

**MODELO FLIPPED/ J.I.T.T. PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS
CIENTIFICAS: PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL
TRAMO DE LA QUEBRADA LA SALITROSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA
EMPLEANDO HUMEDALES ARTIFICIALES.**

JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ PACHECO.

Código: 2017115035

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA.
BOGOTÁ D.C.**

2022

MODELO FLIPPED/ J.I.T.T. PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS: PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL TRAMO DE LA QUEBRADA LA SALITROSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA EMPLEANDO HUMEDALES ARTIFICIALES.

JUAN SEBASTIÁN MARTÍNEZ PACHECO.

Trabajo de Grado presentado para optar por el título de
Licenciado en Química.

Director(a):

Dora Luz Gómez Aguilar. Doctora en Desarrollo Sostenible.

Codirector:

Diego Alexander Blanco Martínez. Magíster en Ciencias-Química.

Grupo de Investigación

Didáctica y sus Ciencias.

Línea de Investigación. *Incorporación de la educación ambiental al currículo de ciencias.*

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA.

BOGOTÁ D.C.

2022

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Consuelo y Hugo, mi hermana Natalie y toda mi familia, mis héroes, almas luchadoras y valientes que con su apoyo incondicional han contribuido en el cumplimiento de cada uno de mis sueños.

Soy la persona más afortunada en tenerlos día a día en mi vida. ¡Los amo!

En memoria del regalo más grande que me ha brindado la vida,

Mi sobrino del alma, Diego Alejandro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A mi familia por ser mi principal sostén y motivo para salir adelante y enfrentar cualquier desafío.

A mi alma mater, la Universidad Pedagógica Nacional, por enseñarme a creer en mí mismo y en mis capacidades.

A mi directora *Dora Luz Gómez*, por su gran calidad humana, esfuerzo, dedicación, paciencia y conocimientos para llevar a cabo de forma idónea este proyecto investigativo. ¡Gracias por confiar en mí desde el primer día!

A mi co-director *Diego Alexander Blanco* por sus consejos, empatía, ánimo y apoyo en los momentos difíciles.

A *Gloria, Paola, Leidy, Andrea, Juan Pablo, Julián, Lineth, Karen, Rubén, Felipe López, Marcela, Carolina, Felipe Yopasá, César, Erika, Mariana, Anyi, Geraldine, Cristián* y todos mis amigos por acompañarme en este proceso ¡Son seres invaluable para mí y gracias por permitirme ser parte de sus vidas!

A las profesoras *Johanna Basto* y *Leidy Gabriela Ariza* por los comentarios, retroalimentaciones y puntos de vista que enriquecieron este trabajo de grado.

A los profesores *Andrés Aguirre, Deisy Baracaldo, Viviana Rincón, Johanna Basto, Jaime Casas* y *Sandra Sandoval* por inspirarme, motivarme y dejar una huella imborrable en mi vida: el amor por enseñar y ser mejor cada día.

A la Fundación Humedal La Conejera en cabeza de *Jenny Esteban* y la Secretaría Distrital de Ambiente, por el apoyo y colaboración en el proceso experimental que embarca este trabajo de grado, e igualmente, por hacerme reconocer la relevancia y riqueza que tiene este ecosistema para mi vida.

