cuerpos hídricos, debido a la pesca indiscriminada afectando a su vez las cadenas alimenticias, los desechos de las curtiembres, los desechos de las aguas residuales, la desaparición de especies, se realiza una afectación de los parámetros físicos y

químicos del agua alterando a su vez el equilibrio ecológico del cuerpo hídrico, los químicos empleados en la agricultura que por diversos procesos terminan contaminado diversos afluentes, el consumo desmedido de ciertas especies y por último se destaca como la contaminación del agua genera su misma escases”.

En relación con Díaz-Martínez y Granada-Torres (2018) en la investigación que realizaron sobre la caracterización fisicoquímico y microbiológico del río Bogotá a lo largo de municipio de Villapinzón , Colombia. Encontraron como el vertimiento de agua residuales en una de las estaciones de estudio del río ocasionaron altos niveles de carbono total y turbiedad, mientras que en las zonas cercanas del río a las curtiembres que obtuvieron valores altos como e incremento en la alcalinidad y el pH, en la estación en donde está el casco urbano se presenta valores bajos de pH y un alto contenido de materia orgánica debido al vertimiento de aguas residuales domésticas, y en otra de las estaciones se presentó valores inferiores de NMP/100mL de *Enterococcus faecalis* y *Pseudomonas aeruginosa* (bacterias), bajos niveles de conductividad y de sólidos disueltos totales.

Por último en la pregunta 4 *¿Qué métodos, técnicas o índices conoce usted de tipo cualitativo (es decir que indique la presencia o ausencia de un ser vivo o algún tipo de contaminante), el cual permita determinar la calidad de un río, lago o laguna?* Los estudiantes plantearon sus respuestas desde el conocimiento construido a través de la carrera como futuros licenciados en química en donde en la Tabla 7-1 se muestra que algunos respondieron que “conocían los métodos físicos como (turbiedad, olor, color aparente, sólidos suspendidos y totales) y químicos como lo son el (oxígeno disuelto, pH, alcalinidad) y los bioindicadores como insectos (moscas, larvas, gusanos) y plantas”.

Cabe destacar que existen diversas pruebas para evaluar la calidad del agua como, por ejemplo, a través de parámetros físicos como (*turbiedad, olor, color aparente, temperatura, sólidos totales, sólidos suspendidos y totales, sólidos sedimentables, sólidos totales, sólidos volátiles totales, sólidos fijos totales, sólidos filtrables totales, sólidos suspendidos filtrables*), las pruebas de parámetros químicos como lo son el (*oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza total, cloruros, DQO,*

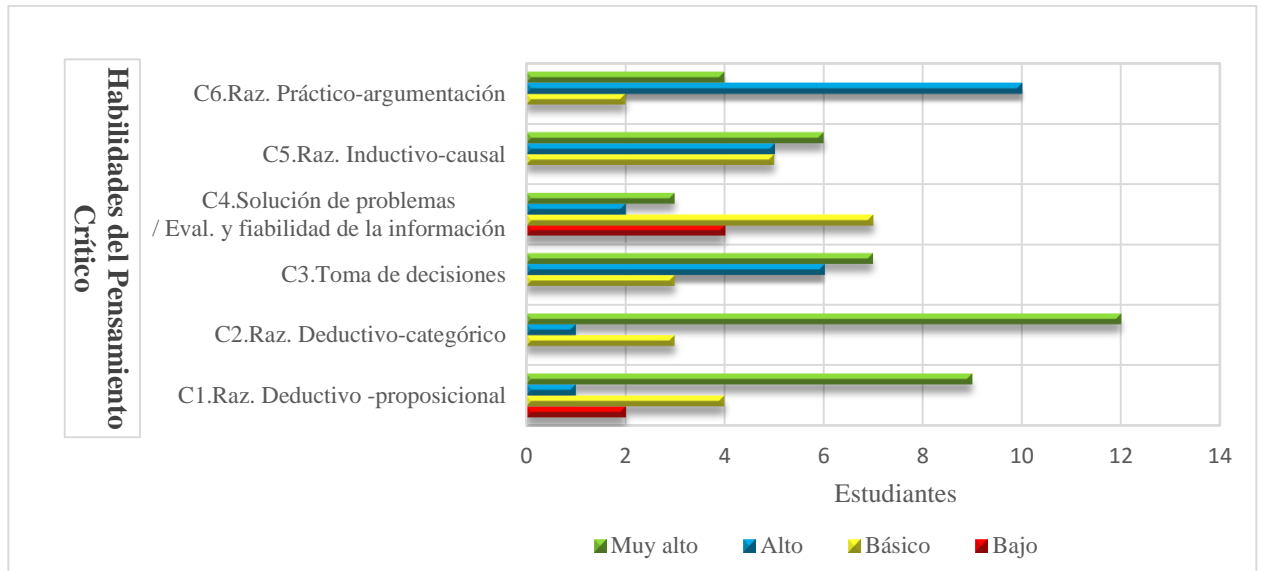
DBO, DBO₅, COT, pH, metales pesados, sustancias orgánicas e inorgánicas: sulfuros, fosfatos, , nitratos, pesticidas, fenoles, agentes tensoactivos, grasas y aceites), las pruebas de parámetros microbiológicos para determinar la presencia o ausencia de (*virus, bacterias, protozoarios y helmintos*), las pruebas con bioindicadores como insectos acuáticos o macroinvertebrados, con microalgas como por ejemplo el fitoplancton y los peces para determinar la calidad del agua.

Mientras que dos estudiantes que no tuvieron la posibilidad de cursar el énfasis disciplinar I del semestre anterior ofertado por la Licenciatura de Química, manifestaron que “no conocían ningún método, técnica o índice para determinar la calidad del agua” ver Tabla 7-1.

7.1.2 Categorización de las habilidades del pensamiento crítico

Por otra parte, para el análisis de los datos obtenidos en el ítem del apartado B de la PDE enfocado en evaluar habilidades específicas del pensamiento crítico, se elaboró una rúbrica como se puede visualizar en el Anexo A. Esta herramienta se organizó teniendo en cuenta cuatro niveles (bajo, básico, alto, muy alto) establecidos según la actividad planteada, donde los resultados obtenidos se observan en la Gráfica 4.

Gráfica 4: Resultados de las preguntas de la PDE



Nota. Este estudio se realizó con 16 personas que cursaban en el periodo 2021-II el énfasis disciplinar II de la licenciatura en química de la UPN. (Fuente: Autor).

Con base en la gráfica 4 se presenta el análisis por ítems de la PDE, teniendo en cuenta que cada uno está planteado desde una subcategoría específica.

Cuestionamiento 1 (C1). Razonamiento deductivo de tipo proposicional. Los estudiantes se encuentran con una situación de análisis que propone un planteamiento que guie al estudiante a una tarea deductiva concretamente el ejercicio implica usar el razonamiento proposicional la formulación del problema sería como se expone a continuación:

Los días lunes (A) se encontrara mayor cantidad de insectos acuáticos (B)

No va el día lunes sino el día jueves (No A)

Por lo tanto, no encontrara mayor cantidad de insectos acuáticos (No B)

La expresión anterior pone de manifiesto un argumentó inválido que es una falacia formal del razonamiento proposicional: *la Negación del Antecedente (NA)*, que trata de negar el antecedente (No A) y se obtiene la negación del consecuente (No B).

Como resultado nueve de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron realizar la negación del antecedente

de forma correcta, empleando la relación entre la premisa condicional y premisa de negación del consecuente y la conclusión dada en este ejercicio. Además, lograron justificar la su respuesta de forma correcta como por ejemplo, el **E1** respondió lo siguiente: “Considero que los insectos acuáticos a través de su evolución han vivido un proceso de adaptación al medio, por consiguiente, creería que tales seres vivos NO pueden presentarse un día y el otro no, debido a que se adaptan a su hábitat. Puede que se haya presentado una alteración al medio, como condiciones climáticas, o de alimentación en ese transcurso de tiempo”.

Con respecto a los demás estudiantes, un estudiante obtuvo un nivel alto en específico el **E3** respondió lo siguiente: “No creo que Carlos tenga razón, el problema está en que estos insectos al sentir presencia humana (ya que el hermano ya había estado pocos días antes en el mismo lugar) se alejan por cierto tiempo y vuelven pero no necesariamente los días lunes”, por otro lado cuatro estudiantes obtuvieron un nivel básico como por ejemplo, el **E11** respondió lo siguiente: “No, ya que los insectos se van a desplazar dependiendo de las condiciones climáticas” obtenido un nivel básico y dos estudiantes obtuvieron un nivel bajo al responder, por ejemplo, el **E8** respondió lo siguiente: “Si, ya que es probable que dependa de la actividad humana que se realice el domingo en el río”, cabe destacar que se les asigno determinado nivel dependiendo de los criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Cuestionamiento 2 (C2). Razonamiento deductivo de tipo categórico. Los estudiantes se encuentran con una situación de análisis que propone emplear el razonamiento categórico en donde se plantean dos premisas categóricas (suponiendo que el argumento es válido), el estudiante debe realizar una conclusión que guarde relación con las dos premisas propuestas, adicionalmente los argumentos se deben expresar de forma clara y coherente. Como resultado doce de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron realizar la relación de las premisas (una de tipo general y la otra proposicional problemática), para lograr inferir una adecuada conclusión indicando,

por ejemplo, el **E12** respondió lo siguiente: Si, debido a que todos estamos en una cadena trófica, si alguno de los animales se pierde de la red, esta se verá afectada, haciendo que no continúe por ende provoca que las demás especies puedan desaparecer o causan que busquen otras fuentes de alimentos y la red trófica desaparezca”.

Por otro lado, un estudiante obtuvo un nivel alto como por ejemplo, el **E6** respondió lo siguiente: “Las dos premisas son verídicas, la escasez de una especie realmente impacta un ecosistema, en realidad la escases de una especie pone en peligro un ecosistema, han existido casos en los cuales la desapariciones de ciertas aves alterar fuertemente la fauna de un ecosistema, generando predominio de plantas las cuales nos sirven como alimento, o que sirven pero para especies que no son propias del ecosistema, generando invasión o emigración de especie, por lo que se podría pensar que las cadenas tróficas no solo son entre especies, sino entre ecosistemas, ya que eliminar un ecosistema por la desaparición de una especie, pone en riesgo a su ecosistema o hábitats vecinas”.

Así mismo tres estudiantes obtuvieron un nivel básico indicando, por ejemplo, el **E8** respondió lo siguiente: “Se puede afirmar que todo es un ciclo y depende de un equilibrio” y ningún estudiante obtuvo un nivel bajo, así que se les asigno determinado nivel dependiendo de los criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Cuestionamiento 3 (C3). Toma de decisiones. Los estudiantes se encuentran con una situación-problema en donde se debe elaborar un juicio de valor y utilizar los heurísticos adecuados para tomar una decisión acertada de acuerdo a la situación planteada. Como resultado siete de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron tener en cuenta la información suministrada, elegir el método adecuado y argumentar adecuadamente su elección indicando, por ejemplo, el **E1** respondió lo siguiente: “Bajo mi perspectiva y como profe de química encuentro que los procesos fisicoquímicos son más eficientes y más precisos con respecto a los resultados, si el alcalde desea un

resultado eficaz y preciso debe invertir en un buen equipo. Pero, teniendo en cuenta el factor económico, y de visita constante, emplearía a los insectos acuáticos, si el municipio no cuenta con la suficiente prestación económica para estudios ambientales”.

Por otra parte, seis estudiantes obtuvieron un nivel alto como por ejemplo, el **E10** respondió lo siguiente: “La propuesta de insectos acuáticos se ajustaría en mayor medida a la valoración de muestreos, teniendo en cuenta que responden a una contaminación crónica y puntual y tiene mayores beneficios en términos de costos y de tiempo”, tres estudiantes obtuvieron un nivel básico respondiendo por ejemplo, el **E5** respondió lo siguiente: “A partir de la Tabla 1 la propuesta que tendría en cuenta sería la A, ya que esta me da una incertidumbre más baja, sabiendo que los resultados vas hacer más acertados” y ningún estudiante obtuvo un nivel bajo, así que se les asigno determinado nivel dependiendo de los criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Cuestionamiento 4 (C4). Solución de problemas / evaluación y elaboración de un juicio sobre la fiabilidad de la información. Los estudiantes se encuentran con una situación-problema que ha sido diseñada, siguiendo un método de análisis, mediante el cual los problemas se plantean de tal manera que se pueda anticipar las operaciones que las personas van a necesitar aplicar para resolver la situación-problema. Como resultado tres de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron realizar la identificación de la problemáticas que se presenta, analiza y cuestiona la información suministrada y plantea una estrategia o pasos a seguir con el fin de llegar a una posible solución del problema como por ejemplo, el **E7** respondió lo siguiente: “No sé si puedan intervenir físicamente (con mallas o algún tipo de pared) que pudiera por decirlo así debilitar ese desplazamiento que está ocurriendo. Otro punto sería mover el tipo de especies a otros tipos de aguas, aunque no sería lo ideal ya que se pierden los organismos y la riqueza de esas fuentes hídricas. Deberían haber estudios o

regulaciones que permitan hacer estudios fisicoquímicos de las aguas para poder controlar que los problemas de acidez no destruyan estas especies”.

En cuanto a los demás, dos estudiantes obtuvieron un nivel alto indicando por ejemplo, el **E6** respondió lo siguiente: “Complejo. Se presentan problemas de deforestación y expansión rural, dos de los grandes problemas que conllevan a la extinción de especies, como lo indica el texto. La problemática no se detendría solo con para las obras o intervenir la deforestación, tendría que ir más allá al generar protección de los cuerpos de agua, e inversión de alto impacto para la forestación y judicialización de los que incumplan con la ley, ya que estos casos se montan a pérdidas de cientos de hectáreas”, por otro lado siete estudiantes obtuvieron un nivel básico especificando, por ejemplo, el **E12** respondió lo siguiente: “Mostrar a la ciudadanía la presencia de estas especies, para así la población ayude a preservar las especies y no permitir el desarrollo de esta obra”

Además cuatro estudiantes obtuvieron un nivel bajo respondiendo como por ejemplo, el **E15** respondió lo siguiente: “La falta de regulación es evidente, el gobierno nacional es el encargado de evaluar todo lo relacionado con la construcción de carreteras”, así que se les asigno determinado nivel dependiendo de los criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Cuestionamiento 5 (C5). Razonamiento inductivo de tipo causal. Los estudiantes se encuentran con una situación de análisis que propone emplear el razonamiento inductivo causal en donde se plantean tres premisas que guardan la correlación de fenómenos que conduce a establecer relaciones de causa efecto entre las premisas. Como resultado seis de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron realizar la conexión causal de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada, además su argumento es coherente y claro y por último incorpora conocimientos previos, indicando por ejemplo el **E14** respondió lo siguiente: “Que la presencia de grandes cantidades de ciertos organismos en específico evidencian la buena o mala calidad del agua, debido a la presencia de microorganismo de la familia *Perlidae* y *Oligoneuriidae* se

establece que los ríos llamados Inírida, Pauto, Sogamoso, Saldaña presentan buena calidad de agua, mientras que en el río Tomo, se evidencia mala calidad del agua debido a la presencia de microorganismos pertenecientes a la familia *Tubificidae*.

Con respecto a los demás, cinco estudiantes obtuvieron un nivel alto como por ejemplo el **E1** respondió lo siguiente: “La presencia de especies de familias determinadas pueden caracterizar la calidad de un cuerpo de agua, siendo capaces a través del estudio de la calidad de vida y subsistencia de estas especies de determinar la mala o buena calidad que presenta un río. Bajo mi perspectiva, es muy interesante el uso de estas especies para la determinación de la calidad ambiental, ya que podría también incrementar su conservación”, cuatro estudiantes obtuvieron un nivel básico como por ejemplo el **E10** respondió lo siguiente: “Se refleja que existe una mayor contaminación en algunas zonas geográficas en comparación con otras, sin embargo, hay que tener en cuenta las especies que conforman cada río y toda su extensión”.

Al mismo tiempo un estudiante obtuvo un nivel bajo como por ejemplo el **E5** respondió lo siguiente: “Los ríos al ser diferentes se ve los tratos que la comunidad le da a ellos, pero se puede enfocar que, en los dos ríos, sin importar su cuidado, su lugar de yacimiento, el ecosistema va ser igual, para el momento del análisis”, hay un idea errónea en este estudiante ya que cuando se habla de distintos ríos, su ecosistema si varía dependiendo del cuidado que le de la comunidad, de las condiciones climáticas, del vertimiento de residuos, etc. Así que se les asigno determinado nivel dependiendo de criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Cuestionamiento 6 (C6). Razonamiento práctico-argumentación. Los estudiantes se encuentran con una situación de análisis que propone una situación-problema que guie al estudiante a una tarea de argumentación, que implica realizar buenos argumentos para defender puntos de vista, opiniones, posiciones, etc.

Como resultado cuatro de los dieciséis estudiantes del énfasis disciplinar II obtuvieron un nivel muy alto, ya que lograron identificar de la problemática, además mencionan de forma coherente y clara causas y varias consecuencias de las acciones de las familias sobre el afluente y también propone acciones para mejorar el daño ambiental de la zona y del afluente, como por ejemplo el **E14** respondió lo siguiente: “Se pueden realizar campañas ambientales y capacitaciones para propagar la información frente a la situación y métodos alternos para reducir la contaminación en la zona, se pueden implementar el tratamiento de agua residual con bioadsorbentes, implementar el control de vertimientos de material contaminante en la zona y el implemento de clasificación de material sólido y realizar el debido tratamiento, como lo estipula las normativas ambientales”.

Por otro lado, diez estudiantes obtuvieron un nivel alto como por ejemplo el **E1** respondió lo siguiente: “Se podrían presentar plagas en sus casas por la alta contaminación del cuerpo hídrico, pueden presentar enfermedades respiratorias por los malos olores, al momento de que se desborde el río sus casas se podrían ver inmersas en focos de contaminación y enfermedades graves, no sólo están afectando a su comunidad, están afectando a toda zona donde pase, el río y al Río Bogotá en general, podrían afectar a especies endémicas del río en mención. Los animales merecen la preservación de su hábitat, dejar el egoísmo a un lado”, dos estudiantes obtuvieron un nivel básico como por ejemplo el **E9** respondió lo siguiente: “La importancia del agua para una buena calidad de vida, las afectaciones de salud que podrían tener ellos mismos, las afectaciones en el suelo que afectan la agricultura”, y ningún estudiante obtuvo un nivel bajo, se les asigno ese nivel dependiendo de los criterios que fueran cumpliendo, los cuales están estipulados en la rúbrica de evaluación de la prueba de diagnóstico ver (Anexo A).

Por otro lado Gil (1993, como se citó en Sánchez Romero, 2018) sugiere que conocer las ideas previas es una gran ventaja para el docente ya que le ayuda a diagnosticar las dificultades que puedan presentarse en el proceso de aprendizaje del estudiante.

Así mismo, la categorización de las habilidades del pensamiento crítico permitió diseñar el material realizado por medio de unos instrumentos, como propuesta para fomentar habilidades del pensamiento crítico usando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua como modelo de aprendizaje.

7.2 Segunda fase: resultados y análisis de los instrumentos

La propuesta pedagógica se diseñó e implementó con base a la PDE como estrategia para fomentar las HPC por medio del aprendizaje de los bioindicadores de la calidad del agua. Para esto, se elaboraron tres instrumentos ver (Anexo B, C y D) los cuales se adaptaron para trabajar de forma asincrónica y recibir una retroalimentación de forma virtual.

Las temáticas centrales de cada instrumento se establecieron con base al apartado A y B de la PDE, además cada instrumento se enfocó en unas habilidades específicas del pensamiento crítico. Por otro lado, la evaluación de los instrumentos se elaboró rúbricas enfocadas en cada actividad; así mismo cada habilidad del pensamiento crítico fue valorada y también se analizó el contenido de cada respuesta para categorizar a los estudiantes, dando respuesta al tercer objetivo específico de esta investigación.

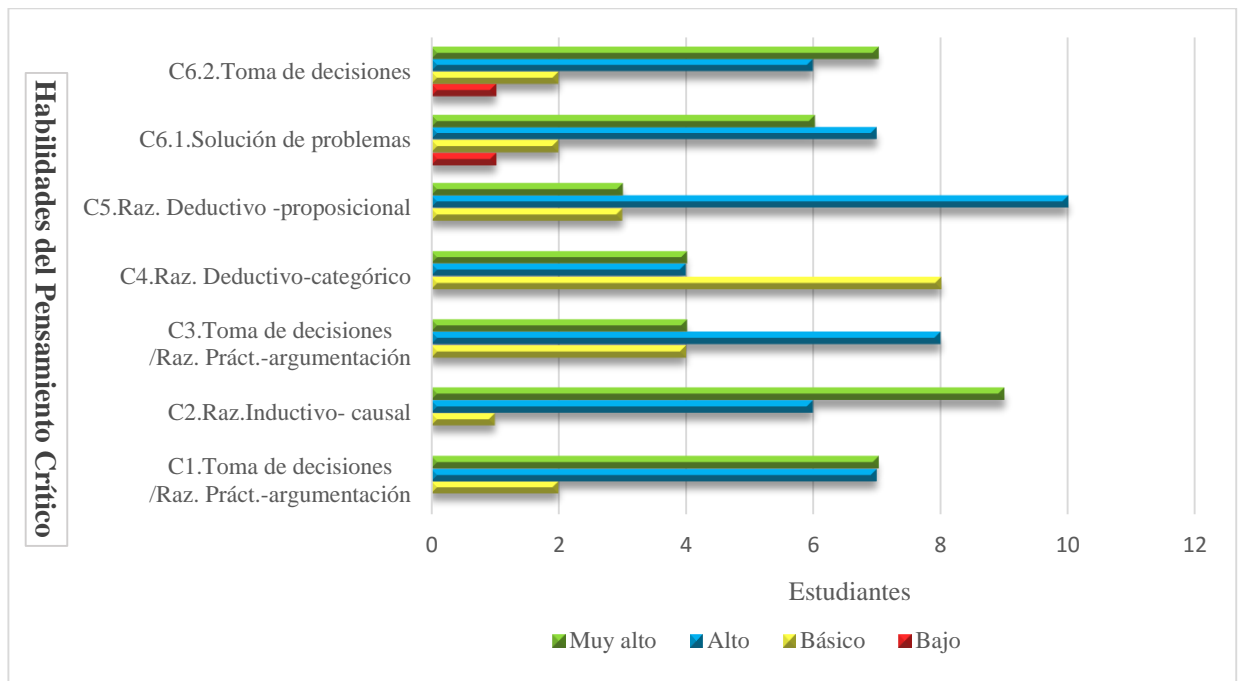
7.2.1 Instrumento 1: Actividades problema-fomentando el pensamiento crítico.

Para esta intervención en la primera parte se realizó de manera sincrónica con los estudiantes del énfasis, una presentación introductoria del tema el cual abarcó temáticas como: *la definición de bioindicador o indicador biológico, definición de macroinvertebrados acuáticos, ventajas y desventajas de emplear parámetros fisicoquímicos vs indicadores biológicos en la evaluación de la calidad del agua, explicación de los tipos de índices biológicos (saprobio y el Biological Monitoring Working Party-BMWP), importancia ecológica, formas, alimentación y hábitat de los macroinvertebrados acuáticos, puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col, taxonomía y clave de macroinvertebrados,*

descripción e imágenes de las familias y géneros pertenecientes a los puntajes 10,9,8,7,6,5,4,3,2 y 1 del autor Roldan 2016, resultados de algunos artículos enfocados en la evaluación de la calidad de ríos específicos utilizando macroinvertebrados acuáticos y por último métodos de indicación empleados en otros países. Cabe destacar que a lo largo de la intervención se resolvieron dudas de los estudiantes.

Enseguida en la segunda parte se implementó el instrumento 1 llamado “Actividad problema-fomentando el pensamiento crítico” ver (Anexo B) el cual se implementó de manera asincrónica, el cual tiene el objetivo de fomentar las habilidades del pensamiento crítico enfocado desde una perspectiva de situaciones-problema. Así mismo, la rúbrica de evaluación de este instrumento se encuentra en el Anexo B, finalmente los resultados obtenidos se recopilaron de forma individual y se pueden apreciar en la Gráfica 5.

Gráfica 5: Niveles de categorización de los estudiantes con el I1



Nota. Este estudio se realizó con 16 personas que cursaban en el periodo 2021-II el énfasis disciplinar II de la licenciatura en química de la UPN. (Fuente: Autor).