Al equipo humano del laboratorio del departamento de Química de la Universidad Pedagógica y los estudiantes de Énfasis Disciplinar I por su invaluable apoyo, amistad y ánimo para culminar este proceso de la mejor manera posible.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.....	13
1. JUSTIFICACIÓN.....	16
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	19
3. OBJETIVOS.....	22
3.1. Objetivo General.....	22
3.2. Objetivos Específicos.....	22
4. ANTECEDENTES.....	23
4.1. Antecedentes Locales.....	23
4.2. Antecedentes Nacionales.....	24
4.3. Antecedentes Internacionales.....	25
5. REFERENTES TEÓRICOS.....	27
5.1. Referentes Teóricos Pedagógicos y Didácticos.....	27
5.1.1. Just in time Teaching (J.I.T.T).....	27
5.1.2. Modelo Pedagógico Flipped.....	28
5.1.3. Competencia Científica.....	30
5.1.4. Secuencia Didáctica.....	32
5.2. Referentes Teóricos Disciplinarios.....	32
5.2.1. Definición de Humedal.....	32
5.2.2. Estructura de un ecosistema de Humedal.....	32
5.2.3. Importancia de los Humedales.....	33
5.2.4. Ecosistemas de humedales en Colombia.....	33
5.2.5. Clasificación de humedales de Bogotá.....	34
5.2.6. Parque ecológico distrital humedal (PEDH) La Conejera.....	35
5.2.7. Definición de Humedal Artificial.....	36
5.2.8. Fitorremediación.....	37
5.2.9. Tipos de humedales artificiales.....	38
5.2.10. Índices de Contaminación (I.C.O.).....	40
6. METODOLOGÍA.....	44
6.1. Enfoque Investigativo.....	44

6.1.1. Metodología de Investigación Mixta.	44
6.1.2. Investigación Acción Participativa.	45
6.2. Población.....	46
6.3. Diseño Metodológico.....	46
6.3.1. Fases de Desarrollo del Trabajo Investigativo.	48
6.3.2. Técnicas e Instrumentos.	57
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	60
7.1. Resultados de la Fase Experimental y de Fundamentación	
Conceptual.	60
7.1.1. Resultados de Caracterización Físicoquímica bajo ICO´s.....	60
7.1.2. PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN.	79
7.2. Resultados de la Fase de Implementación y Recolección de	
Instrumentos.	85
7.2.1. Prueba de Entrada Tipo Cuestionario.	85
7.2.2. Actividades de la Secuencia Didáctica.	95
7.2.3. Prueba de Salida Tipo Cuestionario.....	118
7.2.4. Instrumentos de Evaluación del Modelo FLIPPED.....	121
8. CONCLUSIONES.	128
RECOMENDACIONES.....	130
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	131
ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Etapas de la estrategia pedagógica J.I.T.T.....	28
Figura 2. Distribución de etapas de clase empleando el Modelo Flipped.	29
Figura 3. Pilares del aula invertida.	30
Figura 4. Interrelación entre aspectos del marco de evaluación de las competencias científicas.	31
Figura 5. Servicios Ambientales brindados por un humedal.	33
Figura 6. Clasificación de humedales por Rango Altitudinal y variabilidad climática en Cundinamarca.....	34
Figura 7. Ubicación y Delimitación Territorial del Humedal La Conejera.	36
Figura 8. Esquema de un humedal artificial de tipo subsuperficial.....	37
Figura 9. Fases de desarrollo de una Investigación Acción Participativa (I.A.P.)..	46
Figura 10. Metodología del Trabajo de Investigación.....	47
Figura 11. Síntesis de proceso experimental de la fase 1.....	49
Figura 12. Metodología de la Fase de Implementación.	55
Figura 13. Toma de muestra en punto de muestreo puntual.	60
Figura 14. Análisis IN SITU.....	61
Figura 15. Resultado positivo para presencia de oxígeno en la muestra de agua.	62
Figura 16. Proceso de titulación para determinación de oxígeno disuelto.	63
Figura 17. Punto final de la titulación con Indicador Mixto.	64
Figura 18. Prueba cualitativa con obtención de color azul para dureza.	65
Figura 19. Equipo de Espectrofotometría empleado, con los respectivos patrones.	66
Figura 20. Curva de Calibración. Determinación de Fosfatos.....	66
Figura 21. Proceso de cuantificación de SST.	67
Figura 22. Gradilla de tubos de ensayo tapa rosca con composición descrita para el análisis de DQO.	69
Figura 23. Curva de Absorbancia DQO.	70
Figura 24. Contraposición entre muestra y blanco. Resultado negativo para presencia de oxígeno.....	72
Figura 25. Curva de Absorbancia para el Hierro en el análisis por AA.	75
Figura 26. Curva de Absorbancia para el Cobre en el análisis por AA.	77
Figura 27. Análisis de Cobre con equipo de AA.....	77
Figura 28. Ubicación de propuesta.	79
Figura 29. Diseño Estructural de la Propuesta de Humedal Artificial.	82
Figura 30. Prototipo de Humedal Artificial Construido.....	83
Figura 31. Beneficios al Contexto mediante la construcción del Humedal Artificial.	84