Cuestionamiento 1 (C1). Toma de decisiones / Razonamiento práctico-argumentación. En este apartado se le presenta a los estudiantes una noticia del periódico el tiempo titulada “ENA: datos para medir calidad del agua en el país son insuficientes”, la cual tenían que leer a detalle y según un caso hipotético que se les presenta, tomar la decisión más acertada. Para lo cual se categorizaron a siete estudiantes con un nivel muy alto, siete estudiantes con un nivel alto, dos estudiantes con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, tuvieron en cuenta la información suministrada, realizaron la elección del método adecuado para el caso propuesto y por último los argumentos respaldan adecuadamente su elección, teniendo en cuenta al contexto de la situación planteada en la noticia suministrada, como por ejemplo el **E16** respondió lo siguiente: “Métodos físico-químicos y como complemento la técnica de macroinvertebrados acuáticos, porque inicialmente con el método físico-químico puede regular los criterios de calidad de agua y los requisitos del agua potable y se pueden usar parámetros como temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, turbiedad, además de que se pueden determinar como indicador microbiológico bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales. A pesar de que el método fisicoquímico puede ser más costoso para determinar y evaluar la calidad de agua en una comunidad puede ser óptimo para realizar el tipo de muestreo, sin embargo también se usaría la técnica de macroinvertebrados acuáticos como técnica ya que estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua y al usarlos en un monitoreo puede entender claramente el estado en que se encuentra, ya que algunos requieren agua de buena calidad para sobrevivir en cambio, otros resisten crecen y abundan cuando hay contaminación”.

Por otro lado, los estudiantes catalogados en el nivel alto lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, realizaron la elección del método más o menos adecuado para el caso propuesto y por último los argumentos respaldan su elección, como por ejemplo el **E14** respondió lo siguiente: Es una técnica de análisis de calidad de agua considerada económica, con facilidad de interpretación mientras se tengan fuertes bases de análisis de calidad de aguas partir de macroinvertebrados, puede ser implementa por la misma población agrícola que rodea la zona”.

Mientras que, los estudiantes catalogados en el nivel básico lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, realizaron la elección del método no adecuado para el caso propuesto y por último los argumentos respaldan su elección, como por ejemplo el **E9** respondió lo siguiente: “Aunque los bioindicadores son una metodología ideal, los análisis fisicoquímicos nos pueden dar datos más exactos sobre los valores de concentración de algunos contaminantes que se puedan encontrar en el agua, además de diferentes tipos, como metales pesados, residuos orgánicos o sedimentos”. Con respecto al nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta de esta categoría.

De las opciones de respuesta para el cuestionamiento 1, la opción más acertada es la c) métodos físico-químicos y como complemento la técnica de macroinvertebrados acuáticos, ya que la primera nos permite cuantificar diferentes tipos de contaminantes presentes en un sistema acuático y la segunda, nos ayuda a monitorear el estado del afluente, invariablemente de las características del ecosistema. Debido a que los organismos acuáticos, presentan una *sensibilidad* que se interpreta como una señal, evidente de cierto tipo de perturbación del cuerpo de agua que conduce a un cambio en la composición o estructura de las comunidades que lo habitan, de tal modo que al implementar ambas se evalúa varios criterios importantes de la calidad fisicoquímica y biológica del agua. Por último, el nivel que se les proporciona a cada estudiante depende de los criterios que cumplan según la rúbrica dispuesta en el anexo B.

Cuestionamiento 2 (C2). Razonamiento inductivo de tipo causal. En este apartado se les presenta a los estudiantes tres premisas sobre algunos organismos que son bioindicadores de la calidad del agua, y según estas se les pide hacer una conclusión. Para lo cual se categorizaron a nueve estudiantes con un nivel muy alto, seis estudiantes con un nivel alto, uno estudiante con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, lograron realizar la conexión entre las premisas, para fundamentar la conclusión realizada, incorpora los conocimientos construidos durante las intervenciones realizadas en este trabajo y además su argumento es coherente y claro, como por ejemplo el **E11** respondió lo siguiente: “Existen diferentes tipos y clasificaciones de especies que puede servir como bioindicadores, esto depende de la taxonomía del ser vivo, el grado de tolerancia, la abundancia, el ciclo de vida, las condiciones climáticas, la alimentación y el hábitat en el que se encuentren ya sea en ríos, quebradas, lagos, hojas, troncos, lodos, arenas, debajo de las piedras...etc. Dependiendo de esto hay zonas donde se encuentra y abunda más una especie y va a servir para hacer el análisis del agua”.

Por otro parte, los estudiantes catalogados en el nivel alto incorporaron algunas de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada, y también tuvieron en cuenta los conocimientos construidos durante las intervenciones realizadas en este trabajo, como por ejemplo el **E2** respondió lo siguiente: “Un bioindicador hace referencia organismos vivos no necesariamente estos deben ser animales o artrópodos, así mismo es importante que un bioindicador de la calidad de agua se encuentra familiarizado a este ecosistema siendo de cierta forma parte de la red trófica del mismo”.

A continuación se catalogó a un estudiante en el nivel básico ya que realizó una conclusión acorde a la temática expuesta empleando conocimientos previos, pero no logró incorporar la conexión entre las premisas en su argumento. Como por ejemplo el **E8** respondió lo siguiente: “Se puede concluir, que la elección de un

bioindicador más indicado depende del ecosistema presente”. Con respecto al nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta de esta categoría.

De las respuestas proporcionadas por los estudiantes, para el cuestionamiento 2 en la parte argumentativa se destaca en algunas de las respuestas que los bioindicadores presentados, dependen de unas condiciones “particulares” para su subsistencia como, por ejempló, las variables fisicoquímicas del agua, las cuales se relacionan directamente con la calidad del agua, ya que estas nos permiten cuantificar diversos contaminantes presentes en esta, así mismo estos seres vivos ocupan el hábitat natural de estudio, por otro lado se destaca que los bioindicadores hacen parte de una red trófica determinada, igualmente se recalca la importancia del agua y su papel en supervivencia de los seres humanos. En tal sentido para sintetizar los estudiantes destacaron la importancia de los bioindicadores desde diferentes perspectivas, enfocadas en ciertas condiciones de la calidad del agua que necesitan los organismos acuáticos para sobrevivir y también los seres humanos.

Cuestionamiento 3 (C3). Toma de decisiones / Razonamiento práctico-argumentación. En este apartado se les presenta a los estudiantes una breve información, una tabla de calificación de la indumentaria pertinente para tomar una muestra de macroinvertebrados acuáticos, deben calificar la imagen de referencia y argumentar su respuesta. Como resultado se categorizaron a cuatro estudiantes con un nivel muy alto, ocho estudiantes con un nivel alto, cuatro estudiantes con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, tuvieron en cuenta la tabla de clasificación suministrada, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, además realizaron la elección teniendo en cuenta la imagen proporcionada y por último los argumentos respaldan adecuadamente su elección, como por ejemplo el **E6** respondió lo siguiente: “Aceptable. Antes de entrar a detallar si tienen o no el equipo adecuado hay que tomar en consideración el tipo de agua de la que se van a hacer

muestras, aunque estemos hablando de bioindicadores eso no elimina la posibilidad de muestrear en agua recientemente contaminadas por lo que no contar con un mínimo de seguridad podría ser riesgoso, o al menos más agotador de lo pensado. Lo más recomendable es que se utilicen overoles de algodón para mejorar el movimiento, botas en lo primordial largas, hasta las pantorrillas, debido al medio en el que se trabaja utilizar guantes no siempre es recomendable debido a que es casi imposible que no se mojen, lo que sí es discutible podría ser el uso de tapabocas y gafas, pero en este caso solo aplicaría si lo así fuere necesario (como en el caso de percibir malos olores), y lo que no poseen es protección de la cabeza, no es por el uso de cascos pues no se hace muestres en aguas subterráneas, pero si es evidente el uso de gorras con el fin de bloquear lo más posible la incidencia de radiación UV en la cabeza de los analistas. Por lo que no hace excelente la indumentaria utilizada, le falta”.

Por otro lado, los estudiantes catalogados en el nivel alto tuvieron en cuenta la clasificación suministrada, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, realizaron la elección teniendo en cuenta la imagen proporcionada, pero se ignoró cierta información que proporcionaba la imagen y por último los argumentos no respaldan a cabalidad su opinión. Como por ejemplo el **E13** respondió lo siguiente: “Aceptable, ya que a pesar de que sí parece tener una buena parte de los materiales a la hora de recolectar las muestras de macroinvertebrados, si les hace falta indumentaria que podría afectar la recolección. Entre esta se encuentran guantes a la hora de realizar el muestreo, gafas, gorros entre otros. Pero en general a primera vista parece bastante aceptable la vestimenta”.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel básico, no tuvieron en cuenta la clasificación suministrada, no lograron emplear el conocimiento construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, lograron realizar su elección teniendo en cuenta la tabla proporcionada, pero omitieron cierta información que les proporciona la imagen de referencia y por último algunos carecieron de argumentos que respaldaran la elección realizada, como por ejemplo el **E8** respondió lo

siguiente: “Excelente. Llevan puesto toda la indumentaria (objetos de protección personal) adecuada para este tipo de muestreos”. Mientras que en el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría.

De las respuestas proporcionadas por los estudiantes para el cuestionamiento 3, en el nivel muy alto los estudiantes dieron respuestas detalladas, justificando porque es necesario cierto objeto de protección personal y especificando aspectos como: *es necesario considerar las condiciones del afluyente (caudal, nivel del agua, la posible contaminación presente), una correcta indumentaria para evitar una contaminación cruzada y lo más importante que la indumentaria es vital para la protección del personal que realiza el muestreo.*

Así mismo, en el nivel alto los estudiantes en sus respuestas se centraron en lo más general y en solo algunos objetos de protección personal, mientras que en el nivel básico los estudiantes proporcionaron una respuesta de los objetos que se utilizan habitualmente en el laboratorio (de la universidad) y omitieron algunos detalles que les proporcionaba la imagen de referencia. Cabe resaltar que el contenido relacionado con materiales, objetos de protección personal, técnicas de recolección, sustancias para la conservación y muestreo de macroinvertebrados acuáticos, se les explico a los estudiantes previamente al taller en una de las presentaciones introductorias realizadas. Por lo tanto, en las respuestas y justificaciones que realizaron los estudiantes se reflejó en nivel de atención y concentración, en dicha presentación- sincrónica.

Cuestionamiento 4 (C4). Razonamiento deductivo de tipo categórico. En este apartado se les presenta a los estudiantes tres premisas y una imagen descriptiva que tiene relación directa con las premisas planteadas, las cuales el estudiante debe analizar y detallar la imagen de referencia con base a esta información el estudiante debe realizar una conclusión y justificarla adecuadamente. Como resultado se categorizaron a cuatro estudiantes con un nivel muy alto, cuatro estudiantes con un nivel alto, ocho estudiantes con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, lograron realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática), para lograr inferir una adecuada conclusión; realizaron una relación entre las premisas y la imagen de referencia, tuvieron en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado, adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara y coherente. Como por ejemplo el **E4** respondió lo siguiente: “1) Si pertenecen a una red trófica. 2) Las larvas de esta especie se alimentan de algas y materia orgánica particulada fina por lo cual se puede considerar como colector y filtrador. 3) Las especies *Chironomidae* y *Culicidae* son especies que indican un nivel muy bajo de calidad de agua por su puntaje de dos para el índice biológico (BMWP/Col)”.

Por otro parte, los estudiantes catalogados en el nivel alto lograron realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática), para lograr inferir una adecuada conclusión; realizaron una relación entre las premisas y la imagen de referencia, tuvieron en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado, adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara, pero hay alguna incoherencia en este. Como por ejemplo el **E6** respondió lo siguiente: “Estaríamos hablando de agua malas, no es fácil dar una relación directa con la imagen ya que esta muestra la cadena trófica y las premisas solo mencionan unas fases de esta red trófica, si lo que deduzco es que entre B y E faltan dos especies de la cadena, por lo que se podría decir que el proceso total de la cadena trófica que garantiza la calidad del agua se ve alterada, por ende la calidad del agua se reduce al reducir el puntaje establecido por las especies faltantes”.

A continuación se catalogó a los estudiante en el nivel básico, debido a que lograron realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática), para lograr inferir una adecuada conclusión; no contemplaron la relación entre las premisas y la imagen de referencia, tuvieron en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado, adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara, pero hay alguna incoherencia en este.

Como por ejemplo el **E3** respondió lo siguiente: “Son organismos demasiado importantes en cuerpos de agua, además de ser una red trófica como se indica en las premisas, es decir no pueden vivir indistintamente un organismo con otro, también nos pueden dar cuenta de la calidad del cuerpo de agua en estudio”. Mientras que en el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta de esta categoría.

De las respuestas proporcionadas por los estudiantes para el cuestionamiento 4, se evidencio que en el nivel muy alto los estudiantes se centraron en dar una conclusión más detallada, incorporando en su argumento aspectos importantes de las tres premisas, y de la relación que guardan con la imagen de referencia.

Por otro lado, en el nivel alto los estudiantes en su conclusión solo incorporaron una o dos, de las premisas y también en la información que proporciona la imagen de referencia. A modo general en este nivel, los estudiantes emplearon inadecuadamente el término de *cadena trófica*, según la situación planteada en (la imagen 2 ver anexo B). Ya que la imagen de referencia que se realizó, representa una *red trófica* que muestra una conexión entre varios grupos tróficos, en particular esta relación de los organismos allí plasmados (no es lineal sino compleja), es el sentido de que se muestra un diagrama descriptivo compuesto por varias flechas que relacionan un grupo trófico con otro, además la fuente de alimento de estos grupos, también la fuente de energía y materia, la asimilación de materia orgánica y la descomposición de materia vegetal. En definitiva, **no** es una relación lineal como la que se representa en una determinada *cadena trófica*, por lo se interpreta como una idea errónea que los estudiantes expresen que se representa una *cadena trófica* en la imagen de referencia, cuando en realidad representa una *red trófica acuática*.

Por otro lado, en el nivel básico los estudiantes en su conclusión mencionaron una de las premisas pero, no incorporaron la información que brinda la imagen de referencia, plasmando solo una idea poco argumentada, y sin destacar las relaciones que guardan las tres premisas.

Cuestionamiento 5 (C5). Razonamiento deductivo de tipo proposicional. En este apartado se les presenta a los estudiantes, un escenario hipotético que se dividió en *apartado a y b*, y deben incorporar el conocimiento construido hasta el momento en esta investigación, con base a todo esto les solicita realizar una conclusión acorde a la situación planteada. Como resultado se categorizaron a tres estudiantes con un nivel muy alto, diez estudiantes con un nivel alto, tres estudiantes con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, tuvieron en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplearon el apartado b condicional para su respuesta, emplearon en su argumento el cálculo del índice BMWP/Col, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, tuvieron en cuenta la información suministrada y justificaron la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación hipotética.

Como por ejemplo el **E1** respondió lo siguiente: “La presencia de la familia Tubificidae representa en su mayoría una muy crítica calidad de agua en el cuerpo hídrico analizado, por consiguiente, en la tabla de Roldan posee un valor de 1, y esta familia en su mayoría es proveniente de vertimiento de desechos. Teniendo en cuenta las otras familias del caso hipotético (Culicidae (Valor de 2), Tipulidae (Valor de 3), Tubificidae (Valor de 1), Aeshnidae (Valor de 6), Pyralidae (Valor de 5), Empididae (Valor de 4). Glossiphoniidae (Valor de 3), Shaeridae (Valor de 4), Physidae (Valor de 3), Coenagrionidae (Valor de 7)), se obtiene un total de 38, que simboliza a aguas de clase III, Calidad dudosa y Aguas moderadamente contaminadas. Entre más familias de puntaje 9 y 10, se encuentran se podría presentar una mejor calidad del agua analizada, por consiguiente bajo mi perspectiva considero que si no se realiza algún tipo de tratamiento en el cuerpo del agua, se podrían seguir presentando las familias del primer análisis y una valoración de calidad dudosa, con presencia de macroinvertebrados que representan y contribuyen a una calidad no tan adecuada”.

Por otro lado, los estudiantes catalogados en el nivel alto tuvieron en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el apartado b condicional para su respuesta, no emplearon en su argumento el cálculo del índice BMWP/Col, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, tuvieron en cuenta la información suministrada y justificaron la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación hipotética. Como por ejemplo el **E15** respondió lo siguiente: “Cuando el río se ve afectado por acciones antrópicas en cuando la calidad del agua se ve afectado, puesto que ingresan contaminantes y esto es evidente por el color del agua, tal vez el olor y claramente por los macroinvertebrados encontrados y las familias a las que pertenecen. Si en algunos meses estas acciones disminuyen se verá reflejado también en el agua, puesto que entre menos acciones sucedan mayor será la calidad del agua y precisamente por esto es que cabe la posibilidad de encontrar familias con puntajes de 10 y 9 que son muchísimo más sensibles a la contaminación y se encuentran en aguas limpias”.

Así mismo, se catalogó a los estudiante en el nivel básico no tuvieron en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el (apartado b) condicional para su respuesta; no emplearon en su argumento el cálculo del índice BMWP/Col, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo, tuvieron en cuenta la información suministrada y por último los argumentos no respaldan a cabalidad su respuesta. Como por ejemplo el **E2** respondió lo siguiente: “Al realizar el primer muestreo se ve que las mayoría de especies encontradas son bioindicadores que indican una baja calidad en el agua, por esta razón es muy improbable que si siguen existiendo alteraciones por parte antrópica se pueden incluso a llegar a encontrar aún más especies que den índices de una mala calidad del agua”. Mientras que en el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría.

Por otro lado en el nivel alto los estudiantes en su conclusión fueron más allá, de lo que se les pidió y complementaron su respuesta realizando el cálculo del

BMWP/Col, con las familias de macroinvertebrado acuáticos que se les proporciona en el *apartado a* y, tuvieron en cuenta el *apartado b* en su argumento. Por lo que se refiere en el nivel alto, los estudiantes tuvieron en cuenta alguno de los apartados en su argumento e incorporaron el conocimiento construido, hasta el momento en las intervenciones realizadas. Por último, en el nivel básico los estudiantes se limitaron en su respuesta, al solo indicar un aspecto de la información suministrada, por lo cual se evidencio falta de argumentación y detalle en sus respuestas.

Cuestionamiento 6.1 (C6). Solución de problemas. En este apartado se les presenta a los estudiantes una situación-problema desde una perspectiva desde su posible labor docente en zona rural, se les proporciona una información y una imagen de referencia, con base a lo anterior deben responder una pregunta (a) y justificar su respuesta. Como resultado se categorizaron a seis estudiantes con un nivel muy alto, siete estudiantes con un nivel alto, uno estudiante con un nivel básico y por último dos estudiantes con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

En el caso de los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso, realizaron la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad, plantearon una excelente estrategia que contempla varios aspectos importantes y es óptima para el caso que se plantea, además plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.

Como por ejemplo el **E8** respondió lo siguiente: “Cómo docentes, está más que claro que debemos adaptarnos a las necesidades y problemáticas que actualmente estén involucrando a la población donde no encontremos. De esta manera, reconocemos que como profesores estamos en constante actualización y aprendizaje para de manera dinámica poder intervenir en diferentes espacios tanto académicos como sociales. También, hay que reconocer que tal vez el aprender cómo desarrollar o entender el método fisicoquímico puede ser un poco más complejo para algunos docentes. Por ende, trataría de explicarles como poder desarrollar este tipo de muestro y la importancia de este, también escuchando como van sintiendo o si van entendiendo de buena manera lo que se les quiere explicar.

Al ser una problemática ambiental, no necesariamente tienen que involucrarse en un método fisicoquímico, podrían tratar de manejar el método biológico. Es probable que cuando escuchen este tipo de información, los profesores involucrados puedan ilustrar alguna otra estrategia de comunicación o visual que nos permitan llegar de diferentes maneras a la población estudiantil teniendo en cuenta los diferentes tipos de aprendizaje y que no todos adquirimos el conocimiento de la misma manera, así aunque algunas personas así conozcan los métodos fisicoquímicos o biológicos, puedan interesarse más de la problemática observando otro aspecto de la misma.

Ahora, como la idea es tratar de aprovechar los recursos brindados por la escuela, buscaría mediante las fortalezas de los diferentes profesores construir un plan en el cual algunas personas puedan especializarse en el método que más le guste, pero en ambos casos propiciando información para que puedan saber algunas de las fortalezas y debilidades de usar cada uno de los métodos. Lo más importante aparte de los métodos sería concienciar a la población estudiantil de las diferentes problemáticas que se van incrementando año tras año y que no solamente acaban con la calidad de las fuentes de agua, si no mostrar y hacerles entender que el consumo desconsiderado que llevamos a veces ha hecho que ciento de especies desaparezcan y sigan desapareciendo por no saber o reconocer que nuestros actos traen grandes consideraciones si no tratamos de mitigarlos”.

Por otro parte, los estudiantes catalogados en el nivel alto lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso, realizaron la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad, falta fortalecer el tipo de estrategia que se plantea, además plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E11** respondió lo siguiente: “En primer lugar, se realizaría a partir de una presentación la exposición de las pruebas fisicoquímicas específicas que son apropiadas para determinar la calidad del agua y los macroinvertebrados acuáticos que son utilizados como bioindicadores biológicos, seguidamente se proyectarían algunos videos que permitieran reconocer de qué manera se pueden realizar dichas pruebas fisicoquímicas, posteriormente, conformaría algunos grupos de trabajo con una guía que incluya tanto una prueba

fisicoquímica y una especie de macroinvertebrado acuático determinada, con el objetivo de que puedan realizar la respectiva socialización y puedan intercambiar diferente tipo de información”.

Acerca de los estudiantes catalogados en el nivel básico lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso, realizaron la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad, la estrategia que plantea nos es la más idónea para el caso que se plantea, además no plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E13** respondió lo siguiente: “La estrategia que utilizaría sería relacionar las ideas que tengan los profesores con la calidad del agua a través de la utilización de macroinvertebrados, ya que si se tiene la teoría se puede llevar a aplicarla en un taller y de esta manera no se dejaran las ideas de lado de los diferentes campos de conocimiento”.

Por otro lado los estudiantes catalogados en el nivel bajo no lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso, no realizaron la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad, la estrategia que plantea no tiene nada que ver con caso que se plantea, no plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E2** respondió lo siguiente: “No se me ocurre”.

En las respuestas del cuestionamiento 6.1, se evidencio que algunos estudiantes hicieron buenas propuestas, según lo que se les solicitaba enfocándose en la situación que se les proyectaba, y planteando que harían realmente como docentes en labor; teniendo en cuenta las condiciones del territorio y el contexto del colegio. Otros por otra parte, se quedaron en lo convencional o tradicional y por otro lado, un estudiante manifestó que no se le ocurrió nada. Por lo cual, se examina la importancia de plantear este tipo de situaciones para que los estudiantes, se aproximen de cierta manera a situaciones que se le pueden presentar en su vida laboral como futuro docente. Y de este modo empezar a proyectar, como su labor requiere del *trabajo cooperativo* que a su vez fomente el *trabajo interdisciplinar*, ya sea en un ambiente de colegio o a nivel universitario.

Cuestionamiento 6.2 (C6). Razonamiento deductivo de tipo proposicional. En este apartado se les presenta a los estudiantes una situación-problema desde una perspectiva desde su posible labor docente en zona rural, se les proporciona una información y una imagen de referencia, con base a lo anterior deben responder una pregunta (b) y justificar su respuesta. Como resultado se categorizaron a siete estudiantes con un nivel muy alto, seis estudiantes con un nivel alto, dos estudiantes con un nivel básico y por último un estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 5.

Con respecto a los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, las actividades que plantearon tienen en cuenta la parte interdisciplinaria y la integración de la comunidad, lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general y por último plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E1** respondió lo siguiente: “Se podrían desarrollar actividades de tipo artístico como posters y comics con respecto a las problemáticas que se presentan en la zona del río Asunción para motivar a la comunidad de todas las edades a través de la creatividad, además de concursos de dibujos, obras de arte y poesía sobre la importancia que tiene el cuerpo hídrico con los niños pequeños de primaria y preescolar, a través del patrocinio de empresas privadas para el auspicio de investigaciones de posibles alternativas de saneamiento del cuerpo hídrico y su respectiva aplicación. La motivación es un eje fundamental, por consiguiente emplearía álbumes de fichas de especies biológicas para desarrollar el aprendizaje de la importancia de tales especies para conocer las condiciones del cuerpo de agua vecino con los estudiantes, a través de sus características físicas, su morfología, su color, y desarrollar de esta manera una especie de museo de biología natural abierto a la comunidad. A la población en general se le desarrollarían charlas informativas con respecto al riesgo que corren si no se toman medidas a partir de la condición que presenta el cuerpo hídrico”.

Por otro lado, los estudiantes catalogados en el nivel alto faltó fortalecer el tipo de una estrategia que se plantearon, lograron emplear el conocimiento que ha

construido durante el curso y su carrera en general y por último plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E2** respondió lo siguiente: “Realizaría un foro público primero que todo con la comunidad para informar sobre el impacto que ocasionan todas estas actividades antrópicas al estado del rio, y expondría cual seria las ventajas de realizar el análisis de este para saber qué tan grave puede ser la problemática. Y pues para involucrar a los otros profesores de las otras arrear propondría actividad que es testen relacionadas con la problemática y que ellos puedan abordar en sus disciplinas como lo podría ser la clasificación taxonómica de las especies encontradas para el profesor de biología, alguna actividad artística como pintar un muro en la escala que muestre la problemática, por parte del profesor de física se podría realizar un explicación más al detalle de los parámetros físicos que se encuentran dentro de los métodos físico-químicos como lo podría ser la variación de temperatura”.

Acerca de los estudiantes catalogados en el nivel básico La estrategia que plantea no es la más idónea para el caso que se plantearon, no lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en genera, y por último plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E13** respondió lo siguiente: “Se debe dar una charla acerca de las especies que se pueden encontrar en el agua dependiendo de la calidad que hay en esta fuente, por lo cual por medio de imágenes representativas de algunas familias de indicador biológico se podría llevar cierto grupo de personas a ver en diferentes muestras de agua ya colectadas que especies pueden identificar, después de esto se explicaría lo que implica la presencia de estas familias en el agua y como se llega a la clasificación”.

Así mismo los estudiantes catalogados en el nivel bajo la estrategia que planearon no tiene nada que ver con caso que se plantea, no lograron emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general y por último no plantearon el uso de material audiovisual u otro material de apoyo. Como por ejemplo el **E2** respondió lo siguiente: “No se me ocurre”.

Según las respuestas del cuestionamiento 6.2, se evidenció que algunos estudiantes argumentan adecuadamente y, se enfatizan en la temática de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua; incorporando actividades que involucren a otros profesores de otras disciplinas o áreas y a la comunidad en sus respuestas. Mientras que otros pocos estudiantes, responden proponiendo una actividad desde su área de saber pero, no involucran el trabajo interdisciplinar y otro estudiante manifestó que no se le ocurrió nada. Como resultado se evidencia la importancia de que el docente ya sea en formación o que ya labore, trabaje en conjunto con otros docentes, debido a que el *trabajo cooperativo es un enfoque importante* en el trabajo interdisciplinar en cual se presenta o se debe realizar en los colegio, por ejemplo, en proyectos educativos, y así mismo dentro del trabajo investigativo este enfoque es primordial desde diferentes escenarios laborales.

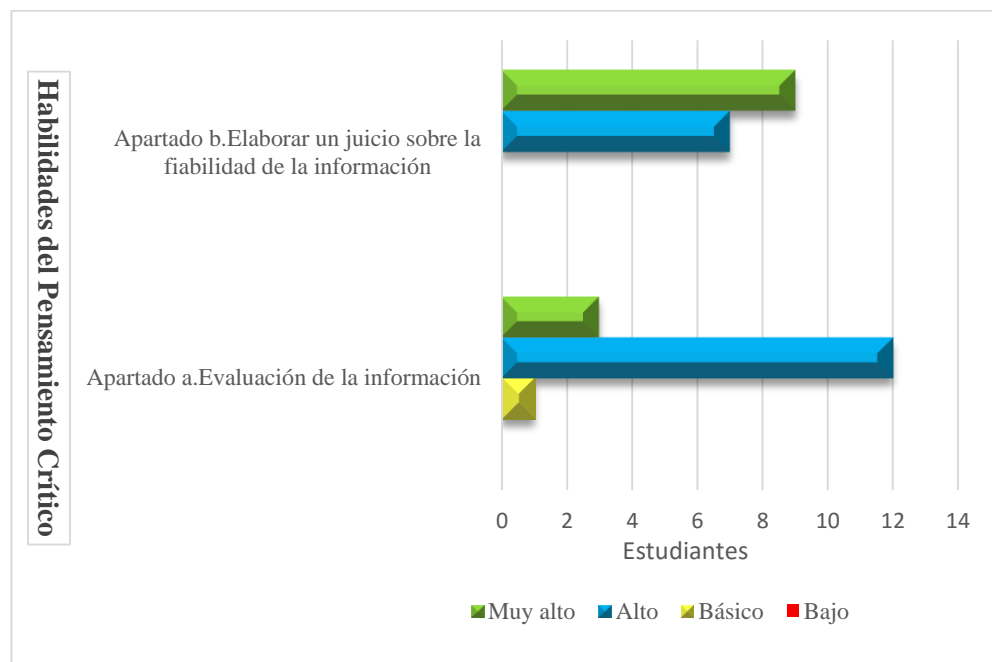
7.2.2 Instrumento 2: Ejercicio de aplicación del índice biológico: BMWP/Col.

En cuanto a esta intervención en la primera parte se realizó de manera sincrónica con los estudiantes del énfasis, un ejercicio de aplicación del índice biológico: BMWP/Col. Para el desarrollo del ejercicio, se optó por un trabajo cooperativo en donde cada estudiante aportó a la resolución del ejercicio, empleando una pizarra digital mediante el uso de un hardware llamado *Jamboard* para lo cual se les comparte el siguiente enlace: (https://jamboard.google.com/d/1iwa_JEwvYJ3foVgHqGjJ4kj51cPrRUIV8zRf3bssXo/edit?usp=sharing), cabe destacar que este ejercicio se adaptó del artículo titulado “ *Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, en el cauce del río Guachicos que surte el acueducto del municipio de Pitalito*“ de las autoras Sánchez y García, 2018. En esta actividad se aportó información del estudio, y de los tres puntos de monitoreo con sus respectivas (características), y se dispuso de unas tablas para poder realizar el cálculo del BMWP/Col de cada punto de monitoreo, para lo cual estas tablas estaban incompletas y con ayuda de los estudiantes se completaron, así mismo se realizaron los respectivos cálculos del índice biológico,

y las conclusiones pertinentes para cada punto de monitoreo; contrastando lo obtenido con las tablas de clasificación de la calidad biológica del agua.

Por otra parte, en la segunda parte se desarrolló el instrumento 2 (Anexo C) de forma asincrónica, el cual tiene el objetivo de fomentar ciertas habilidades del pensamiento crítico, los resultados obtenidos se recopilaron de forma individual y se pueden visualizar en la Gráfica 6.

Gráfica 6: Niveles de categorización de los estudiantes con el I2



Nota. Este estudio se realizó con 16 personas que cursaban en el periodo 2021-II el énfasis disciplinar II de la licenciatura en química de la UPN. (Fuente: Autor).

En cuanto al I2 se les presenta a los estudiantes, una tabla de los puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos por el índice BMWP/Col, y la tabla de la clasificación de la calidad biológica del agua. Y se les presenta dos actividades denominadas *apartado a* y *b*, en la primera actividad (*apartado a*) se les presenta tres tablas que deben completar con los puntajes respectivos a las familias presentes en cada tabla, con el fin de realizar el cálculo del puntaje BMWP/Col

correspondiente para cada tabla. En la parte final de cada tabla deben llenar unos datos indicando: la clase, calidad del agua, el significado y el color que representa dicha calidad, dichos datos representan la clasificación de la calidad biológica del agua. Mientras que en la segunda actividad (*apartado b*), los estudiantes deben completar una tabla (Anexo C) para lo cual deben buscar información confiable sobre: una imagen representativa de dicho macroinvertebrado (describirlo según lo indicado en clase) y el hábitat en el que se encuentran tres macroinvertebrados de las siguientes familias (*Naucoridae*, *Perlidae* y *Tubificidae*), cabe destacar que la columna de taxonomía de la tabla 4 ver (Anexo C), ya se les presenta a los estudiantes completa.

Como resultado en el *apartado a*, se categorizaron a tres estudiantes con un nivel muy alto, doce estudiantes con un nivel alto, un estudiante con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 6.

Con respecto a los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, analizaron la información suministrada, lograron comparar y contrastar lo explicado en clase con el ejercicio práctico del taller, también completaron correctamente las tres tablas con los puntajes correspondientes y los resultados fueron correctos en la clasificación de la calidad biológica del agua realizada (BMWP/Col), demostrando el buen uso del el material suministrado. Como por ejemplo el **E8** respondió la siguiente secuencia: “(tabla 1: 10, 10, 9, 6, 10, 6, 7, 6, 9, 8, 7, 9, 5, 8, 8, 8, y 7 para un puntaje total del BMWP/Col de 133, clase 1, calidad buena, significado aguas muy limpias y color azul), (tabla 2: 7, 9, 7, 10, 7, 8, 8, 8, 5, 6, 3, 8, 8, 9, 10, y 7 para un puntaje total del BMWP/Col de 120, clase 1, calidad buena, significado aguas muy limpias y color azul), (tabla 3: 8, 8, 7, 7, 6, 10, 8, 8, 10, 9, 5, 7, y 6 para un puntaje total del BMWP/Col de 99, clase 2, calidad aceptable, significado aguas ligeramente contaminadas y color verde)”.

Por otro lado los estudiantes catalogados en el nivel alto, lograron comparar y contrastar lo explicado en clase con el ejercicio práctico del taller, tuvieron entre uno a dos errores en los resultados de las tablas de los puntajes, y los resultados fueron correctos en la clasificación de la calidad biológica del agua realizada

(BMWP/Col), demostrando que faltó un poco de atención al detalle al material suministrado. Como por ejemplo el **E12** respondió lo siguiente: “(tabla 1: 10, 10, 9, 6, 10, 6, 7, 6, 9, 8, 10, 9, 5, 8, 8, 8 y 8 para un puntaje total del BMWP/Col de 137, clase 1, calidad buena, significado aguas muy limpias y color azul), (tabla 2: 7, 9, 7, 10, 7, 8, 8, 8, 5, 6, 3, 8, 8, 9, 10, y 7 para un puntaje total del BMWP/Col de 120 clase 1, calidad buena, significado aguas muy limpias y color azul), (tabla 3: 8, 8, 7, 7, 6, 10, 8, 8, 10, 9, 5, 7, y 6 para un puntaje total del BMWP/Col de 99, clase 2, calidad aceptable, significado aguas ligeramente contaminadas y color verde)”.

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel básico, no lograron comparar y contrastar lo explicado en clase con el ejercicio práctico taller, tuvieron muchos errores en los resultados de las tablas de los puntajes y los varios errores en los resultados de la clasificación de la calidad biológica del agua realizada (BMWP/Col) y no emplearon adecuadamente el material suministrado. Como por ejemplo el **E11** respondió la siguiente secuencia: “(tabla 1: 10, 10, 9, 6, 10, 6, 7, 7, 9, 8, 10, 9, 6, 8, 9, 8 y 7 para un puntaje total del BMWP/Col de 139, clase 1, calidad aceptable, significado aguas ligeramente contaminadas y color azul), (tabla 2: 7, 9, 7, 10, 7, 8, 8, 8, 5, 6, 3, 8, 8, 9, 10, y 7 para un puntaje total del BMWP/Col de 120, clase 1, calidad aceptable, significado aguas ligeramente contaminadas y color azul), (tabla 3: 8, 8, 7, 7, 6, 10, 8, 7, 10, 7, 5, 7, y 6 para un puntaje total del BMWP/Col de 96, clase 2, calidad aceptable, significado aguas ligeramente contaminadas y color verde)”. Mientras que en el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría.

En conclusión en el *apartado a* los estudiantes en el nivel muy alto, demostraron que realizaron la actividad concentrados, analizaron la información que se les suministraba, compararon y contrastaron las tablas de manera adecuada según lo explicado en clase, colocando correctamente los puntajes para cada fila (cabe resaltar que cada fila correspondía a una familia diferente) de macroinvertebrados, logrando así completar adecuadamente las tres tablas denominadas (tabla 1 punto de la zona alta, tabla 2 punto de la zona media y tabla 3 punto de la zona baja). Por otro lado, en el nivel alto tuvieron algunos errores los

estudiantes al colocar valores que no correspondían en ciertas filas de las tablas, obtenido así un valor un poco mayor del que debían obtener para el caculo del BMWP/Col en una de las tablas, por lo tanto les faltó un poco de habilidad a la hora de comparar y contrastar las tablas de manera adecuada según la explicado en clase.



Mientras que en nivel básico, un estudiante evidencio que tuvo muchos errores al colocar valores que no correspondían en varias filas de las tablas, obtenido así un valor un poco mayor o menor del que debía obtener para el caculo del BMWP/Col en dos de las tablas, consecuentemente este estudiante demostró que a la hora de la explicación, que se realizó en clase no concentró en entender la actividad y aprender a usar correctamente las tablas y esto se refleja en los resultados que obtuvo.


En cuanto a los resultados del *apartado b*, se categorizaron a nueve estudiantes con un nivel muy alto, siete estudiantes con un nivel alto, ningún estudiante con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 6.

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, buscaron y eligieron fuentes de información confiables, también referenciaron la información e imágenes debidamente y proporcionaron la información que se le solicitaba completa. Como por ejemplo el **E1** realizo la tabla siguiente:

Tabla 4

IMAGEN	TAXONOMÍA	HABITÁT EN EL QUE SE ENCUENTRA
--------	-----------	--------------------------------

 <p>Fuente: Yin, Xie & Liu, Guo-Qing. (2015). The creeping water bugs (Hemiptera: Heteroptera: Naucoridae) of China, with description of a new species. <i>Zootaxa</i>. 3911. 571- 80. 10.11646/zootaxa.3911.4.6.</p> <p>Descripción: Dos antenas, cuatro patas, forma redondeada, tiene cabeza y abdomen.</p>	<p>Orden: Hemiptera Familia: Naucoridae Género: Hleocoris spinipes</p>	<p>Se encuentran en ecosistemas lóticos, caracterizados por aguas en movimiento: ríos, arroyos, riachuelos, canales y manantiales. (Hernández, Racines & Terneus (2012))</p>
 <p>Fuente: https://www.researchgate.net/profile/Yuly-Paulina-Ramirez/publication/268210107/figure/fig2/AS:392152233332741@1470507786679/Figura_2-Anacroneuria-caraca-aAspecto-general-bCabeza-y-pronoto-cNoveno-esternito.png</p> <p>Descripción: Dos antenas, seis patas, forma alargada, si tiene cabeza y abdomen.</p>	<p>Orden: Plecóptera Familia: <i>Perlidae</i> Género: Anacroneuria</p>	<p>Constituyen un componente amplio de aguas estancadas y/o aguas corrientes. (Fochetti & Tierno de Figueroa (2004)).</p>

 <p>Fuente: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/</p> <p>Descripción: No tiene antenas, no tiene patas, forma alargada. Tienen abdomen, no tienen cabeza.</p>	<p>Familia: <i>Tubificidae</i></p>	<p>Suelen encontrarse en la orilla de ríos, lagos, canales, y donde se vierten desechos. (Portal Pez, 2018)</p>
--	--	--

Bibliografía empleada.

- Fochetti, R. & Tierno de Figueroa, J.M. (2004). Plecoptera. Fauna Europaea Web Service. Accesible (2014) en: <http://www.faunaeur.org>
- Gutiérrez-Fonseca, Pablo E. (2010). Capítulo 6: Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58(Suppl. 4), 139-148. Retrieved August 30, 2021, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006&lng=en&tlng=es.
- Herrera, Federico, Solano-Ulate, Darha, & Springer, Monika. (2020). Primer registro del género *Interocoris* (Heteroptera: Naucoridae) en Centroamérica y observaciones sobre *Interocoris mexicanus*. *Revista de Biología Tropical*, 68(Suppl. 2), 150-158. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44346>
- Hernández, Karina, Racines, María José, & Terneus, Esteban. (2012). Evaluación Ecológica del Río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza Ecuador. *Revista de Ciencias Universidad del Valle*, 16, 31-45, <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/4416/Evaluacion%20ecologica.pdf;jsessionid=C94FC58BDB8F76BB496F54DEEC4F3E88?sequence=1>
- Portal Pez (2018). EL TUBIFEX (TUBIFICIDAE). Portal Pez Atlas Sitio Web Oficial, <https://atlas.portalpez.com/fichas/threads/el-tubifex-tubificidae.3372/>
- Yin, Xie & Liu, Guo-Qing. (2015). The creeping water bugs (Hemiptera: Heteroptera: Naucoridae) of China, with description of a new species. *Zootaxa*. 3911. 571-80. 10.11646/zootaxa.3911.4.6.

Por otra parte, los estudiantes catalogados en el nivel alto, buscaron y eligieron fuentes de información confiables, también referenciaron la información e imágenes debidamente y proporcionaron la información que se le solicitaba incompleta o les faltó colocar las referencias adecuadamente.

Mientras que en el nivel básico y bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría, ahora bien en el *apartado b* los estudiantes en el nivel muy alto, emplearon fuentes de información confiables, referenciaron adecuadamente las imágenes que utilizaron, así mismo realizaron la descripción de las imágenes que emplearon y completaron lo que se les solicitaba, cabe destacar como se pudo apreciar en el apartado anterior que el **estudiante 1** cumplió en su totalidad los criterios mencionados anteriormente y se le otorgó un nivel muy alto.

Sin embargo, los estudiantes en el nivel alto emplearon fuentes de información confiables, algunos referenciaron adecuadamente las imágenes que utilizaron, por otro lado realizaron la descripción de las imágenes que emplearon y por último, algunos estudiantes presentaron la información incompleta de la tabla o no referenciaron adecuadamente la información consultada. Como se pudo observar anteriormente el **estudiante 11**, no completó a cabalidad la columna que hacía referencia al hábitat en el que se encuentra los macroinvertebrados asignados, las otras columnas sí las completó adecuadamente y referenció las imágenes empleadas, por lo cual se le otorgó un nivel alto.

7.2.3 Instrumento 3: Simulación trabajo de campo y normatividad Colombiana

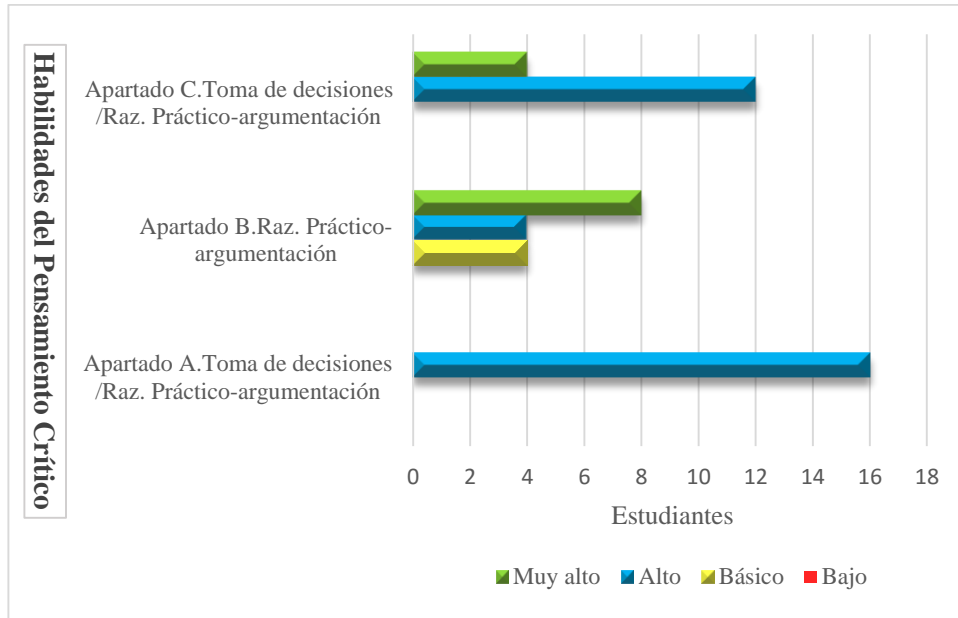
Esta sección se enfocó en dos partes, la primera parte se realizó de manera sincrónica con los estudiantes del énfasis se realizó la presentación de un material, en específico una **presentación** sobre: *los materiales, implementos e indumentaria, técnicas de recolección necesaria para la recolección e identificación de macroinvertebrados bentónicos*. Y como complemento dos videos recopilados sobre la temática del sitio web YouTube. Así que el primer video está relacionado con el uso de macroinvertebrados acuáticos, para la determinación de la calidad del

agua de la Universidad del Salvador, para lo cual se les compartió en siguiente enlace

(<https://www.youtube.com/watch?v=HhrHcWwtPTo&list=PL6cgr4RuA98f0A1qgmSMqO7L8NL7ACOKI>), y el segundo video tiene relación con los interlaboratorios, es decir, realizar (intercomparación de laboratorios) para la determinación de macroinvertebrados bentónicos; este tipo de pruebas se realizan con el fin de controlar la calidad de los trabajos en la determinación de macroinvertebrados de diferentes laboratorios, de esta manera se les compartió en siguiente enlace (<https://www.youtube.com/watch?v=MFOuIcKx5GM>).

Seguidamente en la segunda parte se implementó el **instrumento 3** el cual está dividido en el apartado A, B y C ver (Anexo D), el cual se realizó de manera asincrónica de forma grupal (cada grupo estaba conformado por cuatro personas) para un total de cuatro grupos. Este instrumento se diseñó con el objetivo de fomentar ciertas habilidades del pensamiento crítico y el trabajo cooperativo. Además, se elaboró un instructivo del simulador denominado "*Leaf Pack Network Simulation*" el cual se puede visualizar en el siguiente enlace (<https://drive.google.com/file/d/1R7Cgim5v2nt72m9aBZrSrSeqJE8hZPE/view?usp=sharing>), y por último los resultados obtenidos se recopilaron, organizar y categorizaron y se resumen en la Gráfica 7.

Gráfica 7: Niveles de categorización de los estudiantes con el I3



Nota. Este estudio se realizó con 16 personas que cursaban en el periodo 2021-II el énfasis disciplinar II de la licenciatura en química de la UPN. (Fuente: Autor).

En cuanto a los resultados del I3 en el **Apartado A**, se categorizó a dieciséis estudiantes con un nivel alto, ningún estudiante con un nivel muy alto, básico o bajo como se muestra en la Gráfica 7.

Con respecto a los estudiantes catalogados en el nivel alto cumplieron con los criterios dispuestos en el rubrica de evaluación pertinente ver Anexo D, en cuanto al Apartado A se dividió en dos partes, en la **parte uno** realizaron la actividad completa de la simulación para el escenario A, C y D, además debían proporcionar los respectivos pantallazos, y en la **parte dos** realizaron una tabla con una *conclusión experimental* con argumentos válidos y acorde a los resultados obtenidos en la simulación en cada escenario correspondiente y propusieron de forma grupal unas *consideraciones a mejorar*, en específico debían buscar y elegir algún tipo de tratamiento químico, biológico, alternativo o avanzado, que se pudiera

realizar para mejorar la calidad del escenario correspondiente. Como por ejemplo el **Grupo 2** completo las tablas siguientes:

Apartado A

Parte uno: Simulación del escenario de las pruebas fisicoquímicas y del muestreo de macroinvertebrados acuáticos del escenario A, C y D.

STREAM A

Tabla 1. Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de hábitat.

STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS
--------	------------------------

A

Imagen sección 1: características primarias.

PTI: Time: 3 Weeks

Habitat | Macroinvertebrates | Chemistry

Stream Sketch

Stream Habitats

- Pools
- Riffles
- Runs

Stream Banks

- Many trees
- Some trees
- No trees
- Grass only
- Pavement

1 2

Imagen sección 2: características secundarias.

PTI: Time: 3 Weeks

Habitat | **Macroinvertebrates** | Chemistry

In Stream

- Leaves
- Cobbles
- Woody debris
- Plant roots

Algae

- Light cover on rocks
- Thick cover on rocks
- Thick cover on rocks, clumps floating on surface

Other

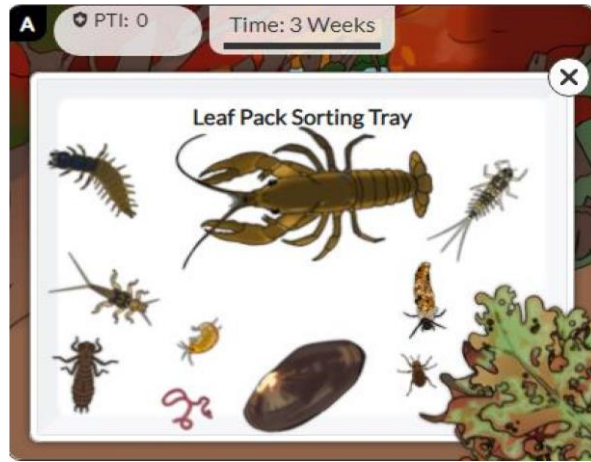
- Fish
- Beavers
- Signs of trash
- Drainage pipes

1 2

Tabla 2. Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream A: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.

Imagen o pantallazo.



Resultados de la clasificación realizada en la sección 1

Resultados de la clasificación realizada en la sección 2

Resultados de la clasificación realizada en la sección 3

Imagen o pantallazo.



Imagen o pantallazo.