Figura 32. Respuestas a Cuestionario. Definición de Humedal.	85
Figura 33. Respuestas a Cuestionario. Cantidad de Humedales.	86
Figura 34. Respuestas a Cuestionario. Entes de Control.	86
Figura 35. Respuestas a Cuestionario. Convención RAMSAR.	87
Figura 36. Respuestas a Cuestionario. Parámetros fisicoquímicos.	88
Figura 37. Respuestas a Cuestionario. Tratamientos de Aguas Residuales.	89
Figura 38. Respuestas a Cuestionario. Parámetros de diseño de Humedales Artificiales.	90
Figura 39. Respuestas a Cuestionario. Fitorremediación.	91
Figura 40. Respuestas a Cuestionario. Especies Vegetales.	92
Figura 41. Respuestas a Cuestionario. Juicios de Valor.	93
Figura 42. Respuestas a Cuestionario. Ventajas y desventajas de los Humedales Artificiales.	94
Figura 43. Términos clave que presentan mayor frecuencia en los Tag Cloud construidos por los alumnos.	96
Figura 44. Tag Cloud construido con palabras clave de todos los estudiantes de Énfasis Disciplinar I.	97
Figura 45. Matriz DOFA de la Convención RAMSAR con argumentos de los estudiantes de Énfasis Disciplinar.	99
Figura 46. Nivel de desarrollo de la competencia científica (1) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.	101
Figura 47. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.	104
Figura 48. Respuesta de Estudiante 1 a Apartado B- Taller de Fundamentos. ..	105
Figura 49. Taller de Fundamentación. Conclusión del Estudiante 9.	106
Figura 50. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.	107
Figura 51. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (1) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.	108
Figura 52. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.	109
Figura 53. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.	109
Figura 54. Ubicación de Propuestas de Humedales Artificiales por parte de los estudiantes.	111
Figura 55. Estudiantes en medio de la Salida de Campo.	112
Figura 56. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (1) en la Actividad Álbum Diario de Campo.	113
Figura 57. Respuesta brindada por el estudiante 17.	114
Figura 58. Respuesta de tratamiento brindada por estudiante 16 en el desarrollo de la propuesta de construcción.	114

Figura 59. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en la Actividad Álbum Diario de Campo.....	115
Figura 60. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en la Actividad Álbum Diario de Campo.....	115
Figura 61. Desarrollo de Competencias en el transcurso de la secuencia de actividades.....	116
Figura 62. Resultados de preguntas con única respuesta entre prueba de entrada y salida.....	119
Figura 63. Resultados de preguntas con múltiple respuesta entre prueba de entrada y salida.....	119
Figura 64. Resultados de S.E.E.Q (Aprendizaje- Entusiasmo)	123
Figura 65. Resultados de S.E.E.Q (Interacción- Organización con el grupo).	125
Figura 66. Resultados de S.E.E.Q (Trabajo Individual- Evaluación)	126
Figura 67. Resultados de S.E.E.Q (Material).	127