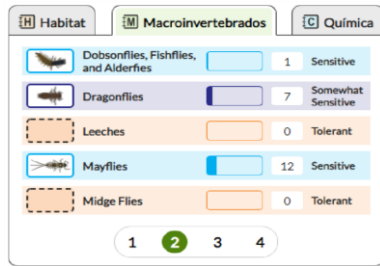
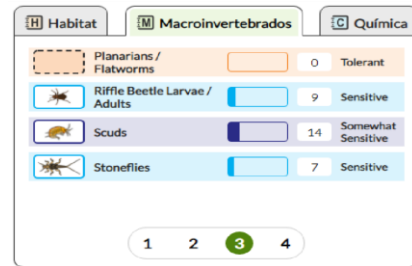


Imagen o pantallazo.



Resultados obtenidos en la sección 4, Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.

Imagen o pantallazo.

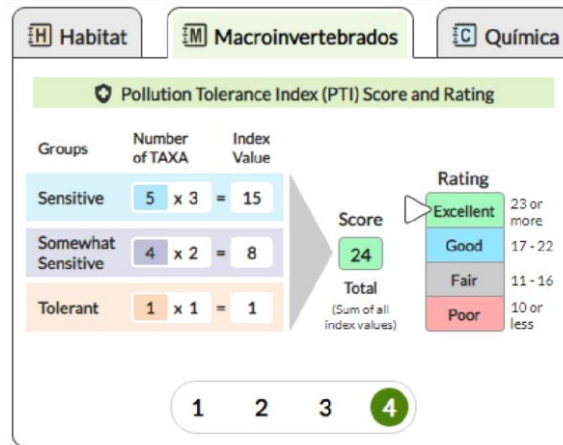


Tabla 3. Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
<p>1 Air Temperature Test</p> <p>Step 1: Read thermometer ✓</p> <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 22 °C</p> <p>22 °C</p>	<p>2 Water Temperature Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Read thermometer ✓</p> <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 12 °C</p> <p>12 °C</p>	<p>3 pH Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Add test tablet ✓</p> <p>Step 3: Match color ✓</p> <p>Choose the color that matches</p> <p>Result: 7 pH = Excellent</p> <p>7 = Excelente</p>
Resultados prueba nitratos	Resultados prueba de turbiedad	Resultados prueba de oxígeno disuelto

<p>4 Nitrate Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓ Step 2: Add test tablet ✓ Step 3: Match color ✓</p> <p>Result 0 ppm = Excellent</p> <p>0 ppm = Excelente</p>	<p>5 Turbidity Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓ Step 2: Match value ✓</p> <p>Result 0 JTU = Excellent</p> <p>0 JTU = Excelente</p>	<p>6 Dissolved Oxygen Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓ Step 2: Add test tablets ✓ Step 3: Match color ✓</p> <p>Result 8 ppm = Excellent</p> <p>8 ppm = Excelente</p>
--	--	--

Tabla resumen de todos los resultados de las pruebas químicas

Test	Water Quality Result
✓ 1 Air Temperature	22 °C
✓ 2 Water Temperature	12 °C
✓ 3 pH	7 pH = Excellent
✓ 4 Nitrate	0 ppm = Excellent
✓ 5 Turbidity	0 JTU = Excellent
✓ 6 Dissolved Oxygen	8 ppm = Excellent

STREAM C

Tabla 4. Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de hábitat.

STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS
	Imagen sección 1: características primarias.

C

My Models


Stream A F

Stream B

Stream C M 0


Stream D

PT: 0 Time: 3 Weeks



Habitat Macroinvertebrates Chemistry

Stream Sketch



Stream Habitats

- Pools
- Riffles
- Runs

Stream Banks

- Many trees
- Some trees
- No trees
- Grass only
- Pavement

1 2

Imagen sección 2: características secundarias.

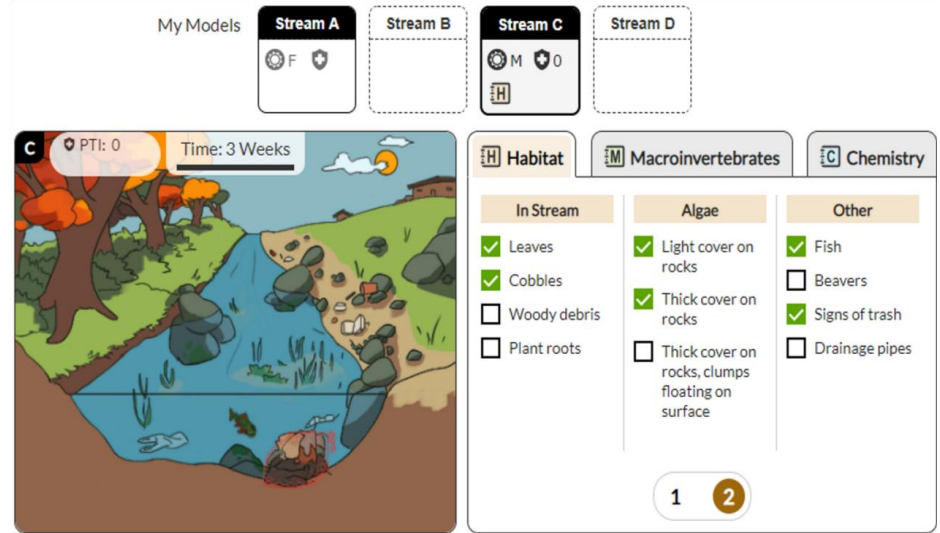


Tabla 5. Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream C: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.

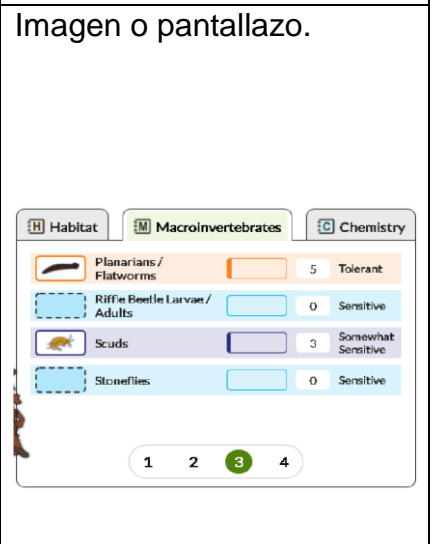
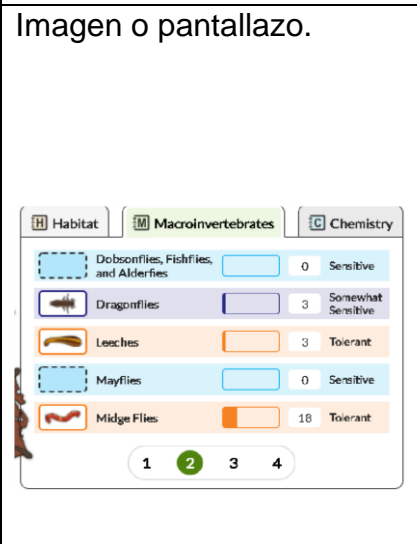
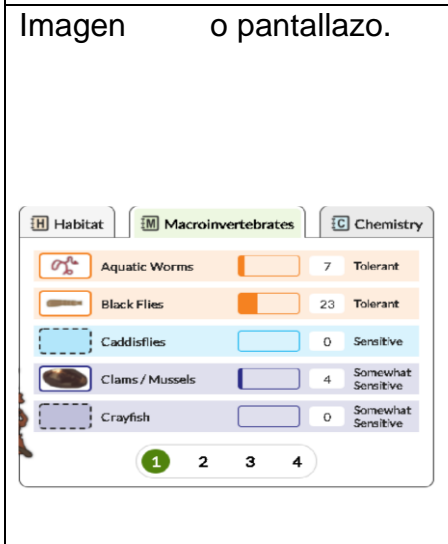
Imagen o pantallazo.



Resultados de la clasificación realizada en la sección 1

Resultados de la clasificación realizada en la sección 2

Resultados de la clasificación realizada en la sección 3



Resultados obtenidos en la sección 4, Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.

Imagen o pantallazo.

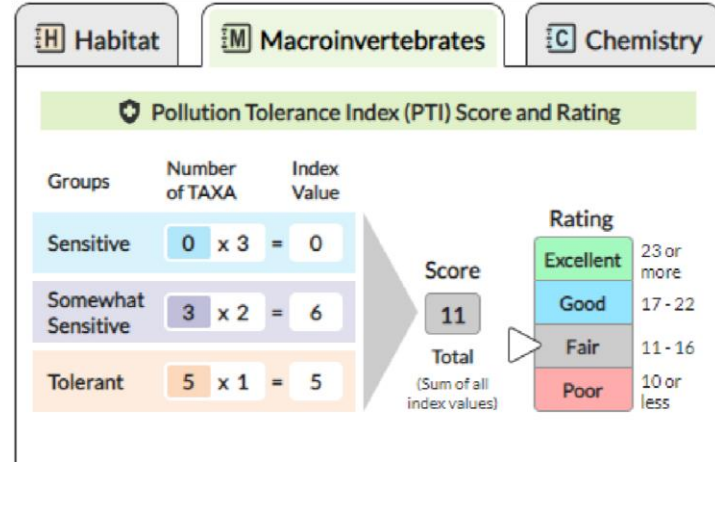
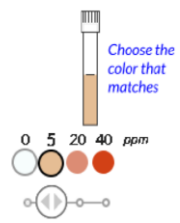


Tabla 6. Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
<p>1 Air Temperature Test</p> <p>Step 1: Read thermometer ✓</p> <p>14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40</p> <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 30 °C</p>	<p>2 Water Temperature Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Read thermometer ✓</p> <p>14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40</p> <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 22 °C</p>	<p>3 pH Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Add test tablet ✓</p> <p>Step 3: Match color ✓</p> <p>Choose the color that matches</p> <p>4 5 6 7 8 9 10 pH</p> <p>Result: 5 pH = Poor</p>
Resultados prueba nitratos	Resultados prueba de turbiedad	Resultados prueba de oxígeno disuelto

4 Nitrate Test



Choose the color that matches

Step 1: Collect sample ✓

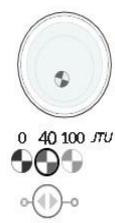
Step 2: Add test tablet ✓

Step 3: Match color ✓

Result

5 ppm = Fair

5 Turbidity Test



Choose the value that matches

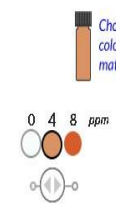
Step 1: Collect sample ✓

Step 2: Match value ✓

Result

40 JTU = Good

6 Dissolved Oxygen Test



Choose the color that matches

Step 1: Collect sample ✓

Step 2: Add test tablets ✓

Step 3: Match color ✓

Result

4 ppm = Fair

Tabla resumen de todos los resultados de las pruebas químicas

	Test	Water Quality Result
✓	1 Air Temperature	30 °C
✓	2 Water Temperature	22 °C
✓	3 pH	5 pH = Poor
✓	4 Nitrate	5 ppm = Fair
✓	5 Turbidity	40 JTU = Good
✓	6 Dissolved Oxygen	4 ppm = Fair

STREAM D

Tabla 7. Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de hábitat.


STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS
D	<p data-bbox="511 588 1128 625">Imagen sección 1: características primarias.</p> 

Imagen sección 2: características secundarias.

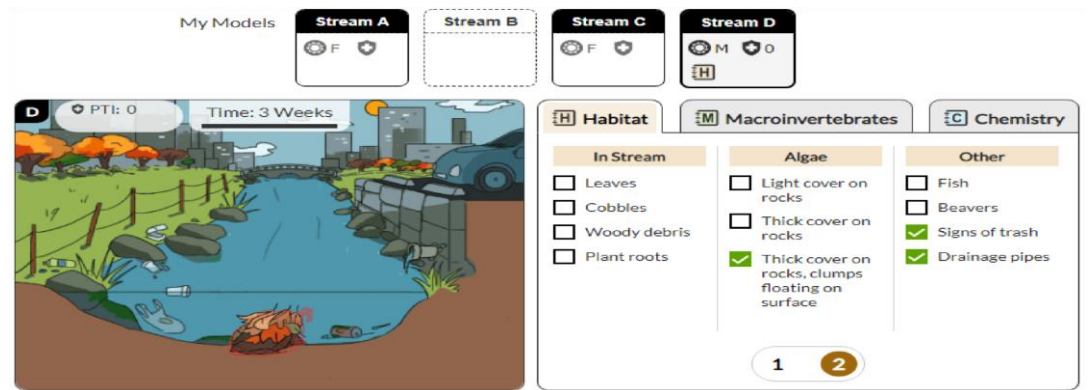


Tabla 8. Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream D: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.

Imagen o pantallazo.



Resultados de la clasificación realizada en la sección 1

Resultados de la clasificación realizada en la sección 2

Resultados de la clasificación realizada en la sección 3

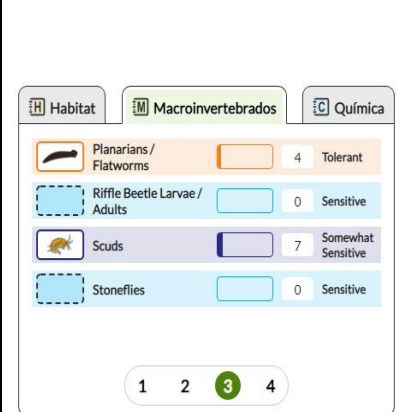
Imagen o pantallazo.



Imagen o pantallazo.



Imagen o pantallazo.



Resultados obtenidos en la sección 4, *Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.*

Imagen o pantallazo.

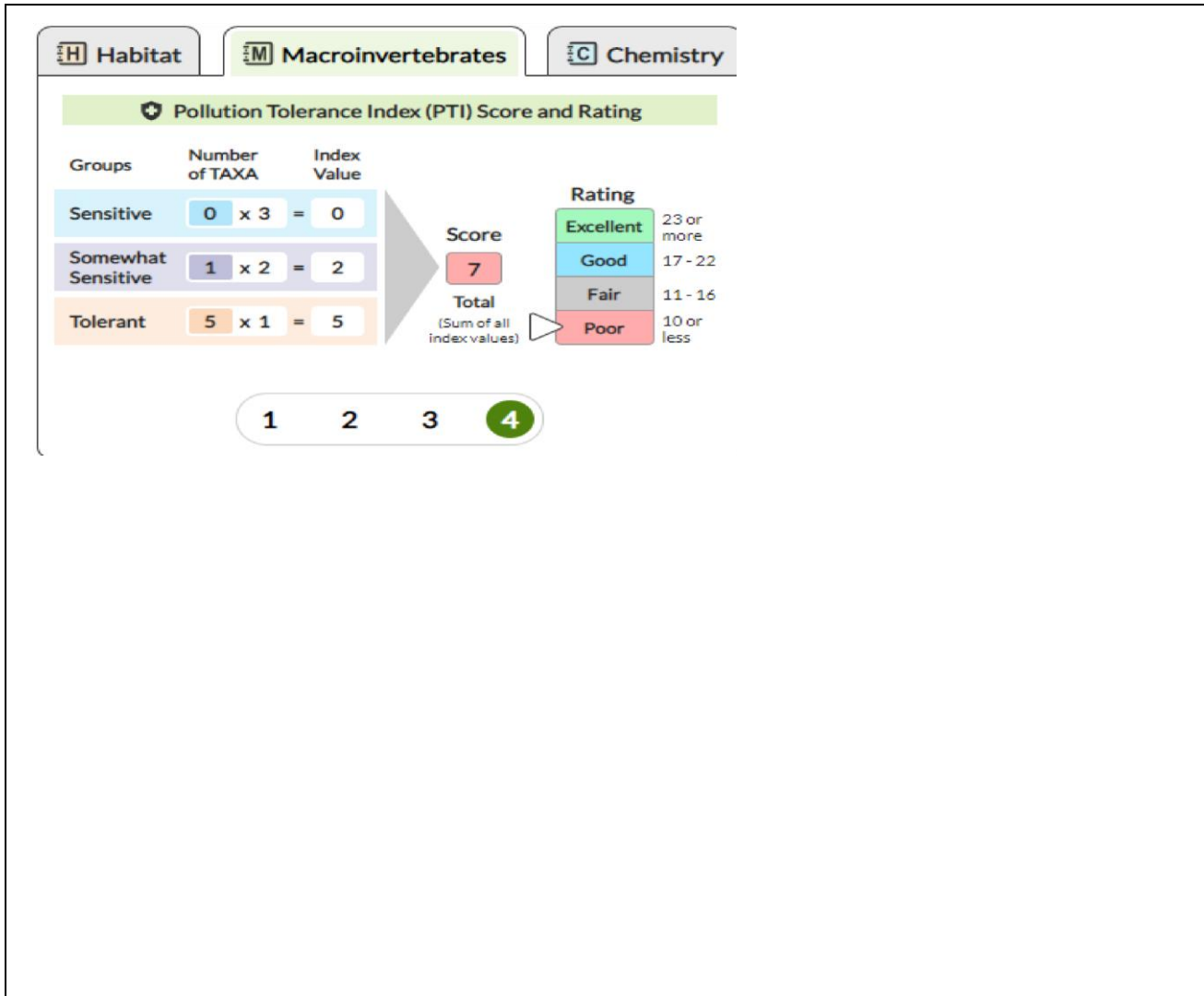


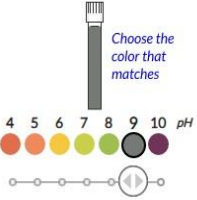
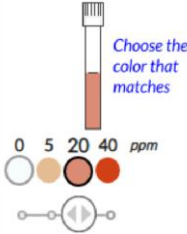

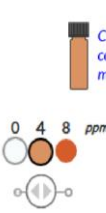


Tabla 9. Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
--	--	--------------------------------------

<p>1 Air Temperature Test</p> <p>Step 1: Read thermometer ✓</p>  <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 38 °C</p>	<p>2 Water Temperature Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Read thermometer ✓</p>  <p>Look for the number that has a green background</p> <p>Result: 24 °C</p>	<p>3 pH Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Add test tablet ✓</p> <p>Step 3: Match color ✓</p>  <p>Choose the color that matches</p> <p>Result: 9 pH = Poor</p>														
<p>Resultados prueba nitratos</p>	<p>Resultados prueba de turbiedad</p>	<p>Resultados prueba de oxígeno disuelto</p>														
<p>4 Nitrate Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Add test tablet ✓</p> <p>Step 3: Match color ✓</p>  <p>Choose the color that matches</p> <p>Result: 20 ppm = Poor</p>	<p>5 Turbidity Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Match value ✓</p>  <p>Choose the value that matches</p> <p>Result: 100 JTU = Fair</p>	<p>6 Dissolved Oxygen Test</p> <p>Step 1: Collect sample ✓</p> <p>Step 2: Add test tablets ✓</p> <p>Step 3: Match color ✓</p>  <p>Choose the color that matches</p> <p>Result: 4 ppm = Fair</p>														
<p>Tabla resumen de todos los resultados de las pruebas químicas</p>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Test</th> <th>Water Quality Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>✓ 1 Air Temperature</td> <td>38 °C</td> </tr> <tr> <td>✓ 2 Water Temperature</td> <td>24 °C</td> </tr> <tr> <td>✓ 3 pH</td> <td>9 pH = Poor</td> </tr> <tr> <td>✓ 4 Nitrate</td> <td>20 ppm = Poor</td> </tr> <tr> <td>✓ 5 Turbidity</td> <td>100 JTU = Fair</td> </tr> <tr> <td>✓ 6 Dissolved Oxygen</td> <td>4 ppm = Fair</td> </tr> </tbody> </table>			Test	Water Quality Result	✓ 1 Air Temperature	38 °C	✓ 2 Water Temperature	24 °C	✓ 3 pH	9 pH = Poor	✓ 4 Nitrate	20 ppm = Poor	✓ 5 Turbidity	100 JTU = Fair	✓ 6 Dissolved Oxygen	4 ppm = Fair
Test	Water Quality Result															
✓ 1 Air Temperature	38 °C															
✓ 2 Water Temperature	24 °C															
✓ 3 pH	9 pH = Poor															
✓ 4 Nitrate	20 ppm = Poor															
✓ 5 Turbidity	100 JTU = Fair															
✓ 6 Dissolved Oxygen	4 ppm = Fair															

Parte dos: conclusión experimental y consideraciones por mejorar en específico (algún tipo de tratamiento químico, biológico o alternativos o avanzados que se pueda realizar), de los escenarios A, C y D de la simulación realizada. Como resultado los estudiantes del **Grupo 2** completaron la tabla siguiente:

Apartado A

Tabla 10. Conclusión del laboratorio-simulación y consideraciones a mejorar del escenario correspondiente.

Escenario	Conclusión	Consideraciones a mejorar
Stream A	<p>Mediante la implementación del simulador en el stream A, se evidencia una amplia presencia vegetal y de especies animales como peces, lo que al parecer representa en primer lugar una buena calidad de agua y una baja contaminación con respecto a la preservación del equilibrio ecológico de tal ecosistema.</p> <p>Con respecto a las especies de macroinvertebrados encontradas en el estudio, se evidenciaron un total de 10 con una tolerancia en promedio excelente, con respecto al cálculo obtenido con el simulador; en presencia de especies sensibles a la contaminación, indicando una tolerancia buena y por consiguiente una calidad favorable. Cabe resaltar que se presentan también lombrices de agua, que no presentan tanto nivel de sensibilidad.</p> <p>Propiedades químicas como el pH, los nitratos, la turbiedad y el oxígeno disuelto presentan un nivel excelente, por lo que se concluye que, el estudio químico del agua del Stream A es favorable y de buena calidad. El alto nivel de oxígeno disuelto facilita la presencia de peces, lo que no evidencia una amenaza de supervivencia para los mismos.</p>	<p>A pesar de que presenta buenos resultados con respecto a parámetros fisicoquímicos y de balance con invertebrados, se recomienda preservar este espacio y ecosistema a través de campañas ambientales, evitar las actividades que promulguen la contaminación cercana y realizar estudios de calidad constantemente para tomar acciones con mayor prontitud y evitar riesgos de degradación y baja de calidad.</p>

Stream C	<p>Se realizó un estudio durante 3 semanas donde se realizó un análisis microbiológico y fisicoquímico del agua en un arroyo. En este caso se hallaron 8 tipos de macroinvertebrados y se tuvieron en cuenta 6 parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua en el área de estudio.</p> <p>Teniendo en cuenta la presencia de los invertebrados como <i>Oligochaeta</i>, <i>Simuliidae</i>, <i>Mollusca</i>, <i>Odonata</i>, <i>Hirudinea</i>, <i>Chironomidae</i>, <i>Turbellaria</i> y <i>Amphipoda</i>, donde se presenta una clasificación de justa ya que 5 de los macroinvertebrados mencionados anteriormente son tolerantes y 3 son algo sensibles. Por otro lado, el valor de pH es bastante bajo, es decir, ácido lo que va a alterar la calidad del agua, también los niveles de nitratos y de oxígeno disuelto son regulares y la turbidez si bien no es mala, si presenta una pequeña alteración.</p>	<p>Tener en cuenta los valores de nitratos, oxígeno disuelto y pH ya que estos valores afectan la calidad del agua y por otro lado la presencia de macroinvertebrados de alta tolerancia que indica que hay una alteración de la calidad.</p>
Stream D	<p>Se hizo un estudio durante un periodo de 3 semanas para hacer un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua. Se encontraron 6 géneros diferentes de macroinvertebrados entre ellos el <i>oligochaeta</i>, <i>simuliidae</i>, <i>chironomidae</i>, <i>turbellaria</i>, <i>hirudinea</i> y <i>amphipoda</i>. Se determinaron 6 parámetros fisicoquímicos para determinar el grado de contaminación del agua.</p> <p>Con la presencia de algunos macroinvertebrados que sirven como indicadores de calidad de agua, se puede concluir que el agua presenta un gran grado de contaminación; hay presencia de</p>	<p>Es necesario que se desarrolle el saneamiento del cuerpo de agua lo más pronto posible, se presenta una amplia degradación de este. Los factores fisicoquímicos estudiados presentan valores entre pobres y justos, es requerido emplear metodologías de saneamiento para no afectar al cuerpo hídrico de mayor manera. Debido a que el valor de oxígeno disuelto es justo, no hay amplia presencia de peces u otras especies.</p>

	<p>algunos organismos, muy tolerantes a la contaminación como el <i>chironomidae</i> y el <i>hirudinea</i>, pero este stream en general presenta, una tolerancia de nivel pobre, en cuanto a macroinvertebrados, debido a que en su mayoría hay presencia de especies tolerantes.</p> <p>Los niveles de oxígeno disueltos son muy bajos lo que significa que algunos organismos no pueden sobrevivir ya que no cuentan con el suficiente oxígeno para sobrevivir y esto genera la muerte de muchos organismos y también tiene un pH bajo lo cual afecta la reproducción de los peces, aumentando la actividad bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos. Sin embargo, al presentar una turbidez justa se puede concluir que se pueden llevar a cabo actividades antrópicas que produzcan presencia de partículas en suspensión, las cuales generan esa turbidez.</p>	
--	--	--

Mientras que en el nivel muy alto, básico y bajo no se obtuvo ninguna respuesta para esta categoría.

Como resultado los estudiantes categorizados en el nivel alto, cumplieron adecuadamente en la parte uno el trabajo de campo empleando el simulador llamado "*Leaf Pack Network Simulation*", en la cual simularon realizar pruebas fisicoquímicas y el muestreo de macroinvertebrados acuáticos, de tres escenarios diferentes denominados A, C y D, para lo cual proporcionan los pantallazos de los resultados obtenidos. Además en la parte dos del trabajo, deben completar una tabla en la cual deben proponer argumentos, que respalden adecuadamente la

conclusión experimental que plantean para cada escenario. Sin embargo, las acciones de mejora se deben replantear para cumplir con lo solicitado en la actividad, ya que los estudiantes mencionaron actividades, campañas o que parámetros fisicoquímicos se debían mejorar. Pero no cumplen con lo que se les solicitaba, que era consultar y elegir algún tipo de tratamiento químico, biológico, alternativo o avanzado que se pudiera aplicar en el escenario correspondiente.

En cuanto a los resultados del I3 en el Apartado B (quiz), se les presentó a los estudiantes una tabla la cual debían completar, en dicha tabla se les proporcionaba la imagen de un macroinvertebrado denominada (imagen de referencia), se les proporcionaba una pequeña descripción del insecto acuático y el hábitat en el cual se solía encontrar. Con base a la información que se les proporcionaba tenían que completar la columna denominada clasificación taxonómica en la cual debían realizar una descripción más precisa y detallada de la imagen de referencia, y clasificar dicho insecto proporcionando la clase, orden y familia a la cual corresponde. Además debían responder correctamente a que puntaje del BMWP/Col pertenecía la imagen de referencia, también analizar una situación planteada a modo de caso hipotético y con base a esta realizar una conclusión final.


Para que la actividad se pudiera realizar adecuadamente con los conocimientos que ya habían construido los estudiantes, se les compartió un material de apoyo que ya se les había mostrado en clase, el cual trata de: una guía detallada con imágenes, descripciones e información del hábitat de los macroinvertebrados acuáticos perteneciente a cada puntaje del uno al diez del BMWP/Col. Este material pertenece al autor Roldan (2012), que es un manual que se realizó en colaboración con la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca (CAR), y se titula "*los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*".

Por consiguiente en el Apartado B se categorizaron a ocho estudiantes con un nivel muy alto, cuatro estudiantes con un nivel alto, cuatro estudiantes con un nivel básico y por último ningún estudiante con un nivel bajo como se muestra en la Gráfica 7.

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, realizaron la correcta clasificación taxonómica de la imagen de referencia, por otro lado la descripción realizada si corresponde a la imagen de referencia, además el puntaje otorgado del índice BMWP/Col si corresponde con la imagen de referencia y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso hipotético planteado. Como por ejemplo el **Grupo 1** completo las tablas siguientes:

Apartado B

Tabla 11. Imagen de referencia de un macroinvertebrado acuático presente en los afluentes de Colombia.

Imagen de referencia	Clasificación taxonómica
 <p data-bbox="313 1171 911 1205">Nota: tiene 6 patas, cabeza, tórax y abdomen.</p> <p data-bbox="313 1226 943 1260">Hábitat: vive en fondos lodosos y aguas quietas.</p>	<p data-bbox="971 953 1247 987">Descripción propia:</p> <p data-bbox="971 1008 1463 1272">Insecto, artrópodo caracterizado en general por poseer tres pares de patas articuladas, uno o dos pares de alas y el cuerpo dividido en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen) y cubierto de quitina. Constituyen el grupo más numeroso y difundido del reino animal.</p> <p data-bbox="971 1297 1463 1432">Mide entre 15 y 17 mm, los segmentos abdominales carecen de ganchos dorsales, vive en aguas quietas y fondos lodosos</p> <p data-bbox="971 1453 1162 1486">Clase: Insecto</p> <p data-bbox="971 1507 1188 1541">Orden: Odonata</p> <p data-bbox="971 1562 1237 1596">Familia: Libellulidae</p> <p data-bbox="971 1617 1224 1650">Género: Erythemis</p>
<p data-bbox="313 1675 1463 1743">Una vez realizada la clasificación taxonómica, especifique el puntaje que le corresponde a la imagen de referencia según el índice BMWP/Col <u>6</u> .</p>	

- ❖ Una vez tenga llena la tabla 11 realice una conclusión de cómo se encuentra la calidad del agua partiendo de un caso hipotético de que en una quebrada X, encontró a varios especímenes de la imagen de referencia y otras familias pertenecientes al mismo puntaje de la imagen de referencia (Tabla del autor Roldan).

Conclusión:


- ❖ El insecto de la imagen es de la familia *Libellulidae*, al analizar el puntaje para determinar el índice BMWP/Col según Roldan su puntaje es de 6; si se encuentra otra especie de otra familia en la quebrada X que tiene el mismo puntaje según Roldan como, por ejemplo, *Ancyliidae* se analiza que el índice de calidad es de 12 definiendo la calidad del agua como muy crítica ya que su valor del índice BMWP/Col es inferior a 15 según Roldan y se representa con el color rojo.

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel alto, lograron realizar adecuadamente la descripción de la imagen de referencia, además el puntaje otorgado del índice BMWP/Col si corresponde con la imagen de referencia, también los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso hipotético planteado, pero realizaron de forma errónea la clasificación taxonómica en este caso de la clase y de la familia de la imagen de referencia. Como por ejemplo el **Grupo 4** completo las tablas siguientes:

Apartado B

Tabla 11. Imagen de referencia de un macroinvertebrado acuático presente en los afluentes de Colombia.

Imagen de referencia	Clasificación taxonómica
	<p>Descripción propia:</p> <p>Es una especie que llega a medir entre 6.0 y 10.0 mm, cuenta con agallas bifurcadas del 1° a 7° segmento y disminuyendo progresivamente de tamaño: bordes laterales del labrum</p>

 <p>Nota: tiene antenas, 6 patas, 3 filamentos terminales.</p> <p>Hábitat: vive en residuos vegetales y adheridos a la vegetación.</p>	<p>aguzados. Se encuentra en la región de Suramérica y Centroamérica principalmente.</p> <p>Clase: Thraulodes</p> <p>Orden: Ephemeroptera</p> <p>Familia: Leptophlebiidae</p>
<p>Una vez realizada la clasificación taxonómica, especifique el puntaje que le corresponde a la imagen de referencia según el índice BMWP/Col <u>9</u> .</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Una vez tenga llena la tabla 11 realice una conclusión de cómo se encuentra la calidad del agua partiendo de un caso hipotético de que en una quebrada X, encontró a varios especímenes de la imagen de referencia y otras familias pertenecientes al mismo puntaje de la imagen de referencia (Tabla del autor Roldan). <p>Conclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Si se encontrara varios especímenes de esta especie y más pertenecientes al mismo puntaje propuesto por roldan, se puede intuir que le agua de la fuente hídrica, es un agua de buena calidad, de clase I, y de color azul cuyo significado indica que es un agua limpia. Esto debido a que esta especie pertenece al puntaje de 9 del índice BMWP/Col. 	

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel básico, hay varias falencias en la clasificación taxonómica como por ejemplo se colocó de manera errónea la clase, orden y familia de la imagen de referencia. Por otro lado la descripción realizada si corresponde a la imagen de referencia, además el puntaje otorgado del índice BMWP/Col no corresponde con la imagen de referencia y por último la conclusión realizada no es la pertinente ya que quedo mal el criterio del índice biológico. Como por ejemplo el **Grupo 3** completo las tablas siguientes:

Apartado B

Tabla 11. Imagen de referencia de un macroinvertebrado acuático presente en los afluentes de Colombia.

Imagen de referencia	Clasificación taxonómica
<div data-bbox="495 436 727 823" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="311 844 911 909">Nota: tiene 6 patas, agallas en el abdomen, 3 filamentos terminales.</p> <p data-bbox="311 932 716 963">Hábitat: vive en aguas rápidas.</p>	<p data-bbox="933 436 1211 468">Descripción propia:</p> <p data-bbox="933 491 1461 657">Miden entre 10.0 y 22.00 mm; solo tienen dos filamentos caudales; la 1ª agalla abdo-minal es ventral, las demás son laterales. Habitan en aguas rápidas, debajo de piedras, troncos y hojas.</p> <p data-bbox="933 789 1159 821">Clase: Lachlania</p> <p data-bbox="933 844 1243 875">Orden: Ephemeroptera</p> <p data-bbox="933 898 1243 930">Familia: Oligoneuriidae</p>
<p data-bbox="311 989 1461 1054">Una vez realizada la clasificación taxonómica, especifique el puntaje que le corresponde a la imagen de referencia según el índice BMWP/Col <u>10</u> .</p> <ul data-bbox="363 1077 1461 1243" style="list-style-type: none"> ❖ Una vez tenga llena la tabla 11 realice una conclusión de cómo se encuentra la calidad del agua partiendo de un caso hipotético de que en una quebrada X, encontró a varios especímenes de la imagen de referencia y otras familias pertenecientes al mismo puntaje de la imagen de referencia (Tabla del autor Roldan). <p data-bbox="311 1266 483 1297">Conclusión:</p> <ul data-bbox="363 1320 1461 1419" style="list-style-type: none"> ❖ Teniendo en cuenta que la especie en mención hace parte de la familia Oligoneuriidae y haciendo uso de las tablas de Roldan se puede concluir que la calidad del agua es buena, el autor les da el significado como aguas muy limpias. 	

Mientras que para el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría. Como resultado los estudiantes categorizados en el nivel muy alto, cumplieron adecuadamente la actividad, ya que lograron clasificar correctamente la imagen de referencia en cuanto a la (clase, orden y familia), realizaron correctamente la descripción de la imagen de referencia, además le otorgaron el correspondiente puntaje del BMWP/Col a la imagen y su conclusión fue acertada

según el caso hipotético presentado. Mientras que los estudiantes categorizados en el nivel alto, cometieron un error en la clasificación de la imagen de referencia ya que colocaron la clase que no correspondía a la imagen, por otro lado cumplieron con la descripción de la imagen de referencia, también le otorgaron el correspondiente puntaje del BMWP/Col a la imagen y su conclusión fue conveniente según el caso hipotético presentado.

Por último, los estudiantes categorizados en el nivel bajo tuvieron algunos errores en la clasificación de la imagen de referencia, ya que colocaron la clase y la familia que no correspondían a la imagen de referencia. Y como resultado, el puntaje otorgado del BMWP/Col y la conclusión no concuerdan, debido a que esto dependía de que hicieran correctamente la clasificación taxonómica de la imagen de referencia.

En cuanto a los resultados del I3 en el Apartado C, se categorizaron a cuatro estudiantes con un nivel muy alto, doce estudiantes con un nivel alto, ningún estudiante con un nivel básico o bajo como se muestra en la Gráfica 7.

En cuanto a los estudiantes catalogados en el nivel muy alto, realizaron una conexión entre la normatividad colombiana del ciudadano del recurso hídrico, con las problemáticas actuales del país, proponen un aporte para la mejora del recurso hídrico desde los planes curriculares del sector educativo del país, además plantea divulgación de la política referente al recurso hídrico y los impactos que tienen las actividades antrópicas sobre este recurso, también expresan realizar una mayor regulación con mayor exigencia en las políticas del cuidado de los recursos hídrico en Colombia y por último los argumentos respaldan adecuadamente su respuesta. Como por ejemplo el **Grupo 1** respondió lo siguiente:

“En Colombia las normas vigentes relacionadas con el cuidado del recurso hídrico requieren de que los estándares de calidad del agua sean controlados detalladamente por las diferentes entidades correspondientes tanto a nivel local como a nivel nacional, y dentro de este marco podemos identificar que se debe implementar un mayor control en las actividades antrópicas que se desarrollan cerca

de los diferentes recursos hídricos e imponer sanciones civiles y penales para quienes sean responsables de afectar indiscriminadamente áreas geográficas bajo ciertas actividades. Asimismo, consideramos que dentro de la resolución 2115 de 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social resulta necesario innovar y prestar total atención a las zonas que se encuentran mayormente afectadas por la contaminación de sus aguas a partir de la actualización de instrumentos básicos y de la modificación de los sistemas de control y de vigilancia en la calidad del agua.

En este orden de ideas, hay que tener en consideración que desde el ámbito educativo sería posible realizar una modificación de esta perspectiva al poder enseñar la importancia de dicha normatividad en Colombia, en términos de preservación del medio ambiente y el cuidado del recurso hídrico. De manera que, al incluir en todos los niveles educativos todas las políticas ambientales y los lineamientos de Ciencias Naturales y de Educación Ambiental relacionados con el medio ambiente es posible incentivar en la población una mirada más enfocada en la protección de la calidad del agua, con la construcción de valores y de posturas reflexivas frente a la interacción que existe entre el ser humano y la naturaleza, partiendo también que los Derechos Básicos de Aprendizaje abordan consecuentemente la importancia el mantenimiento de los ecosistemas desde los efectos nocivos de la intervención humana y propone acciones de uso responsable del agua en diferentes contextos socioeconómicos de la población”.

Por otro lado a los estudiantes catalogados en el nivel alto, proponen mejorar otros factores externos, como procesos ambientales que son amenazas para el planeta y para el recurso hídrico, además plantean la divulgación de la política referente al recurso hídrico y los impactos que tienen las actividades antrópicas sobre este recurso, también expresan una mayor regulación con mayor exigencia en las políticas del cuidado de los recursos hídrico en Colombia y por último los argumentos respaldan adecuadamente su respuesta. Como por ejemplo el **Grupo 4** respondió lo siguiente:

“Se puede decir que ya es algo más social, Colombia es un país que tiene grandes ciudades y bastantes cuerpos hídricos que constantemente son

contaminados, las ciudades en su gran mayoría tienen una mala infraestructura de saneamiento donde no hay respeto por estos cuerpos hídricos, como se ha mencionado antes esto puede que sea algo social para llegar al objetivo de reducir la contaminación. Y el hecho de que no se respete los cuerpos hídricos ya es una afectación bastante grave, por lo tanto, sería agradable que se pudiese tener en cuenta una arquitectura amigable con la naturaleza, que esta misma se haga cargo del cuidado del medio ambiente y así tratar de reducir las problemáticas que se ven en los ríos y demás que se encuentran en las grandes ciudades. A demás de ello apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales para mejorar la gestión del agua y el saneamiento”. Por último, cabe resaltar que en el nivel bajo no se obtuvo ninguna respuesta en esta categoría.

Como resultado los estudiantes categorizados en el nivel muy alto, cumplieron haciendo un juicio de valor para poder tomar una decisión, según el caso que se les presenta de la normatividad Colombia del uso del recurso hídrico y, argumentaron adecuadamente su posición grupal. Cabe destacar que es importante que los estudiantes incorporen, es su argumentación aspectos como: que si bien existen varias políticas en pro del cuidado, uso y reusó del recurso hídrico de Colombia, no necesitamos más políticas sino que están se cumplan a cabalidad. Por lo tanto, se propone una opción viable es el trabajo conjunto entre las entidades pertinentes con toda la comunidad de la zona de estudio, ya que el *trabajo en colectivo* puede trascender más allá y generar cambio positivos en esta sociedad.

Por otro parte, como resultado los estudiantes categorizados en el nivel alto cumplieron haciendo un juicio de valor para poder tomar una decisión, según el caso que se les presenta con respecto a la normatividad Colombiana del uso del recurso hídrico. Pero hace falta mejorar la argumentación, ya que se quedan en cosas del común es decir que ya existen como implementar multas. Otros estudiantes en cambio realizan aportes interesantes como la divulgación de las normatividades con la comunidad. Además estudiar o investigar, otros factores que afectan el deterioro de las fuentes hídricas como: el calentamiento global, el fracking, la deforestación, etc...que son actividades que tienen un impacto en el recurso hídrico.

7.3 Tercera fase: Prueba Diagnóstica de Salida PDS

La prueba diagnóstica de salida se aplicó a todos los estudiantes de manera asincrónica una vez terminada la ejecución de todos los instrumentos propuestos en esta investigación, cuyo objetivo principal fue identificar la transformación del conocimiento y el avance en las habilidades del pensamiento crítico en los estudiantes, por medio de la contrastación de los resultados con la PDE.

7.3.1 Aprendizajes sobre los bioindicadores de la calidad del agua

En esta primera sección se revisaron los cambios en las concepciones que presentan los estudiantes, algunas se resumen en la Tabla 15.

Tabla 15: Concepciones de los estudiantes sobre los bioindicadores de la calidad del agua en la PDS

Pregunta	Respuestas estudiantes
1. ¿Qué entiende usted por bioindicadores de la calidad del agua?	<p>E1:“Los bioindicadores de calidad de agua, son aquellos seres vivos que poseen la capacidad de indicar la calidad de un cuerpo hídrico a través de su propia subsistencia y relación con un ecosistema específico. Las reacciones que genere el ser vivo con respecto al equilibrio ecológico de su hábitat, pueden cualificar la calidad del agua, y concluir problemáticas de contaminación”.</p> <p>E10:”Hace referencia a las especies que son seleccionadas y utilizadas como respuesta biológica frente a una afectación ecológica, específicamente en el estado de la calidad del agua y donde se debe tener en cuenta las variaciones físicas y químicas para poder evaluar la calidad ambiental”.</p> <p>E13:”Los bioindicadores son especies de seres vivos, principalmente macroinvertebrados o macrófitos los cuales permiten conocer cuál es el estado en el que se puede encontrar una fuente de agua pudiendo determinar su nivel de contaminación. Se pueden</p>

encontrar en aguas superficiales o en aguas a nivel marítimo”.

E14:”Especies que son utilizados como método de análisis de calidad de agua de acuerdo a las familias del especies que se identifica en la zona a analizar, cantidad y valor índice de calidad para llegar a obtener un índice de calidad general BMWP/Col”.

E15:”Son todos aquellos seres vivos u organismos acuáticos que se encuentran presentes en el agua, hay diferentes especies y su abundancia en el agua o existencia depende del grado de contaminación de la misma”.

E16:“Son aquellos organismos que pueden presentar cierta sensibilidad a los diferentes cambios ambientales, que se dan en la naturaleza que se puede relacionar en la presencia o acumulación contaminantes”.

2. ¿Cuál es la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema?

E1:”La importancia de los insectos acuáticos en el ecosistema radica de acuerdo a la especie, a partir del rango expuesto en clase, se pueden evidenciar especies de insectos o macroinvertebrados que poseen una característica de sensibilidad alta o de tolerancia alta a condiciones ambientales de alta o baja contaminación que posea un cuerpo hídrico”.

E5:”Los insectos pueden ser un bioindicador de cómo está la calidad de nuestra agua, así mismo nos muestra si esta misma puede llegar a mostrar que tipo de animales o vegetación hay, se debe aclarar que porque haya presencia de insectos no es que sea un agua consumible para el ser humano o para animal”.

E6:”De alta importancia, ya es bien sabido que los ecosistemas son cadenas tróficas donde especies dependen unas de otras y en una escala más pequeña hay insectos acuáticos, los cuales se pueden alimentar de organismos más diminutos o algunos minerales, y su importancia no se basa solo en ser el alimento de un animal más grande, sino que ya sabemos que su presencia en los ecosistemas no solo ayuda a mantener los mismos, sino que al ser un factor el cual se puede ver afectado por modificación tal vez pequeñas de los ecosistemas, por tener un comportamiento propio, nos

permite realizar un seguimiento que se relacione con su entorno, y así determinar calidad no solo del agua si no del ambiente”.

E12:” La importancia de los insectos es que ayudan a evaluar la calidad de agua si es buena o mala, debido a que son sensibles a cualquier alteración que presente el ambiente, lo cual permite emplearlos para determinar la calidad del agua”.

E14:” Además de ser un grupo diverso, los insectos acuáticos son un componente importante de las comunidades de invertebrados en ecosistemas, dominan la abundancia en arroyos y lagunas tropicales. Estos organismos se caracterizan por presentar al menos una fase del desarrollo dentro del agua, así como diversas adaptaciones al intercambio gaseoso y a la osmorregulación, que les permite ocupar una variedad considerable de microhábitats en los ambientes acuáticos. Los insectos acuáticos juegan un papel importante en el procesamiento de la materia orgánica tanto de origen acuático como terrestre, representando un enlace importante entre las fuentes basales de energía y niveles tróficos superiores como anfibios y peces”.

E15: “Porque según su existencia en la zona de estudio se puede determinar la calidad del agua, además hacen parte de cadenas tróficas”.

3. En cuanto a las diversas actividades antrópicas (en donde interviene la acción humana, como por ejemplo la agricultura, la deforestación, la pesca, entre otros), además de los disturbios climáticos considera usted que estos factores influyen de manera positiva o negativa sobre los cuerpos

E1:”Si como comunidad, no generamos acciones de preservación ambiental, que fomenten una relación favorable entre las acciones que realizamos para un beneficio social, económico o cultural y su impacto en un cuerpo hídrico, las actividades antrópicas pueden ser consideradas como un impacto negativo. Ejemplos como la pesca indiscriminada y la generación de residuos químicos por parte de industrias sin previo pretratamiento demuestran con claridad la falta de relevancia que como individuos brindamos al ambiente y nuestra indiferencia con el mismo”.

E2:”Estas actividades van a tener un gran impacto negativo en los cuerpos de agua debido a que con los avances tecnológicos se han venido usando diversas sustancias que pueden llegar a estos cuerpos hídricos

hídricos. Justifique su respuesta. y cambiar en cierta forma sus propiedades físicas y concentraciones químicas”.

E7:” Es claro que toda actividad humana en exceso resulta ser catastrófica para el medio ambiente Ahora si sumamos el uso de agentes químicos como fertilizantes que provocan problemas diversos en la Tierra, la pesca en exceso que ha traído una gran disminución de algunas especies y de las especies que dependen de ellos. Se sabe que hay diferentes formas de disminuir la calidad de las fuentes hídricas, algunas de las actividades antrópicas propician a que sucedan este tipo de cosas. El agua se ve afectada, con ello los organismos que viven en ella y directamente también estamos siendo afectados nosotros mismos”.

E11:”Estas actividades influyen de forma negativa porque tienen una gran incidencia en la contaminación del agua ya que contribuyen a la perdida de la calidad del agua y por ende a sus propiedades fisicoquímicas que afecta a muchas especies que viven en este hábitat ya que estas actividades son las responsables del vertido de químicos, agroquímicos, fertilizantes, patógenos, sedimentos...etc. en el agua, aumentado los niveles de contaminación impidiendo el consumo humano”.

E12:” Influye de manera negativa, debido a que estas actividades causan alteraciones en las fuentes hídricas, ya que muchas de estas actividades sus residuos terminan en esta fuente tan importante, por lo cual causan el aumento de agentes contaminantes y alteraciones o disminuciones de los parámetros fisicoquímicos de la fuente”.

E14:”Influye de manera negativa la acción humana para su sustento diario sobre los cuerpos hídricos, ya que se tiene condiciones cómodas para el hombre que incomodan a otros seres vivos, una de estas comodidades es el uso del petróleo que implica transporte por vías marinas y que en muchas ocasiones han generado problemas ambientales, no solo por su uso sino también por el procesos de transporte por vertimientos accidentales, arriesgando la extinción de múltiples especies, el consumo del hombre de este

contaminante de forma indirecta por el consumo de pescados y entre otros”.

4. ¿Qué métodos, técnicas o índices conoce usted de tipo cualitativo (es decir que indique la presencia o ausencia de un ser vivo o algún tipo de contaminante), el cual permita determinar la calidad de un río, lago o laguna?

E1: “Conozco las técnicas de biorremediación por medio del uso de bacterias y de fitorremediación a través del uso de plantas de tipo emergente. También propiedades físicas como la turbiedad y la presencia de algas”.

E6: “El método por bioindicadores, en todo caso que sus beneficios a corto y largo plazo son mucho mayores que los métodos fisicoquímicos o al método por observación”.

E7: “Dentro de los vistos en clase recuerdo el Stream Visual Protocol SVAP, índice BMWP/Col, la turbiedad, determinación coliformes, índice de Viña y Ramírez, alcalinidad del agua, y metodología Delphi”.

E11: “Índice de (ICOMI), Índice de (ICOpH), Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA), índice de contaminación trófico (ICOTRO), índice de contaminación por sólidos suspendido (ICOSUS) e Indicadores biológicos”.

E13: “La técnica de macroinvertebrados y la técnica de indicadores visuales”.

E15: “El método de bioindicadores, en este método se realiza el estudio de calidad de aguas identificando las especies de seres vivos que se encuentran en ella”.