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Caracterización de la clasificación de los humedales presentes en la ciudad de Bogotá.	35
Tabla 2. Categoría Trófica de acuerdo con la concentración de Fósforo Total (ppb).	42
Tabla 3. Grados de contaminación a partir de la cuantificación de los ICO's.	43
Tabla 4. Generalidades de los vídeos producidos.	51
Tabla 5. Indicadores de competencias propuestos para la evaluación de la secuencia didáctica.	53
Tabla 6. Rúbrica evaluativa propuesta contemplando como variables los ítems de marco de evaluación formulados por la OCDE.	56
Tabla 7. Resultados obtenidos en análisis In Situ.	61
Tabla 8. Tabla base para la preparación de patrones en la cuantificación de fosfatos.	65
Tabla 9. Resultados de absorbancia obtenidos por patrón en el análisis de Fosfatos.	66
Tabla 10. Resultados obtenidos en la determinación de SST.	68
Tabla 11. Tabla base para elaboración de patrones en la determinación de DQO.	69
Tabla 12. Resultados de absorbancia obtenidos en el análisis de DQO.	70
Tabla 13. Resultados de absorbancia obtenidos en el análisis de DQO para muestra.	70
Tabla 14. Tabla de absorbancias corregidas en el análisis de DQO.	70
Tabla 15. Resultados Generales de los ICO's.	73
Tabla 16. Datos de absorbancia obtenidos con los Patrones de Fe.	75
Tabla 17. Valor promedio y desviación estándar de blancos en análisis de Fe por AA.	76
Tabla 18. Resultados de [Límite de Detección] y [Límite de Cuantificación] en análisis de Fe por AA.	76
Tabla 19. Datos de absorbancia obtenidos con los Patrones de Cu.	77
Tabla 20. Valor promedio y desviación estándar de blancos en análisis de Cu por AA.	78
Tabla 21. Resultados de [Límite de Detección] y [Límite de Cuantificación] en análisis de Cu por AA.	78
Tabla 22. Respuestas a Cuestionario. Definición de Humedal.	85
Tabla 23. Respuestas a Cuestionario. Cantidad de Humedales.	86
Tabla 24. Respuestas a Cuestionario. Entes de Control.	87
Tabla 25. Respuestas a Cuestionario. Convención RAMSAR.	87
Tabla 26. Respuestas a Cuestionario. Parámetros fisicoquímicos.	88

Tabla 27. Respuestas a Cuestionario. Tratamientos de Aguas Residuales.	89
Tabla 28. Respuestas a Cuestionario. Parámetros de diseño de Humedales Artificiales.....	90
Tabla 29. Respuestas a Cuestionario. Fitorremediación.	91
Tabla 30. Respuestas a Cuestionario. Especies Vegetales.	92
Tabla 31. Respuestas a Cuestionario. Juicios de Valor.	93
Tabla 32. Respuestas a Cuestionario. Ventajas y desventajas de los Humedales Artificiales.....	94
Tabla 33. Composición de Taller de Fundamentos, mediante las competencias científicas a desarrollar.	100
Tabla 34. Resultados de Cuestionario de Gilboy.....	121

ANEXOS.