(Fuente: Autor)

En la primera pregunta ¿Qué entiende usted por bioindicadores de la calidad del agua? al revisar las ideas que presentaron en la PDE se evidencia que ahora los estudiantes saben a qué se refiere la palabra bioindicadores, en la PED el **E13** respondió “Son sustancias las cuales permiten determinar el grado de contaminación que puede presentar una fuente de agua” y en la PDS el mismo estudiante respondió lo siguiente “Los bioindicadores son especies de seres vivos, principalmente macroinvertebrados o macrófitos los cuales permiten conocer cuál es el estado en el que se puede encontrar una fuente de agua pudiendo determinar

su nivel de contaminación. Se pueden encontrar en aguas superficiales o en aguas a nivel marítimo”, evidenciando un cambio en la percepción que tiene ahora el estudiante y que ahora puede proporcionar respuestas más detalladas.

Por otro lado en la segunda cuestionamiento, ¿Cuál es la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema?, se evidencio que los estudiantes son más específicos como se observa al comparar las respuestas del **E12** en la PED: “Los insectos acuáticos son los reguladores muchas de los procesos bioquímicos, es decir son los que permiten desarrollar procesos de regulación de contaminantes en el agua” y el **E12** en la PDS: “La importancia de los insectos es que ayudan a evaluar la calidad de agua si es buena o mala, debido a que son sensibles a cualquier alteración que presente el ambiente, lo cual permite emplearlos para determinar la calidad del agua”. En este caso se logro un avance en el estudiante ya que logro responder con claridad y argumentar adecuadamente su respuesta.

Por otro parte en el tercer cuestionamiento: en cuanto a las diversas actividades antrópicas (en donde interviene la acción humana, como por ejemplo la agricultura, la deforestación, la pesca, entre otros), además de los disturbios climáticos considera usted que estos factores influyen de manera positiva o negativa sobre los cuerpos hídricos. Justifique su respuesta. Se observa que los estudiantes ampliaron su perspectiva de esta problemática y logran realizar mejores argumentaciones, como se evidencia en las respuestas del **E7** en la PED: “Es más que claro que este tipo de actividades si se presentan en una cantidad en la cual la tierra no pueda recuperarse, traerán y han traído grandes consecuencias a nuestro ecosistema. La desaparición de algunas especies acuáticas por excesos pesca, entre otros. Realmente también hay que tener en cuenta que este tipo de prácticas obedecen a una demanda que es propiciada por nosotros mismos”. Mientras que el **E12** en la PDS respondió: “Es claro que toda actividad humana en exceso resulta ser catastrófica para el medio ambiente Ahora si sumamos el uso de agentes químicos como fertilizantes que provocan problemas diversos en la Tierra, la pesca en exceso que ha traído una gran disminución de algunas especies y de las especies que dependen de ellos. Se sabe que hay diferentes formas de disminuir la

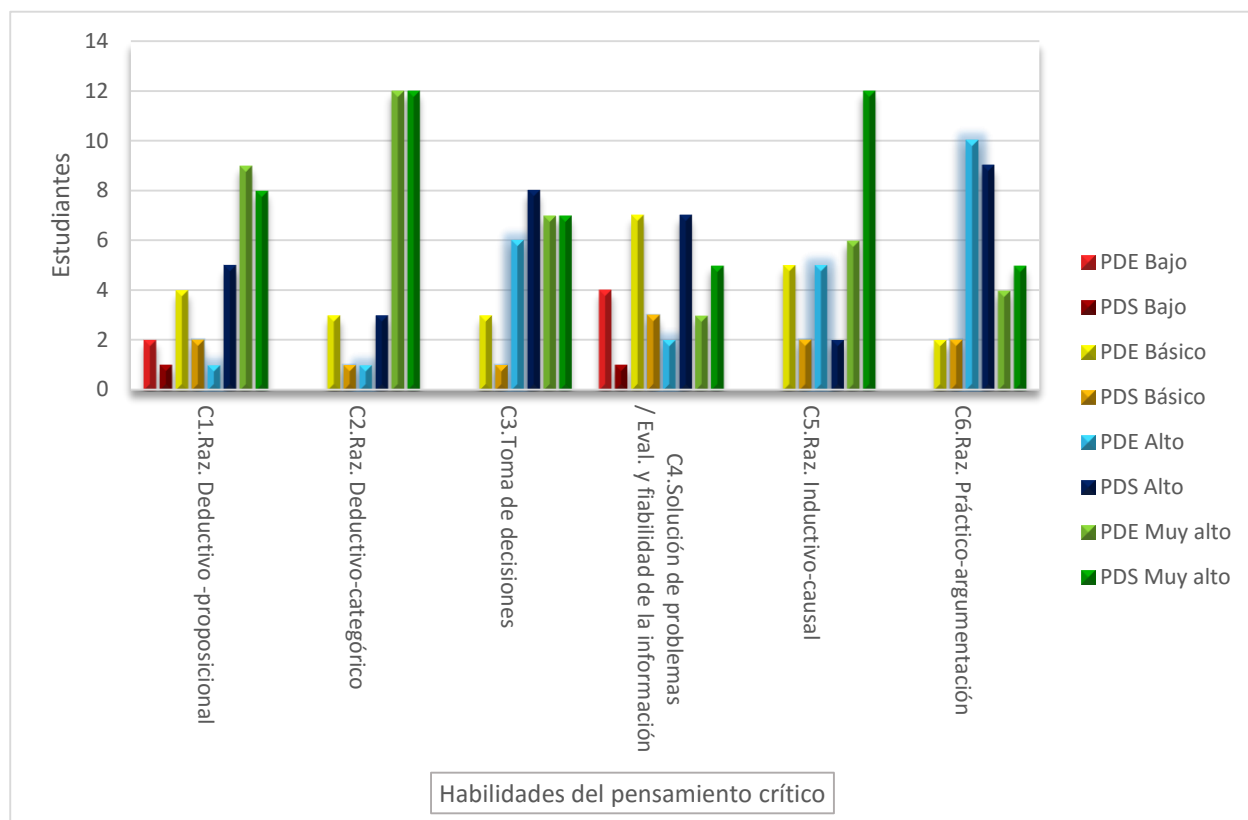
calidad de las fuentes hídricas, algunas de las actividades antrópicas propician a que sucedan este tipo de cosas. El agua se ve afectada, con ello los organismos que viven en ella y directamente también estamos siendo afectados nosotros mismos”.

Con respecto a la cuarta pregunta, ¿Qué métodos, técnicas o índices conoce usted de tipo cualitativo (es decir que indique la presencia o ausencia de un ser vivo o algún tipo de contaminante), el cual permita determinar la calidad de un río, lago o laguna?, se evidencio que los estudiantes realizan respuestas específicas ya que unos pocos no conocían ninguna técnica o método y los que si conocían las pruebas fisicoquímicas, ampliaron su conocimientos con diversos índice como el biológico o el visual, algunos otros como el ICOpH, ICA, ICMO, ICOTRO, entre otros. Como se evidencia al comparar las respuestas del **E13** en la PDE: “No conozco o no recuerdo en estos momentos”, y el **E13** en la PDS respondió:” La técnica de macroinvertebrados y la técnica de indicadores visuales”.

7.3.2 Categorización de las habilidades del pensamiento crítico

Al evaluar las respuestas con la rúbrica se evidencia que hay una progresión positiva en el aprendizaje e en las capacidades, al realizarla comparación entre la PDE y la PDS como se muestra en la gráfica 8.

Gráfica 8: Comparación de categorización por niveles de los estudiantes en el desarrollo de la PDE y la PDS



Nota. Este estudio se realizó con 16 personas que cursaban en el periodo 2021-II el énfasis disciplinar II de la licenciatura en química de la UPN. (Fuente: Autor).

Para el análisis se tendrá en cuenta los resultados obtenidos en la Grafica 8 y el análisis del contenido de cada cuestionamiento.

Como resultado en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 1 de razonamiento deductivo de tipo proposicional al comparar la PDE con la PDS, se evidencio que disminuyo en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel bajo y básico, mientras que aumentó el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el nivel alto.

Por otro lado en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 2 de razonamiento deductivo de tipo categorico al comparar la PDE con la PDS. Se

observó que disminuyó en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel básico, mientras que aumentó el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el nivel alto y se mantuvo igual el número de estudiantes categorizados en el nivel muy alto.

Por otro parte en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 3 de toma de decisiones al comparar la PDE con la PDS. Se evidencio que disminuyó en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel básico, sin embargo que aumentó el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el nivel alto y se mantuvo igual el número de estudiantes categorizados en el nivel muy alto.

En cuanto al apartado B, en específico en el cuestionamiento 4 de solución de problemas / evaluación y fiabilidad de la información, al comparar la PDE con la PDS. Se evidencio que disminuyó considerablemente en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel bajo y básico, al mismo tiempo aumentó considerablemente el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el nivel alto y muy alto.

Como resultado en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 5 de razonamiento inductivo de tipo causal, al comparar la PDE con la PDS. Se observó que disminuyó considerablemente en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel básico y alto, por lo tanto aumentó considerablemente el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el muy alto.

Así mismo en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 5 de razonamiento inductivo de tipo causal, al comparar la PDE con la PDS. Se obtuvo que disminuyó considerablemente en la PDS los estudiantes que se encontraban en el nivel básico y alto, por lo tanto aumentó considerablemente el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el muy alto.

Por último en el apartado B, en específico en el cuestionamiento 6 de razonamiento practico-argumentación, al comparar la PDE con la PDS. Se observó que se obtuvo la misma cantidad de estudiantes en la PED y en la PDS en el nivel

básico, disminuyo en una proporción de uno en la PDS los estudiantes categorizados en el nivel alto, mientras que aumentó el número de estudiantes en la PDS de estudiantes categorizados en el muy alto.

Finalmente en la PDS permitió reafirmar el avance del aprendizaje, que tienen los estudiantes sobre los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Y se destaca la transformación de las concepciones de los estudiantes, en donde se evidencia el progreso de las habilidades del pensamiento crítico debido a los resultados obtenidos en tres instrumentos realizados y aplicados a los estudiantes, pertenecientes al énfasis disciplinar II: tecnologías limpias en aguas residuales correspondiente al 2021-II.

8. CONCLUSIONES

- Las ideas previas permitieron reconocer las dificultades, presentadas por estudiantes universitarios ya que esto permitió conocer las apreciaciones *a priori* que tenían los estudiantes; con respecto a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, a su vez articulado para poder fomentar las habilidades del pensamiento crítico, lo cual favoreció la intervención realizada a través del diseño de tres instrumentos orientados a superar las dificultades evidenciadas en la prueba diagnóstico de entrada.
- Las intervenciones realizadas permitieron evidenciar un progreso en las habilidades del pensamiento crítico, mediante el abordaje de tres instrumentos enfocados en habilidades específicas como (razonamiento deductivo de tipo proposicional y categórico, razonamiento inductivo de tipo causal, toma de decisiones, solución de problemas, razonamiento práctico-argumentación, evaluación de la información y elaboración de un juicio sobre la fiabilidad de la información). Permitiendo que los estudiantes comprendieran los contenidos, por medio de su implementación y solución de dudas, transformando concepciones, conceptos y ampliando el conocimiento de la temáticas abordadas en las intervenciones realizadas.
- La evaluación por medio de rúbricas y el análisis del contenido de los resultados obtenidos, favoreció la identificación de los diferentes niveles que presentaban los estudiantes y de esta forma poder evidenciar el progreso en los talleres propuestos por medio de subescalas.
- El aprendizaje mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, logro en los estudiantes fomentar las habilidades del pensamiento crítico partiendo de la implementación de los instrumentos realizados, los cuales favorecieron abordar la temática de estudio desde los conceptos (fundamentales) necesarios para entender la

temática, hasta otros conceptos que necesitaban relacionar varios de los conceptos fundamentales.

- Los estudiantes que presentaban niveles (bajo, básico, alto) en las subescalas establecidas para las habilidades del pensamiento crítico, permitieron evidenciar que dichas habilidades se relacionan entre sí, con diferentes niveles de categorización establecido en las rubricas realizadas. Por lo cual, el razonamiento fue la base para potenciar las HPC y así mismo es fundamental para el aprendizaje científico y los procesos metacognitivos que se llevan a cabo cuando los estudiantes tienen un acercamiento por primera vez una temática específica, como es el caso de esta investigación.

9. RECOMENDACIONES

- La implementación del instrumento 3 puede plantearse también, desde el escenario práctico como las salidas de campo para la recolección y muestreo de macroinvertebrados acuáticos y el respectivo análisis y clasificación de los insectos acuáticos en el laboratorio empleando el instrumento llamado estereoscopio y las claves de identificación respectivas.
- También se pueden realizar visitas pedagógicas a lugares que realicen colección entomológica como el de la Universidad Nacional de Colombia y también el de la Universidad del Caldas, el museo de la Universidad de la Salle, el museo laboratorio de entomología de la Universidad de Tolima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S., y Solano, G. (2018). Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-Meta. Universidad Santo Tomas.
- Campanario, J. M., y Otero, J. C. (2000). Vista de Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. 18, 155-170.
- Carrera Reyes, C., y Fierro Peralbo, K. (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua (1. ed). EcoCiencia.
- Centurión Garzón, P., y Pardo Martínez, J. (2013). Clave taxonómica de identificación virtual de la colección de insectos acuáticos del Departamento De Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. [Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2010/TE-16361.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz-Martínez, J. A., y Granada-Torres, C. A. (2018). Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina, 66(1), 45-52. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>
- Ennis, R. H. (2003). "Critical thinking assessment". En D. Fasko (ed.), *Critical thinking and reasoning. Current research, theory, and practice*, pp. 293-313.
- Ennis, R. H. (2011): "The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities". Presentation at the Sixth International Conference on Thinking at MIT, Cambridge, MA, July, 1994. Last revised May, 2011. Recuperado de: [https://www.academia.edu/29213983/The Nature of Critical Thinking An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities i](https://www.academia.edu/29213983/The_Nature_of_Critical_Thinking_An_Outline_of_Critical_Thinking_Dispositions_and_Abilities_i)

- Florez, L. y Pérez, J. (2013). Aproximación a la determinación de la calidad ecológica en un sector del río juiquín (Junin -Cundinamarca) mediante la entomofauna acuática. Universidad pedagógica Nacional.
- Ghosh, D., Biswas, J. K., Ghosh, D., y Biswas, J. K. (2017). Efficiency of Pollution Tolerance Index (PTI) of macroinvertebrates in detecting aquatic pollution in an oxbow lake in India. *Universitas Scientiarum*, 22(3), 237-261. <https://doi.org/10.11144/javeriana.sc22-2.eopt>
- González, S., Ramírez, y., Meza, A., y Dias, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. 16(2), 14.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (Sexta Ed.). Editorial McGraw Hill Education.
- Jaramillo, J. (2002). Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 93-98.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., y Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica. 11, 19.
- Lobo, J., y Bolaños, F. (2005). Historia natural del Golfito -Costa Rica. (Primera). Editorial INBio. https://www.researchgate.net/publication/264861548_Diversidad_ecologia_e_importancia_de_los_insectos_acuaticos_de_los_ambientes_de_agua_dulce_de_Golfito
- López Aymes, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. 20.
- López, D. F. (2018). Material educativo para la enseñanza de las adaptaciones de los insectos acuáticos a partir del juego propiciando el reconocimiento de las dinámicas de los ecosistemas acuáticos. [Universidad Pedagógica Nacional].

<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10513/TE-22733.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lozano Ortiz, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: Importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. 7, 8.

Morelli, E., y Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1160-1170. <https://doi.org/10.7550/rmb.45419>

Naciones Unidas de Nueva York. (2019). Informe de los objetivos de desarrollo sostenible.

Naranjo, J. y López, P. (2013). Biological monitoring working party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos. *Ciencia en su PC*, núm. 2, pp. 15-25. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba

Ramírez, A., y Gutiérrez, P. E. (2014). Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: Avances recientes y direcciones futuras. *Revista de Biología Tropical*, 62, 9-20.

Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Tórres, R., y Turizo-Correa, R. (2011). Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. 59(4), 16.

Roldán Pérez, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Impreades Presencia S.A. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>

Roldán Pérez, G. (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.

Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*

Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254-274.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Saiz, C., y Fernández, S. (2008). Evaluación en pensamiento crítico: Una propuesta para diferenciar formas de pensar. 35.

Sánchez, M., y García, D. (2018). Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, en el cauce del río Guachicos que surte el acueducto del municipio de Pitalito. [Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21168/36281677.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, M. S. (2005). El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita norte de Santander. 3(2), 15.

Sánchez Romero, S. (2018). Cómo trabajan los docentes las ideas previas de los alumnos-comparativa entre dos centros con metodologías diferentes. [Universidad de Sevilla].
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82907/SANCHEZ%20ROMERO%2C%20SARA%20TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Universidad Pedagógica Nacional · Colombia. (s. f.-a). Recuperado 12 de agosto de 2021, de <http://www.pedagogica.edu.co/home/vercontenido/21>

ANEXOS

A. Anexo: Prueba diagnóstica y rúbrica.

FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Tesista	Robledo Beltrán Tania Alexandra
Directora	Gómez Aguilar Dora Luz
Universidad Pedagógica Nacional. Docente en formación Licenciatura en Química. Facultad de Ciencia y Tecnología.	
2021-II	

Nombre del estudiante: _____ Fecha: __/__/____

PRUEBA DIAGNÓSTICA

El presente prueba tiene como finalidad identificar qué conocimientos tiene usted como estudiante del Énfasis disciplinar II, (periodo 2021-2) de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional frente a la temática de bioindicadores de la calidad del agua, por lo que a continuación se presentan una serie de preguntas en donde el tipo de respuestas es abierta. Los datos obtenidos serán usados con fines investigativos como aporte para el trabajo de grado. Por favor conteste a consciencia de acuerdo a los conocimientos que ha construido en el transcurso de la carrera.

PREGUNTAS.

APARTADO A: enfocado en la temática general.

- 1. ¿Qué entiende usted por bioindicadores de la calidad del agua?

Respuesta:

- 2. ¿Cuál es la importancia de los insectos acuáticos para el ecosistema?

Respuesta:

- 3. En cuanto a las diversas actividades antrópicas (en donde interviene la acción humana, como por ejemplo la agricultura, la deforestación, la pesca, entre otros), además de los disturbios climáticos considera usted que estos factores influyen de manera positiva o negativa sobre los cuerpos hídricos. Justifique su respuesta.

Respuesta:

- 4. ¿Qué métodos, técnicas o índices conoce usted de tipo cualitativo (es decir que indique la presencia o ausencia de un ser vivo o algún tipo de contaminante), el cual permita determinar la calidad de un río, lago o laguna?

Respuesta:

APARTADO B: enfocado a las habilidades del pensamiento crítico.

1. Cuestionamiento.

Juan y Carlos, tienen la tarea escolar de observar y recolectar una pequeña muestra de agua de algún cuerpo de agua cercano a su casa, como ambos hermanos viven cerca de un río deciden ir al mismo río llamado La paz, así que Juan decide ir el día lunes, para lo cual sigue todas las indicaciones de su maestra y toma la muestra de agua con un balde y la trasvasa a una botella limpia. Seguidamente, al mirarla detenidamente observa algunos insectos acuáticos que no logra identificar, unos moluscos y un cangrejo. Por otro lado, Carlos decide ir al río el día Jueves hace el mismo procedimiento que su hermano, pero a excepción de que él no encuentra muchos insectos acuáticos, no encuentra ningún molusco, ni ningún cangrejo. De tal modo que la situación hace pensar a Carlos la siguiente cuestión, que si va el día lunes encontrará más insectos como le sucedió a su hermano.

¿Considera usted que el pensamiento de Carlos es correcto? Si/no, justifique su respuesta.

Respuesta:

2. Cuestionamiento.

Lea con atención las siguientes premisas.

1. Todos los seres vivos hacen parte de una red trófica.
2. Una especie en específico o ser vivo puede entrar en riesgo de supervivencia, cuando escasea su fuente principal de alimento.

Teniendo en cuenta las anteriores premisas, ¿qué conclusión podría realizar?

Respuesta:

3. Cuestionamiento.

Suponga usted que el alcalde un pueblo lo contrata para determinar y verificar la calidad del agua del río principal de un pueblo llamado Guatavita, en donde se llevan a cabo actividades náuticas (las cuales son de entretenimiento para el público visitante del lugar), para cuidar la salud de los visitantes y así mismo, dando cumplimiento al seguimiento de la calidad del agua de acuerdo a las políticas del cuidado del recurso hídrico, usted tiene que elegir entre dos posibilidades. La primera es determinar la calidad del agua mediante pruebas fisicoquímicas o emplear insectos acuáticos (incorporando un índice biológico de referencia).

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos vs indicadores biológicos, empleados en la evaluación de la calidad de las aguas

Propuesta	Ventajas	Desventajas
-----------	----------	-------------

A: Pruebas fisicoquímicas	<p>Muestran cambios temporales detallados.</p> <p>Permiten determinar con precisión tipos y concentraciones de los contaminantes.</p> <p>Se pueden establecer los flujos de los contaminantes.</p> <p>Pueden ser usados en aguas subterráneas.</p> <p>Son de fácil estandarización.</p>	<p>Algunos microcontaminantes no pueden ser medidos, debido a los límites de detección de los métodos o equipos empleados.</p> <p>La integración temporal es bastante complicada</p> <p>La manipulación inadecuada de las muestras puede ocasionar que éstas se contaminen mostrando resultados erróneos.</p> <p>Este tipo de análisis es muy costoso.</p> <p>Cuando se requiere hacer monitoreos continuos su costo se hace muy elevado.</p>
B: Insectos acuáticos (incorporando un índice biológico de referencia).	<p>Las muestras pueden tener integración en el espacio y en el tiempo.</p> <p>Responden a contaminación crónica.</p> <p>Responden a contaminación puntual.</p> <p>Se puede estudiar la bioacumulación de diferentes sustancias.</p> <p>Se pueden desarrollar estudios en tiempo real (bioestudios).</p> <p>Permiten medir la degradación del hábitat.</p> <p>Este tipo de estudio es de bajo costo</p>	<p>Pueden presentar una sensibilidad temporal baja.</p> <p>A veces son difíciles de cuantificación.</p> <p>Las técnicas de estandarización son complicadas.</p> <p>Sin validez para estudios de flujos.</p> <p>Dificultad para utilizar en aguas subterráneas.</p>

(Fuente: Jaramillo, 2002).

Teniendo en cuenta la **Tabla 1**, ¿qué propuesta elegiría para obtener una relación costo-beneficio un menor tiempo, teniendo en cuenta que debe realizar varios muestreos durante el periodo de tres meses? Justifique su respuesta.

Respuesta: _____

4. Cuestionamiento.

Trocha fronteriza golpeó biodiversidad acuática del río San Juan en Nicaragua, concluye estudio internacional.

Link de acceso: <https://www.ameliarueda.com/nota/trocha-biodiversidad-acuatica-rio-san-juan-estudio-noticias-costa-rica>

Adaptado de Rodriguez, Sebastian. (2020). Trocha fronteriza golpeó biodiversidad acuática del río San Juan en Nicaragua, concluye estudio internacional. Ameliarueda.com. <https://www.ameliarueda.com/nota/trocha-biodiversidad-acuatica-rio-san-juan-estudio-noticias-costa-rica>

Teniendo en cuenta la noticia anterior, ¿Qué estrategias o pasos a seguir propone usted para alcanzar una solución a esta problemática?

Respuesta: _____

5. Cuestionamiento.

Lea con atención las siguientes premisas:

1. Imagine que usted ha observado y recolectado diversas muestras de agua de cinco ríos diferentes, el primero es el río de **Tomo** en el cual a simple vista se observa que la superficie del agua se ve oscura y con sedimentos, mientras que en los ríos llamados (**Inírida, Pauto, Sogamoso, Saldaña**) el agua se ve cristalina.

2. Un colega le proporciona la siguiente información, que si en las muestras de agua logra identificar la familia *Perlidae* y *Oligoneuriidae*, las cuales con familias sensibles a la contaminación su presencia nos indica la buena calidad de ese río, mientras que si encuentra en la muestra de agua a la familia *Tubificidae* esta nos indica la mala calidad del río.
3. Después de su observación, análisis y clasificación de las familias de los insectos acuáticos que encontró en los ríos, se evidencio que en el río **Tomo** logro encontrar algunas especies pertenecientes a la familia *Tubificidae*, por otro lado en los ríos llamados **Inírida, Pauto, Sogamoso, Saldaña** halló especies pertenecientes a la familia *Perlidae* y *Oligoneuriidae*.

Teniendo en cuenta las premisas anteriores, ¿qué conclusión podría realizar?

Respuesta: _____

6. Cuestionamiento.

En un caso hipotético a usted lo contratan para inspeccionar un punto de monitoreo de agua, que se encuentra ubicado en el barrio San Benito de la ciudad de Bogotá, en donde en las zonas aledañas al río se lleva a cabo actividades de curtiembre. Al llegar e inspeccionar el lugar usted evidencia que varias familias que desempeñan esta actividad arrojan residuos de la curtiembre al río, su tarea además de inspeccionar, es llegar a algún tipo de acuerdo con las familias o buscar un plan de manejo adecuado para estos residuos. Su jefe lo llama y usted lo pone al tanto de la situación, él le pide que llegue a algún tipo de acuerdo con las familias para que busquen alternativas para emplear sustancias que no contaminen el río. Para esto usted habla con la primera familia, la segunda, la tercera y hasta una cuarta familia; para darse cuenta de que ellos desconocen e ignoran el daño que le causan al medio ambiente.

Teniendo en cuenta la situación planteada anteriormente.

De qué argumentos se valdría usted, partiendo del conocimiento que tiene sin consultar fuentes externas. Para poderles explicar a estas familias con argumentos válidos y sean de fácil comprensión para ellos, de los efectos que tienen las sustancias que emplean en la curtiembre sobre la fauna y flora, y la población aledaña al río en cuestión.

Respuesta: _____

Bibliografía.

Rodríguez, S. (2020). *Trocha fronteriza golpeó biodiversidad acuática del río San Juan en Nicaragua, concluye estudio internacional*. Ameliarueda.com. <https://www.ameliarueda.com/nota/trocha-biodiversidad-acuatica-rio-san-juan-estudio-noticias-costa-rica>

Jaramillo, J. (2002). *Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. https://www.researchgate.net/publication/234571353_Importancia_de_los_macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_de_la_calidad_del_agua

RÚBRICA: PRUEBA DIAGNÓSTICA

ESCALA	SUBESCALAS	PREGUNTA	MUY ALTO	ALTO	BÁSICO	BAJO
Habilidades del pensamiento crítico	Razonamiento deductivo de tipo proposicional	<p>Cuestionamiento 1.</p> <p>¿Considera usted que el pensamiento de Carlos es correcto? Si/no, justifique su respuesta.</p>	<p>Logra realizar la negación del antecedente de forma correcta, empleando la relación entre la premisa condicional y premisa de negación del consecuente y la conclusión dada.</p> <p>Y justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación.</p>	<p>Logra realizar la negación del antecedente de forma correcta, empleando la relación entre la premisa condicional y premisa de negación del consecuente y la conclusión dada.</p> <p>Pero no justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación.</p>	<p>No logra realizar la negación del antecedente de forma correcta, empleando la relación entre la premisa condicional y premisa de negación del consecuente y la conclusión dada.</p> <p>Pero si justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación.</p>	<p>No logra realizar la negación del antecedente de forma correcta, empleando la relación entre la premisa condicional y premisa de negación del consecuente y la conclusión dada.</p> <p>No justifica con el razonamiento adecuado a la situación.</p>

	<p>Razonamiento deductivo de tipo categórico</p>	<p>Cuestionamiento 2.</p> <p>Teniendo en cuenta las premisas anteriores, ¿qué conclusión podría realizar?</p>	<p>Logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y la otra proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara y coherente.</p>	<p>Logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y la otra proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Se expresa de forma clara, pero hay alguna incoherencia en su argumento.</p>	<p>No logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y la otra proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Pero da un argumento válido para la conclusión realizada.</p>	<p>No logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y la otra proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Adicionalmente no se expresa de forma clara y coherente.</p>
--	--	---	--	---	---	--

	<p>Toma de decisiones</p>	<p>Cuestionamiento 3.</p> <p>¿Qué propuesta elegiría para obtener una relación costo-beneficio en un menor tiempo, teniendo en cuenta que debe realizar varios muestreos durante el periodo de tres meses? Justifique su respuesta.</p>	<p>Logra emplear sus conocimientos previos.</p> <p>Logra emplear la información suministrada.</p> <p>Logra elegir el método adecuado.</p> <p>Los argumentos respaldan adecuadamente su elección.</p>	<p>Logra emplear la información suministrada,</p> <p>Logra realizar la elección adecuada.</p> <p>Pero hay pocos argumentos a favor de su elección.</p> <p>No incorpora conocimientos previos.</p>	<p>No incorpora conocimientos previos.</p> <p>No implementa de manera adecuada la información suministrada.</p> <p>El método elegido no es el adecuado.</p> <p>Se dan argumentos, pero no son aplicables para este caso en específico.</p>	<p>No incorpora conocimientos previos.</p> <p>No incorpora la información suministrada.</p> <p>El método elegido no es el adecuado.</p> <p>No se dan argumentos válidos, los cuales no respaldan la elección realizada.</p>
--	---------------------------	---	--	---	--	---

	<p>Solución de problemas / Evaluación y Fiabilidad de la información</p>	<p>Cuestionamiento 4.</p> <p>¿Qué estrategias o pasos a seguir propone usted para alcanzar una solución a esta problemática?</p>	<p>Realiza la identificación de la problemática s que se presenta.</p> <p>Plantea una estrategia o pasos a seguir con el fin de llegar a una posible solución del problema.</p> <p>Analiza y cuestiona la información suministrada.</p>	<p>Realiza la identificación de la problemática s que se presenta,</p> <p>Plantea una solución, sin indicar una estrategia o pasos a seguir especificados .</p>	<p>Se salta la identificación de la problemática, en su argumento</p> <p>Solo propone una solución general.</p> <p>o</p> <p>Identifica la problemática, pero no propone una solución clara.</p>	<p>No logra identificar la problemática s que se presenta, y tampoco plantea una estrategia o pasos a seguir en busca de una solución adecuada o eficaz.</p>
--	--	--	---	---	---	--

	<p>Razonamiento inductivo-causal</p>	<p>Cuestionamiento 5.</p> <p>Teniendo en cuenta las premisas anteriores, ¿qué conclusión podría realizar?</p>	<p>Logra realizar la conexión causal de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Además su argumento es coherente y claro.</p> <p>Incorpora conocimientos previos.</p>	<p>Incorpora algunas de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Incorpora conocimientos previos.</p>	<p>Realiza una conclusión acorde a la temática expuesta empleando conocimientos previos.</p> <p>No logra incorporar la conexión causal de las premisas en su argumento.</p>	<p>No logra realizar la conexión causal de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Ni tampoco tiene una buena fundamentación la argumentación realizada.</p>
--	--------------------------------------	---	--	---	---	---

	<p>Razonamiento práctico</p>	<p>Cuestionamiento 6.</p> <p>De qué argumentos se valdría usted, partiendo del conocimiento que tiene sin consultar fuentes externas. Para poderles explicar a estas familias con argumentos válidos y sean de fácil comprensión para ellos, de los efectos que tienen las sustancias que emplean en la curtiembre sobre la fauna y flora, y la población aledaña al río en cuestión.</p>	<p>Se evidencia en su argumentación:</p> <p>- Identificación de la problemática.</p> <p>Menciona de forma coherente y clara causas y varias consecuencias de las acciones de las familias sobre el afluente.</p> <p>Además propone acciones para mejorar el daño ambiental de la zona y del afluente.</p>	<p>Se evidencia en su argumentación:</p> <p>- Identificación de la problemática.</p> <p>Menciona de forma coherente y clara causas y varias consecuencias de las acciones de las familias sobre el afluente.</p>	<p>Se evidencia en su argumentación:</p> <p>- Identificación de la problemática.</p> <p>Por otro lado no se realiza aportaciones claras causas y varias consecuencias de las acciones de las familias sobre el afluente.</p>	<p>No contempla los siguientes aspectos en su argumentación:</p> <p>No realiza la identificación de la problemática.</p> <p>No menciona de forma coherente y clara causas y varias consecuencias de las acciones de las familias sobre el afluente.</p> <p>No propone acciones para mejorar el daño ambiental de la zona y del afluente.</p>
--	------------------------------	---	---	--	--	--

B. Anexo: Instrumento 1. Actividades problema-fomentando el pensamiento crítico.

FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Tesista	Robledo Beltrán Tania Alexandra
Directora	Gómez Aguilar Dora Luz
Universidad Pedagógica Nacional. Docente en formación Licenciatura en Química. Facultad de Ciencia y Tecnología.	
2021-II	

Nombre del estudiante: _____ Fecha: __/__/____

ACTIVIDADES PROBLEMA: FOMENTANDO EL PENSAMIENTO CRÍTICO

Cuestionamiento 1.

Para este apartado primero debe leer a detalle la siguiente noticia de la revista el tiempo versión online.

Link de acceso: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/conclusiones-del-estudio-sobre-la-calidad-del-agua-en-colombia-600994>

En un caso hipotético donde dependiera únicamente de su decisión, determinar y evaluar la calidad de un río X ubicado en su comunidad cuáles de las siguientes opciones elegiría emplear:

A) Métodos físico-químicos

- B) Técnica de macroinvertebrados acuáticos
- C) Métodos físico-químicos y como complemento la técnica de macroinvertebrados acuáticos

Elija algunas de las tres opciones anteriores, y argumente su elección.

Respuesta: _____

Cuestionamiento 2.

Lea con atención las siguientes premisas:

- a. Una microalga como el fitoplancton puede ser empleado como un bioindicador de la calidad del agua.
- b. Así mismo, los macroinvertebrados acuáticos pueden emplearse como un bioindicador de la calidad del agua.
- c. También los peces pueden utilizarse como un bioindicador de la calidad del agua.

Teniendo en cuenta las premisas anteriores, ¿qué conclusión podría realizar?

Respuesta: _____

Cuestionamiento 3.

Imagine que lo contratan para vigilar y supervisar a un grupo de trabajo que va a recolectar muestras de macroinvertebrados en la amazonia central.

A continuación, suponga que este es el grupo que usted está observando y vigilando, cómo calificaría la correcta vestimenta que llevan las tres personas de la imagen siguiente:

Imagen 1

Equipo de muestreo de macroinvertebrados acuáticos ubicado en la amazonia central.



Tomado de: <https://www.greenteach.es/urbanizacion-macroinvertebrados-acuaticos/>

Tabla 1

Calificación de la indumentaria pertinente para un muestreo de macroinvertebrados acuáticos

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
EXCELENTE	Llevan puesto toda la indumentaria (objetos de protección personal)

	adecuada para este tipo de muestreos.
ACEPTABLE	Les falta algunos (objetos de protección personal) en su indumentaria, para este tipo de muestreos.
DEFICIENTE	No cuenta con ninguno de los (objetos de protección personal), para este tipo de muestreos.

(Fuente: Autor).

Teniendo en cuenta la Tabla 1, indique que calificación le otorgaría al grupo de la imagen y argumente su respuesta.

Respuesta: _____

Cuestionamiento 4.

Lea con atención las siguientes premisas:

- Se puede afirmar que los organismos señalados como A, B, C, D, E, F y G, hacen parte de una red trófica acuática (ver imagen 2).
- En específico en la familia *Chironomidae* pertenece al grupo trófico de colector y raspador, mientras que la familia *Culicidae* pertenece al grupo trófico de colector y filtrador.
- Las familias *Chironomidae* y *Culicidae* tienen un puntaje de dos para el índice biológico (BMWP/Col).

Visualice y lea la información suministrada por la Imagen 2.

Imagen 2

Biodiversidad presente en un río (grupos tróficos y fuente de alimento).



Imagen del fondo adaptada de: <https://www.20minutos.es/noticia/1922601/0/>

Con base a la Imagen 2 y a las premisas propuestas, ¿qué conclusión podría realizar?

Respuesta:

Cuestionamiento 5.

Escenario hipotético.

- a. Tenga en cuenta la imagen 2 en donde la persona que estaba realizando el muestreo y recolección de macroinvertebrados acuáticos de un punto en específico del río Cantabria, en donde hipotéticamente obtuvo las familias siguientes:

Culicidae, Tipulidae, Tubificidae, Aeshnidae, Pyralidae, Empididae. Glossiphoniidae, Shaeridae, Physidae, Coenagrionidae.

Nota: (ver tabla actualizada de Roldan) del índice biológico (BMWP/Col) la cual se encuentra en el taller aplicativo de BMWP/Col. Cabe destacar que este muestro se realizó durante varios días en el mes de Mayo.

- b. Se podría esperar según las familias encontradas en el mes de Mayo en el río Cantabria, que si la persona vuelve realizar el muestreo y recolección de macroinvertebrados acuáticos entre dos y tres meses después, encontrara las mismas familias o podría encontrar familias pertenecientes al puntaje 10 y 9 (ver tabla actualizada de Roldan) del índice biológico (BMWP/Col).

Partiendo del caso hipotético anterior, analice la situación expuesta en ambos apartados e indique a **¿qué conclusión podría llegar?** Tenga en cuenta la integración del espacio y tiempo de los muestreos, y la posibilidad de si están ocurriendo o no afectaciones antrópicas en el lugar de estudio según las familias encontradas.

Respuesta:

Cuestionamiento 6.

Visualice y detalle la imagen siguiente:

Imagen 3

Punto de monitoreo del río Asunción



Tomado de:
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=5637>

diferentes sustancias producto de las actividades antrópicas de la zona).

Como se evidencia en la imagen 3 el punto de estudio se llevan a cabo actividades antrópicas cercanas al afluente las cuales tienen impacto sobre el río Asunción, especies que dependen de algún modo del río ya sean para alimentarse o tomar agua del afluente, y también puede desencadenar una gran variedad de enfermedades a la población aledaña, con solo tomar de esta agua (partiendo del supuesto de que está contaminada con

Suponga que usted ha sido contratado en la escuela de la imagen anterior, en donde usted trabajara con cuatro profesores uno encargado de la asignatura de biología,

otro de español, otro de física y el último de artística, su **grupo de trabajo** es el encargado de modificar el **Proyecto Ambiental Escolar (PRAE)**, para lo cual a usted se le ocurre una idea de integrar la parte teórica y el laboratorio desde su saber docente (incorporando el conocimiento construido desde la asignatura del énfasis disciplinar I y II), y el trabajo interdisciplinar de los demás docentes.

Su idea es mostrarle a la “comunidad” (estudiantes y docentes de la escuela, habitantes de la zona), con una especie de capacitaciones en conjunto (con su equipo de trabajo de profesores) mostrar cómo realizar ciertas pruebas físicas y químicas sencillas del río Asunción (para esto haga de cuenta que se comunica con alguna corporación o fundación y le facilitaran los equipos e instrumentos necesarios para esto). Y quiere complementar su trabajo con el uso de macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad del río Asunción.

Pero se le presenta la siguiente problemática los demás docentes no saben mucho de lo que usted quiere proponer, y además los otros docentes tienen otras ideas para realizar talleres complementarios desde el campo de acción de cada uno.

Responda a las siguientes preguntas:

6.1

- a) *¿Qué estrategia emplearía para capacitar de cierto modo a su equipo de trabajo, sobre la parte teórica y práctica, que necesitan saber para realizar pruebas fisicoquímicas en el río Asunción para determinar la calidad del agua y la sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores biológicos? Teniendo en cuenta que una vez capacitados le podrán ayudar a usted con las capacitaciones que realizará a la comunidad.*

Respuesta:

6.2

- b) *¿Qué actividad realizaría a modo de taller o capacitación hacia la comunidad?, la cual sea planteada desde un punto de vista interdisciplinar, es decir que se van involucrados algunos o todos los docentes de la asignatura de biología, física, español, y artística.*

Respuesta:

Bibliografía.

Reyes, S. (2021). *ENA: datos para medir la calidad del agua en el país son insuficientes*. Revista El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/conclusiones-del-estudio-sobre-la-calidad-del-agua-en-colombia-600994>

Aldariz, I. (2018). *Efectos de la urbanización sobre macroinvertebrados acuáticos en Amazonia central*. [Página web]. <https://www.greenteach.es/urbanizacion-macroinvertebrados-acuaticos/>

Carrera, C. Fierro, K. (2001). *Manual de biomonitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores del agua*. Ecociencia. Quito. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

**RÚBRICA: ACTIVIDADES PROBLEMA- FOMENTANDO EL PENSAMIENTO
CRÍTICO**

ESCALA	SUBES CALAS	PREGUNTA	MUY ALTO	ALTO	BÁSICO	BAJO
---------------	------------------------	-----------------	-----------------	-------------	---------------	-------------

<p>Habilidades del pensamiento crítico</p>	<p>Toma de decisiones / Razonamiento práctico-argumentación</p>	<p>Cuestionamiento 1.</p> <p>Elija algunas de las tres opciones anteriores, y argumente su elección.</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Realiza la elección del método adecuado para el caso propuesto.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente su elección, teniendo en cuenta al contexto de la situación planteada en la noticia suministrada.</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Tiene o no en cuenta la información suministrada.</p> <p>Realiza la elección del método más o menos adecuado para el caso propuesto.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan su elección, pero hay alguna incoherencia en sus fundamentos.</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>No tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Realiza la elección del método no adecuado para el caso propuesto.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan a cabalidad su elección.</p>	<p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>No tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>No realiza la elección del método adecuado para el caso propuesto.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan a cabalidad su elección.</p>
--	---	--	---	--	---	--

	<p>Razonamiento inductivo-causal</p>	<p>Cuestionamiento 2.</p> <p>Teniendo en cuenta las anteriores premisas, ¿qué conclusión podría realizar?</p>	<p>Logra realizar la conexión entre las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Además su argumento es coherente y claro.</p> <p>Incorpora los conocimientos construidos durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p>	<p>Incorpora algunas de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Incorpora los conocimientos construidos durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p>	<p>Realiza una conclusión acorde a la temática expuesta empleando conocimientos previos.</p> <p>No logra incorporar la conexión entre las premisas en su argumento.</p>	<p>No logra realizar la conexión causal de las premisas, para fundamentar la conclusión realizada.</p> <p>Ni tampoco tiene una buena fundamentación la argumentación realizada.</p>
--	--------------------------------------	---	--	---	---	---

	<p>Toma de decisiones, Razonamiento práctico</p>	<p>Cuestionamiento 3.</p> <p>Teniendo en cuenta la tabla 1, indique que calificación le otorgaría al grupo de la imagen y argumente su respuesta.</p>	<p>Tiene en cuenta la tabla de clasificación suministrada.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Realiza la elección teniendo en cuenta la imagen proporcionada.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente su elección.</p>	<p>Tiene en cuenta la tabla de clasificación suministrada.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Realiza la elección teniendo en cuenta la tabla proporcionada, pero ignora cierta información que proporciona la imagen.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente su elección.</p>	<p>Tiene en cuenta la tabla de clasificación suministrada.</p> <p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Realiza la elección teniendo en cuenta la tabla proporcionada, pero ignora cierta información que proporciona la imagen.</p> <p>Y por último carece de argumentos que respalden su elección.</p>	<p>No tiene en cuenta la tabla de clasificación suministrada.</p> <p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>No realiza la elección teniendo en cuenta la imagen o tabla proporcionada.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan adecuadamente su elección.</p>
--	--	---	---	--	---	---

	Razonamiento deductivo de tipo categórico	<p>Questionamiento 4.</p> <p>Con base a la imagen 2 y a las premisas propuestas, ¿qué conclusión podría realizar?</p>	<p>Logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Propone una relación entre las premisas y la imagen 2.</p> <p>Tiene en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado.</p> <p>Adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara y coherente.</p>	<p>Logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>Propone una relación entre las premisas y la imagen 2.</p> <p>Tiene en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado.</p> <p>Adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara, pero hay alguna incoherencia en él.</p>	<p>Logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>No contempla la relación entre las premisas y la imagen 2.</p> <p>Tiene en cuenta la clasificación (grupos tróficos) suministrado.</p> <p>Adicionalmente los argumentos se expresan de forma clara, pero hay alguna incoherencia en él.</p>	<p>No logra realizar la relación de las premisas (una de tipo general y dos de tipos proposicional problemática) , para lograr inferir una adecuada conclusión.</p> <p>No propone una relación entre las premisas y la imagen 2.</p> <p>No tiene en cuenta la clasificación suministrada.</p> <p>Adicionalmente los argumentos no se expresan de forma clara y coherente.</p>
--	---	---	---	---	---	---

	Razonamiento deductivo de tipo proposicional	<p>Questionamiento 5.</p> <p>Partiendo del caso hipotético anterior, analice la situación expuesta en ambos apartados e indique a ¿qué conclusión podría llegar? Tenga en cuenta la integración del espacio y tiempo de los muestreos, y la posibilidad de si están ocurriendo o no afectaciones antrópicas en el lugar de estudio según las familias encontradas.</p>	<p>Tiene en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el apartado b condicional, para su respuesta.</p> <p>Para su argumento emplea el cálculo del índice BMWP/Col.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Y justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación hipotética.</p>	<p>Tiene en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el apartado b condicional, para su respuesta.</p> <p>Para su argumento no emplea el cálculo del índice BMWP/Col.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Y justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación hipotética.</p>	<p>No tiene en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el apartado b condicional, para su respuesta.</p> <p>Para su argumento no emplea el cálculo del índice BMWP/Col.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>Tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan a cabalidad su respuesta.</p>	<p>No tiene en cuenta en el escenario hipotético la negación del antecedente (apartado a) que se presenta, adicionalmente emplea el apartado b condicional, para su respuesta.</p> <p>Para su argumento no emplea el cálculo del índice BMWP/Col.</p> <p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante las intervenciones realizadas en este trabajo.</p> <p>No tiene en cuenta la información suministrada.</p> <p>Y no justifica la respuesta con el razonamiento adecuado a la situación hipotética.</p>
--	--	--	---	--	---	--

--	--	--	--	--	--	--

	Solución de problemas	<p>Questionamiento 6.</p> <p>6.1</p> <p>a) ¿Qué estrategia emplearía para capacitar de cierto modo a su equipo de trabajo, sobre la parte teórica y práctica, que necesitan saber para realizar pruebas fisicoquímicas en el río Asunción para determinar la calidad del agua y la sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores biológicos?</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso.</p> <p>Realiza la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad.</p> <p>Se plantea una excelente estrategia que contempla varios aspectos importantes y es óptima para el caso que se plantea.</p> <p>Plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso.</p> <p>Realiza la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad.</p> <p>Falta fortalecer el tipo de una estrategia que se plantea.</p> <p>Plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso.</p> <p>Realiza la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad.</p> <p>La estrategia que plantea nos es la más idónea para el caso que se plantea.</p> <p>No plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso.</p> <p>No realiza la identificación de la problemáticas que se presenta en la comunidad.</p> <p>La estrategia que plantea no tiene nada que ver con caso que se plantea.</p> <p>No plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>
--	-----------------------	---	--	--	--	---

	<p>Toma de decisiones</p>	<p>6.2</p> <p>b) ¿Qué actividad realizaría a modo de taller o capacitación hacia la comunidad?, la cual sea planteada desde un punto de vista interdisciplinar, es decir que se van involucrados algunos o todos los docentes de la asignatura de biología, física, español, y artística.</p>	<p>Las actividades que plantean tienen en cuenta la parte interdisciplinar y la integración de la comunidad.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general.</p> <p>Plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>Falta fortalecer el tipo de una estrategia que se plantea.</p> <p>Logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general.</p> <p>Plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>La estrategia que planea no es la más idónea para el caso que se plantea.</p> <p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general.</p> <p>Plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>	<p>La estrategia que planea no tiene nada que ver con caso que se plantea.</p> <p>No logra emplear el conocimiento que ha construido durante el curso y su carrera en general.</p> <p>No plantea el uso de material audiovisual u otro material de apoyo.</p>
--	---------------------------	---	---	--	--	---

C. Anexo: Instrumento 2. Taller aplicativo del indica biológico BMWP/Col.

**FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA
CALIDAD DEL AGUA**

Tesista	Robledo Beltrán Tania Alexandra
Directora	Gómez Aguilar Dora Luz
Universidad Pedagógica Nacional. Docente en formación Licenciatura en Química. Facultad de Ciencia y Tecnología.	
2021-II	

**TALLER APLICATIVO: INDICE BIOLOGICO- BIOLOGICAL MONITORING
WORKING PARTY (BMWP/COL)**

Nombre del estudiante: _____

A continuación se le presenta un punto de monitoreo, tenga en cuenta las siguientes tablas para completar el taller.

Tabla 1. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos par el índice

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

BMWP/Col.

Fuente: (Roldan, 2016).

Tabla 2. Mapas de calidad biológica del agua.

Calidad	Valor del BMWP/Col	Significado	Color cartográfico
Buena	Mayor 150	Aguas muy limpias	Azul
	101-120	Aguas no contaminadas	
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
Muy critica	Menor a 15	Aguas fuertemente contaminadas Situación critica	Rojo

Fuente: (Castaño, J. y Quintana, C., 2016).

**Tabla actualizada de puntajes de la familia de macroinvertebrados acuáticos
para el índice BMWP/Col**

Familias	Puntaje
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Tricorythidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Gerromorpha Veliidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae, Elmidae, Polycentropodidae, Tricorythidae, Polycentropodidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Turbellaria, Belostomidae</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	

	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Hirudinea</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

(Fuente: Autor).