Anexo 1. Factores que contribuyen a la contaminación en el PEDH La Conejera.	138
Anexo 2. Punto de muestreo seleccionado: Entrada del afluente (Quebrada La Salitrosa), al PEDH La Conejera.....	139
Anexo 3. Secuencia Didáctica: Humedales Artificiales como alternativa de tratamiento de cuerpos hídricos.....	140
Anexo 4. Instrumento de Validación de la Secuencia Didáctica.....	155
Anexo 5. Vídeo 1: Generalidades de los Humedales.....	159
Anexo 6. Vídeo 2: Convención RAMSAR.	160
Anexo 7. Vídeo 3: Parámetros fisicoquímicos en el estudio de la calidad de las aguas.....	160
Anexo 8. Vídeo 4: Fundamentos de Humedales Artificiales.	161
Anexo 9. Vídeo 5: Diseño Cualitativo y Cuantitativo de Humedales Artificiales.	163
Anexo 10. Cuestionamientos a Estudiantes en Plataforma EdPuzzle.	165
Anexo 11. Prueba Tipo Cuestionario.	167
Anexo 12. Instrumento de Validación de la Prueba Tipo Cuestionario.	173
Anexo 13. Aula virtual en Google Classroom.....	176
Anexo 14. Aplicación ANDROID Huzhe Tibacuy. Humedal La Conejera.....	177
Anexo 15. Web Catálogo de Macrófitas empleadas en Humedales Artificiales.	179
Anexo 16. Cuestionario de Gilboy.....	180
Anexo 17. Cuestionario S.E.E.Q.....	182
Anexo 18. Estándares y reactivos preparados para la caracterización fisicoquímica.	185
Anexo 19. Proceso de titulación por parte del autor.....	185
Anexo 20. Uso de Equipo de Espectrofotometría UV-vis por parte del autor.....	185
Anexo 21. Tubos de Análisis de DQO en baño de maría.....	186
Anexo 22. Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AA).....	186
Anexo 23. Participación en el Congreso Internacional de Investigación e Innovación Ambiental 2021.....	187
Anexo 24. Actividad de TAG CLOUD con los estudiantes.	188
Anexo 25. Actividad DOFA con los estudiantes.	189
Anexo 26. Taller de Fundamentos.	190
Anexo 27. Presentación de Propuesta y Mini-prototipo con material reciclable.	192
Anexo 28. Rúbrica de Evaluación Estudiante 17. Competencia (1)- Taller de Fundamentos.	192
Anexo 29. Guía para construcción de infografía e Infografía construida por el estudiante 21.	194
Anexo 30. Salida de Campo al PEDH La Conejera.	196
Anexo 31. Guía Álbum Diario de Campo y Álbumes desarrollados por algunos alumnos.	197

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación tiene como principal objeto desarrollar competencias científicas en estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, por medio del diseño e implementación de una secuencia didáctica fundamentada a partir del modelo FLIPPED/ J.I.T.T. y una propuesta de descontaminación de la Quebrada La Salitrosa del Humedal La Conejera empleando humedales artificiales.

Es importante enunciar que el modelo de aula invertida (FLIPPED) se basa en el uso de herramientas tecnológicas para potenciar las capacidades del alumnado y mantener su constante atención y motivación. Su implementación categoriza al alumnado como principal protagonista, y considera las dinámicas empleadas en el aula como el ambiente de clase y la eficaz instrucción de contenidos. (Romero et.al, 2019).

El acercamiento previo por parte del alumnado al contenido que fomenta el modelo FLIPPED, genera trascendencia a la hora de producir dinámicas de clase. Un ejemplo de ello son las actividades de retroalimentación al instante (Just in time Teaching (J.I.T.T.)) donde el docente a partir de la aplicación de herramientas propias de este modelo, diseña material audiovisual y enriquece el proceso de aprendizaje de sus estudiantes a partir de retroalimentaciones. Estos modelos son una oportunidad favorable para fomentar y fortalecer competencias en cualquier área del conocimiento en marco de la innovación tecnológica que vive la sociedad actual.

Las competencias científicas de acuerdo con Chamizo y Izquierdo (2007) constituyen un grupo de capacidades que permiten “saber, hacer, vivir y ser con otros” en situaciones de la vida cotidiana donde se deben tomar decisiones. El desarrollo de estas competencias es fundamental para el crecimiento profesional e

investigativo de los maestros en formación cuando están inmersos en diversos campos de acción de su disciplina.

Esta investigación plantea como problemática la contaminación de los afluentes de los humedales y la viabilidad de construcción de humedales artificiales para la conservación de estos ecosistemas. Para su estudio, se presentan contenidos de tipo disciplinar y social que permiten una apropiación del territorio por parte del alumnado, reconociendo la importancia de los cuerpos hídricos como territorio de vida y potencializando sus competencias científicas.

Inicialmente, se presenta la justificación de la investigación argumentando la importancia de los humedales en el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible y la relevancia que poseen su caracterización y propuestas de descontaminación para el diseño y aplicación de una secuencia didáctica que hace uso del Modelo FLIPPED/J.I.T.T. Posteriormente, se formula y delimita la problemática y los objetivos a cumplir en el transcurso del trabajo investigativo.