CASO DE ESTUDIO

APARTADO A

Breve descripción: En este caso se llevó a cabo este estudio en la cuenca El Tabor la cual se halla ubicada principalmente en las veredas El Tabor y Vallejuelos, a unos cuantos minutos del centro urbano del municipio de San Carlos. Cuenca el tabor municipio de San Carlos, se realizó el muestreo en la zona alta, media y baja de la cuenca.

Resultados del punto de monitoreo.

A continuación complete las tres tablas siguientes con el puntaje que le corresponde y además haga el cálculo total del BMWP, también indique la calidad, clase, calidad, significado y color como se indica en cada tabla.

Tabla 1*Punto de la zona alta*

<i>Índice BMWP/Col Zona Alta</i>	
Familia	Puntaje de Tolerancia
Calamoceratidae	
Perlidae	
Leptophlebiidae	
Corydalidae	
Psephenidae	10
Turbellaria	
Baetidae	
Elmidae	
Polycentropodidae	
Leptoceridae	
Tricorythidae	
Hydrobiosidae	
Belostomidae	

Gerromorpha Veliidae	8
Leptoceridae	
Gerridae	
Coenagrionidae	
Total puntaje BMWP/Col:	
CLASE:	
CALIDAD:	
SIGNIFICADO:	
COLOR	

Tabla 2*Punto de la zona media*

<i>Índice BMWP/Col Zona Media</i>	
Familia	Puntaje de Tolerancia
Baetidae	
Euthyplociidae	9

Calopterygidae	
Gomphidae	
Naucoridae	
Guerridae	
Saldidae	
Veliidae	
Belostomatidae	5
Corydalidae	
Physidae	
Helicopsychidae	
Leptoceridae	
Hydrobiosidae	
Psephenidae	
Coenagrionidae	
Total puntaje BMWP/Col:	

CLASE:	
CALIDAD:	
SIGNIFICADO:	
COLOR:	

Tabla 3*Punto de la zona baja*

<i>Índice BMWP/Col Zona Media</i>	
Familia	Puntaje de Tolerancia
Gerridae	
Gerromorpha Veliidae	8
Naucoridae	
Calopterygidae	
Libellulidae	
Perlidae	
Helicopsychidae	
Leptoceridae	

Calamoceratidae	
Polycentropodidae	
Planorbiidae	
Planariidae	
Corydalidae	
Total puntaje BMWP/Col:	
CLASE:	
CALIDAD:	
SIGNIFICADO:	
COLOR:	

APARTADO B

-Consulte fuentes de información confiables y complete la Tabla 4.

Tabla 4

Macroinvertebrados de la familia Naucoridae, Perlidae y Tubificidae, imagen, taxonomía y hábitat.

IMAGEN	TAXONOMIA	HABITAT EN EL QUE SE ENCUENTRA
Descripción:	<p>Orden: <i>Hemiptera</i></p> <p>Familia: <i>Naucoridae</i></p> <p>Género: <i>Hleocoris spinipes</i></p>	
Descripción:	<p>Orden: <i>Plecóptera</i></p> <p>Familia: <i>Perlidae</i></p> <p>Género: <i>Anacroneuria</i></p>	
Descripción:	<p>Familia: <i>Tubificidae</i></p>	

Nota: en el apartado de imagen busque una correspondiente al género o familia de las dos primeras columnas y para la tercera columna una correspondiente a familia. En la descripción mencione la forma (es redondeado, avalado, alargado, espiralado), si tiene antenas (cuántas tiene 10, 8, 6) o por el contrario no tiene patas, tiene o no antenas, si tiene (cabeza, tórax, abdomen). Fuente: (Autor).

Bibliografía.

Castaño, Y., y Quintana, L. (2016). Análisis comparativo de la calidad del agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la parte alta, media y baja de la quebrada el tabor en el municipio de San Carlos – Antioquia.

<https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tda/312/TRABAJO%20DE%20GRADO%2C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

RÚBRICA: TALLER APLICATIVO BMWP/COL

ESCALA	SUBES CALAS	ACTIVIDAD	MUY ALTO	ALTO	BASICO	BAJO

Habilidades del pensamiento crítico	Evaluación de la información	<p>Apartado A.</p> <p>A continuación complete las tres tablas siguientes con el puntaje que le corresponde y además haga el cálculo total del BMWP, también indique la calidad, clase, calidad, significado y color como se indica en cada tabla.</p>	<p>Compara y contrasta lo explicado en clase, con el ejercicio práctico.</p> <p>Logra completar correctamente e según los resultados obtenidos los ítems de clasificación de la calidad biológica del agua (BMWP/Col)</p> <p>Incorpora el material suministrado.</p> <p>Analiza la información suministrada</p>	<p>Compara y contrasta lo explicado en clase, con el ejercicio práctico.</p> <p>Tiene algunos errores en los resultados obtenidos los ítems de clasificación de la calidad biológica del agua (BMWP/Col)</p> <p>Incorpora el material suministrado.</p>	<p>NO compara y contrasta lo explicado en clase, con el ejercicio práctico.</p> <p>Tiene algunos errores en los resultados obtenidos los ítems de clasificación de la calidad biológica del agua (BMWP/Col)</p> <p>No emplea adecuadamente el material suministrado.</p>	<p>No logra comparar y contrastar lo explicado en clase, con el ejercicio práctico.</p> <p>No logra completar correctamente e según los resultados obtenidos los ítems de clasificación de la calidad biológica del agua (BMWP/Col)</p> <p>No incorpora el material suministrado.</p>
-------------------------------------	------------------------------	---	---	---	--	---

<p>Habilidades del pensamiento crítico</p>	<p>Elaborar un juicio sobre la fiabilidad de la información</p>	<p>Apartado B.</p> <p>Consulte fuentes de información confiables y la complete la Tabla 4.</p>	<p>Buscar y elegir fuentes de información confiables.</p> <p>Referencia la información e imágenes debidamente.</p> <p>Proporciona la información que se le solicitada completa.</p>	<p>Buscar y elegir fuentes de información confiables.</p> <p>Referencia la información e imágenes debidamente.</p> <p>Proporciona la información que se le solicitada incompleta.</p>	<p>Buscar y elegir fuentes de información confiables.</p> <p>No realiza las referencias adecuadamente de la información e imágenes empleadas.</p> <p>Proporciona la información que se le solicitada incompleta.</p>	<p>Buscar y elegir fuentes de información confiables.</p> <p>No realiza las referencias de la información empleada.</p> <p>Proporciona la información que se le solicitada completa.</p>
--	---	--	---	---	--	--

D. Anexo: Instrumento 3. Simulación: Trabajo de campo y normatividad Colombiana.

FOMENTAR HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CRÍTICO: ENSEÑANZA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Tesista	Robledo Beltrán Tania Alexandra
Directora	Gómez Aguilar Dora Luz
Universidad Pedagógica Nacional. Docente en formación Licenciatura en Química. Facultad de Ciencia y Tecnología.	
2021-II	

SIMULACIÓN: TRABAJO DE CAMPO Y NORMATIVIDAD COLOMBIANA

Integrantes -grupo 1	
-------------------------	--

Elaboración por grupos de trabajo.

APARTADO A

Primeramente lea cómo se usa el “Leaf Pack Network Simulation” para lo cual se le suministro un manual con las instrucciones pertinentes para usar la simulación.

La simulación que va a emplear se encuentra en la siguiente página.

Link de acceso al simulador	https://leafpacknetwork.org/virtual-stream-study/?fbclid=IwAR2MoWagi0gkq_U2UQIVuTQ-YCLvx2n49ysnxAhSQ7ltIVnxcJyPIDcirbl
-----------------------------	---

Recuerde si tiene alguna duda mire el instructivo que se le proporciono.

1. Paso: después de revisar el manual de instrucciones y familiarizarse con la simulación, proceda a realizar todos los pasos que se le indican en el instructivo con los escenarios (stream A, C y D).
2. Paso: complete las siguientes tablas con los pantallazos pertinentes obtenidos de la simulación.

STREAM A

Tabla 1

Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de hábitat.

STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS
A	<p>Imagen sección 1: características primarias.</p> <p>Imagen sección 2: características secundarias.</p>

--	--

Tabla 2

Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream A: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.		
Imagen o pantallazo.		
Resultados de la clasificación realizada en la sección 1	Resultados de la clasificación realizada en la sección 2	Resultados de la clasificación realizada en la sección 3
Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.
Resultados obtenidos en la sección 4, <i>Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.</i>		
Imagen o pantallazo.		

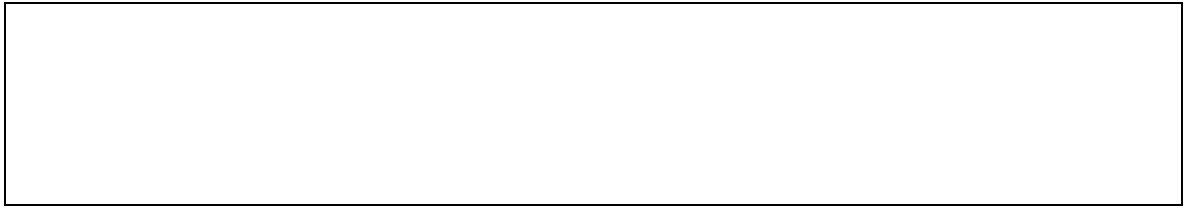


Tabla 3

Resultados obtenidos en el stream A, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
Resultados prueba nitratos	Resultados prueba de turbiedad	Resultados prueba de oxígeno disuelto
Tabla resumen de todos los resultados de las pruebas químicas		

STREAM C

Tabla 4

Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de hábitat.

STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS

A	<p>Imagen sección 1: características primarias.</p> <p>Imagen sección 2: características secundarias.</p>
---	---

Tabla 5

Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream C: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.		
Imagen o pantallazo.		
Resultados de la clasificación realizada en la sección 1	Resultados de la clasificación realizada en la sección 2	Resultados de la clasificación realizada en la sección 3
Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.

Resultados obtenidos en la sección 4, <i>Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.</i>		
Imagen o pantallazo.		

Tabla 6

Resultados obtenidos en el stream C, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
Resultados prueba nitratos	Resultados prueba de turbiedad	Resultados prueba de oxígeno disuelto
Tabla resumen de todos los resultados de las pruebas químicas		



STREAM D

Tabla 7

Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de hábitat.

STREAM	IMÁGENES O PANTALLAZOS
A	<p>Imagen sección 1: características primarias.</p> <p>Imagen sección 2: características secundarias.</p>

Tabla 8

Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de macroinvertebrados.

Stream D: Macroinvertebrados encontrados en el afluente.
Imagen o pantallazo.

Resultados de la clasificación realizada en la sección 1	Resultados de la clasificación realizada en la sección 2	Resultados de la clasificación realizada en la sección 3
Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.	Imagen o pantallazo.
Resultados obtenidos en la sección 4, <i>Índice de Tolerancia a la Contaminación o the Pollution Tolerance Index.</i>		
Imagen o pantallazo.		

Tabla 9

Resultados obtenidos en el stream D, sobre la pestaña de pruebas químicas.

Resultados prueba temperatura del aire	Resultados prueba temperatura del agua	Resultados prueba temperatura del pH
Resultados prueba nitratos	Resultados prueba de turbiedad	Resultados prueba de oxígeno disuelto

Stream C	Conclusión:	Consideraciones a mejorar:

APARTADO B: QUIZ


Para la siguiente actividad se le proporcionará la imagen de un macroinvertebrado, tenga en cuenta lo visto en clase (también el material enseñado y explicado en la fase 1), así mismo tendrá acceso a **un material de apoyo (Roldan, G. (2012).Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. CAR. Bogotá)**, en donde se ilustran a detalle con imágenes y descripciones cada familia e individuo pertenecientes a los puntajes 10,9,8,7,6,5,4,3,2 y 1 para el índice BMWP/Col. También puede consultar el material que considere necesario.

Para realizar la clasificación taxonómica compare la **imagen de referencia** que se le suministra con las imágenes del **material de apoyo**, tenga en consideración cada una de las características morfológicas que le pueda aportar la imagen de referencia y en hábitat en el que se encuentra el macroinvertebrado acuático.

Complete la tabla siguiente.

Tabla 11

Imagen de referencia de un macroinvertebrado acuático presente en los afluentes de Colombia.

Imagen de referencia	Clasificación taxonómica
 <p data-bbox="362 848 1016 884">Nota: tiene 6 patas, cabeza, tórax y abdomen.</p> <p data-bbox="345 947 1032 982">Hábitat: vive en fondos lodosos y aguas quietas.</p>	<p data-bbox="1092 386 1365 422">Descripción propia:</p> <p data-bbox="1092 680 1182 716">Clase:</p> <p data-bbox="1092 785 1190 821">Orden:</p> <p data-bbox="1092 890 1203 926">Familia:</p>
<p data-bbox="313 1085 1458 1171">Una vez realizada la clasificación taxonómica, especifique el puntaje que le corresponde a la imagen de referencia según el índice BMWP/Col ____.</p> <p data-bbox="362 1241 1458 1440">❖ Una vez tenga llena la tabla 11 realice una conclusión de cómo se encuentra la calidad del agua partiendo de un caso hipotético de que en una quebrada X, encontró a varios especímenes de la imagen de referencia y otras familias pertenecientes al mismo puntaje de la imagen de referencia (Tabla del autor Roldan).</p> <p data-bbox="410 1499 594 1535">Conclusión:</p>	

APARTADO C.

Normatividad colombiana referente a la calidad del agua.

Tenga en cuenta la siguiente información.

En cuanto al Decreto 2811 de 1974 referente al código de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio ambiente en el artículo 3 hace referencia a la terminología asociada con la preservación, manejo y cuidado del medio ambiente. Esta normativa en el título II del libro XII enfatiza en el manejo de áreas especiales, entre estas: cuencas hidrográficas, áreas donde se desarrollen actividades que involucren el uso y conservación del suelo y áreas destinadas a la recreación. Actualmente, las normas vigentes en Colombia para la calidad del agua para consumo están reguladas por la resolución 2115 de 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social. La tabla 3 presenta los datos de los límites permisibles de las variables fisicoquímicas y microbiológicas para la calidad de agua potable en Colombia (Gualdrón, L., 2016).

Para saber los valores máximos permitidos de los parámetros fisicoquímicos y del índice BMWP/Col de cuencas hidrográficas, visualizar la siguiente tabla:

Tabla 12

Estándares y criterios de calidad del agua según la normatividad colombiana y otras fuentes.

Parámetro	Decreto 1575 de 2007	Valor propuesto por Sierra, (2011)	Valor propuesto por Roldán, (2003)
Conductividad	1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$	-	X
pH	6,5 - 9	-	X
Nitrato	10 mg/L	-	X
Fosfato	0,5 mg/L	-	X
Coliformes fecales (CF)	0 UFC	10 UFC	X
Coliformes totales (CT)	0 UFC	450 UFC	X
Temperatura	-	< 35 °C	X
DQO	-	75 mg/L	X
DBO ₅	-	5 mg/L	X
O ₂ disuelto	-	> 4.0 mg/L	X
Sólidos disueltos totales (SDT)	-	< 100 mg/L	X
BMWP/Col			101 - 120 *

-: La referencia no menciona el parámetro.

X: No se considera un parámetro relevante en esta referencia.

*: Este rango corresponde a aguas muy limpias (referente usado).

Fuente: (Gualdrón, L., 2016).

Partiendo del supuesto de que en Colombia hay algunas zonas en donde la calidad del recurso hídrico es óptimo y otras zonas en donde la calidad es deplorable, en donde este se ve directamente afectado por las actividades antrópicas del sector cercano al afluente. Además, como ya se visualizó de forma breve existe una normatividad específica para el cuidado del recurso hídrico, en donde se establece unos valores específicos los cuales no se deben sobrepasar con el fin de evitar ciertas afectaciones a la comunidad (en términos de salud), a la flora y a la fauna como ya se ha estudiado en talleres anteriores.

Reflexione y analice desde su punto de vista colectivo (teniendo en cuenta que esto es un trabajo grupal), discutan y lleguen a un acuerdo de que creen que haga falta, sea necesario implementar o innovar para que esta normatividad se cumpla en Colombia y se logre cuidar el recurso hídrico de nuestro país. Justifique su respuesta.

Respuesta: _____

Nota aclaratoria.

Para este instrumento se armaron cuatro grupos de trabajo diferentes, los cuales trabajaron esta simulación de trabajo de campo de la siguiente manera: todos realizaron el mismo apartado A y C, pero en el Apartado B-quiz se planteó la misma actividad pero con un cambio en la imagen de referencia del macroinvertebrado acuático que debían identificar, se colocó una imagen diferente para cada grupo ubicado en específico tabla 11 del anexo D.

Como trabajo con los cinco grupos como se ilustra a continuación:



APARTADO B: QUIZ



Complete la tabla siguiente.

Tabla 11

Imagen de referencia de un macroinvertebrado acuático presente en los afluentes de Colombia.

Grupo de trabajo	Imagen de referencia	Clasificación taxonómica
------------------	----------------------	--------------------------

1	 <p data-bbox="553 688 1154 726">Nota: tiene 6 patas, cabeza, tórax y abdomen.</p> <p data-bbox="540 787 1167 825">Hábitat: vive en fondos lodosos y aguas quietas.</p>	<p data-bbox="1245 323 1398 405">Descripción propia.</p> <p data-bbox="1245 468 1328 499">Clase:</p> <p data-bbox="1245 562 1336 594">Orden:</p> <p data-bbox="1245 657 1349 688">Familia:</p>
2	 <p data-bbox="578 1589 1130 1627">Nota: tiene 6 patas, dos filamentos finales.</p> <p data-bbox="542 1688 1166 1726">Hábitat: vive debajo de piedras, troncos y hojas.</p>	<p data-bbox="1245 1045 1398 1127">Descripción propia:</p> <p data-bbox="1245 1283 1328 1314">Clase:</p> <p data-bbox="1245 1377 1336 1409">Orden:</p> <p data-bbox="1245 1472 1349 1503">Familia:</p>

3	 <p data-bbox="560 840 1149 919">Nota: tiene 6 patas, agallas en el abdomen, 3 filamentos terminales.</p> <p data-bbox="654 982 1055 1016">Hábitat: vive en aguas rápidas.</p>	<p data-bbox="1245 226 1401 310">Descripción propia:</p> <p data-bbox="1245 468 1328 501">Clase:</p> <p data-bbox="1245 562 1336 596">Orden:</p> <p data-bbox="1245 657 1349 690">Familia:</p>
4	 <p data-bbox="492 1640 1182 1673">Nota: tiene antenas, 6 patas, 3 filamentos terminales.</p>	<p data-bbox="1245 1075 1401 1159">Descripción propia:</p> <p data-bbox="1245 1316 1328 1350">Clase:</p> <p data-bbox="1245 1411 1336 1444">Orden:</p> <p data-bbox="1245 1505 1349 1539">Familia:</p>

	Hábitat: vive en residuos vegetales y adheridos a la vegetación.	
--	--	--

Bibliografía.

Gualdrón, L. (2016). *Evaluación de la calidad del agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos*. Revista Dinámica Ambienta, 1(1), p.6.

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>

RUBRICA: SIMULACIÓN-TRABAJO DE CAMPO Y NORMATIVIDAD COLOMBIANA

ESCALA	SUBES CALAS	PREGUNTA	MUY ALTO	ALTO	BÁSICO	BAJO
---------------	--------------------	-----------------	-----------------	-------------	---------------	-------------

Habilidades del pensamiento crítico	Toma de decisiones / Razonamiento práctico- argumentación	<p>Apartado A.</p> <p>Complete la tabla siguiente.</p> <p>Tabla 10. Conclusión del laboratorio-simulación y consideraciones a mejorar del escenario correspondiente.</p>	<p>Realizo la actividad completa.</p> <p>Realiza una conclusión experimental acorde a los resultados obtenidos en la simulación, en cada escenario correspondiente.</p> <p>Teniendo en cuenta los resultados de cada escenario propone acciones de mejora para el afluente como tratamientos químicos, biológicos, alternativos o avanzados para la mejora de los parámetros que se encuentre por encima de los valores permitidos.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada y acciones de mejora planteados.</p>	<p>Realizo la actividad completa.</p> <p>Realiza una conclusión experimental acorde a los resultados obtenidos en la simulación, en cada escenario correspondiente.</p> <p>Teniendo en cuenta los resultados de cada escenario propone acciones de mejora para el afluente, pero no tratamientos específicos que era lo solicitado.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada y acciones de mejora planteados.</p>	<p>Realizo la actividad incompleta.</p> <p>Realiza una conclusión experimental acorde a los resultados obtenidos en la simulación, en cada escenario correspondiente.</p> <p>Teniendo en cuenta los resultados de cada escenario propone acciones de mejora para el afluente, pero tratamientos específicos.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada y acciones de mejora planteados.</p>	<p>Realizo la actividad de forma desordenada e incompleta.</p> <p>No realiza una conclusión experimental acorde a los resultados obtenidos en la simulación, en cada escenario correspondiente.</p> <p>No propone acciones de mejora para el afluente, ni tratamientos específicos.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan adecuadamente la conclusión realizada y acciones de mejora planteados.</p>
-------------------------------------	---	--	---	---	--	--

	Razonamiento práctico- argumentación	<p>Apartado B.</p> <p>Complete la tabla 11.</p> <p>Y indique el puntaje que le corresponde a la imagen de referencia según el índice BMWP/Col.</p> <p>Por último realice una conclusión de cómo se encuentra la calidad del agua partiendo de un caso hipotético de que en una quebrada X, en donde encontró a varios especímenes de la imagen de referencia y otras familias pertenecientes al mismo puntaje de la imagen de referencia.</p>	<p>Realiza la correcta clasificación taxonómica de la imagen de referencia.</p> <p>La descripción realizada si corresponde, a la imagen de referencia.</p> <p>El puntaje otorgado del índice BMWP/Col, si corresponde con la imagen de referencia.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso planteado.</p>	<p>Hay alguna falencia en la clasificación taxonómica realizada de la imagen de referencia.</p> <p>La descripción realizada si corresponde, a la imagen de referencia.</p> <p>El puntaje otorgado del índice BMWP/Col, si corresponde con la imagen de referencia.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso planteado.</p>	<p>Hay varias falencias en la clasificación taxonómica realizada de la imagen de referencia.</p> <p>La descripción realizada si corresponde, a la imagen de referencia.</p> <p>El puntaje otorgado del índice BMWP/Col, no corresponde con la imagen de referencia.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso planteado.</p>	<p>No logra realizar adecuadamente la clasificación taxonómica realizada de la imagen de referencia.</p> <p>La descripción realizada no corresponde, a la imagen de referencia.</p> <p>El puntaje otorgado del índice BMWP/Col, no corresponde con la imagen de referencia.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan adecuadamente la conclusión realizada para el caso planteado.</p>
--	--------------------------------------	---	---	---	--	---

	Toma de decisiones / Razonamiento práctico- argumentación	<p>Apartado C.</p> <p>Reflexione y analice desde su punto de vista colectivo (teniendo en cuenta que esto es un trabajo grupal), discutan y lleguen a un acuerdo de que creen que haga falta, sea necesario implementar o innovar para que esta normatividad se cumpla en Colombia y se logre cuidar el recurso hídrico de nuestro país. Justifique su respuesta.</p>	<p>Realiza una conexión entre la normatividad colombiana del ciudadano del recurso hídrico, con las problemáticas actuales del país.</p> <p>Propone un aporte para la mejora del recurso hídrico desde los planes curriculares del sector educativo del país.</p> <p>Propone divulgación de la política referente al recurso hídrico y los impactos que tienen las actividades antrópicas sobre este recurso.</p> <p>Propone la regulación y una mayor exigencia en las políticas del cuidado de los recursos hídrico en Colombia.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan</p>	<p>Propone mejorar otros factores externos, como procesos ambientales que son amenazas para el planeta y para el recurso hídrico.</p> <p>Propone divulgación de la política referente al recurso hídrico y los impactos que tienen las actividades antrópicas sobre este recurso.</p> <p>Propone la regulación y una mayor exigencia en las políticas del cuidado de los recursos hídrico en Colombia.</p> <p>Y por último los argumentos respaldan adecuadam</p>	<p>No propone un aporte para la mejora del recurso hídrico desde los planes curriculares del sector educativo del país.</p> <p>Propone divulgación de la política referente al recurso hídrico y los impactos que tienen las actividades antrópicas sobre este recurso.</p> <p>Propone la regulación y una mayor exigencia en las políticas del cuidado de los recursos hídrico en Colombia.</p> <p>Y por último los argumentos carecen de fundamentos para la respuesta realizada.</p>	<p>Realiza una conexión entre la normatividad colombiana del ciudadano del recurso hídrico, con las problemáticas actuales del país.</p> <p>Propone un aporte para la mejora del recurso hídrico desde el ámbito educativo.</p> <p>Y por último los argumentos no respaldan adecuadamente su respuesta.</p>
--	---	---	---	---	---	---

			adecuadament e su respuesta.	ente su respuesta.		
--	--	--	---------------------------------	-----------------------	--	--