Seguidamente, se exponen antecedentes de tipo local, nacional e internacional con respecto a la implementación de los humedales artificiales como alternativas de descontaminación de cuerpos de agua y la aplicación del modelo FLIPPED en el aula de ciencias. Luego, se presenta el marco conceptual, con los principales fundamentos del modelo FLIPPED, el J.I.T.T, las competencias científicas formuladas por la OCDE SIGLA., las generalidades de los humedales de tipo natural y artificial, sus particularidades, clasificación y los parámetros fisicoquímicos contemplados en el estudio y caracterización de un cuerpo hídrico a partir del análisis de los índices de contaminación (ICO's).

Posteriormente, se presenta el marco metodológico del trabajo investigativo compuesto de cinco fases y establecido en un enfoque IAP (Investigación Acción Participativa) con participación del docente y el alumnado en conjunto. En **la primera fase**, se realiza la caracterización de la quebrada La Salitrosa del Humedal La Conejera a través de un análisis fisicoquímico para la proyección de una

propuesta de construcción de un humedal artificial para su descontaminación, que estará inmersa en el diseño de la secuencia didáctica. La **segunda fase** corresponde a la elección de la población con la que se va a implementar la secuencia.

En la **fase tres** se procede a diseñar el material FLIPPED y la secuencia didáctica para la conceptualización teórica y posterior desarrollo de competencias científicas en los estudiantes. La fase de implementación está descrita como **fase cuatro**, donde se aplicaron el Cuestionario de *Gillboy* y el *Student Evaluation of Educational Quality* (S.E.E.Q) para el reconocimiento de la perspectiva y la efectividad de los modelos empleados (FLIPPED/ J.I.T.T.).

La **quinta fase** de la investigación consta de la recolección y análisis de los resultados de la etapa experimental (**primera fase**) y la etapa de implementación del material recolectado en la secuencia didáctica (**cuarta fase**). Con respecto a los resultados obtenidos en la primera fase, se desarrolla la caracterización del cuerpo hídrico por medio del sistema de ICO's formulados por Ramírez, Restrepo, y Viña, (1997).

A partir de la práctica y conocimientos adquiridos en la fase experimental por parte del docente y en marco de la IAP, se produce el análisis de los resultados obtenidos en la **cuarta fase**, por medio de una serie de indicadores de competencias que permiten evaluar el desarrollo de competencias científicas en cada una de las actividades diseñadas y la efectividad del material FLIPPED construido para la experiencia educativa del alumnado.

Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas a partir de los resultados recopilados durante la construcción del trabajo investigativo y se describen una serie de recomendaciones para futuras investigaciones sobre la caracterización de cuerpos hídricos y la viabilidad de aplicación del modelo de aula invertida a nivel universitario para el desarrollo de competencias científicas.

1. JUSTIFICACIÓN.

Los humedales son relevantes para el desarrollo sostenible mundial debido al papel que cumplen en el ciclo del agua y lo que representan para el reciclaje de nutrientes, la proporción de recursos energéticos, materias primas, la protección de costas, prevención y mitigación de inundaciones, el almacenamiento de carbono, y un amplio referente de actividades culturales, espirituales y recreativas. La preservación de los humedales es esencial para el cumplimiento de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible contemplados por las Naciones Unidas en “La Agenda 2030”, los cuales buscan mitigar problemáticas de carácter social y global como la pobreza, el cambio climático, el hambre, la energía y el consumo. (Convención RAMSAR sobre los humedales., 2018)

El parque ecológico humedal La Conejera, ubicado en la localidad de Suba, al norte de Bogotá, es considerado como un ícono de la educación ambiental para el país, recibe como principal afluente a la Quebrada La Salitrosa y es uno de los once ecosistemas urbanos de la ciudad que posee la mayor categorización de protección a nivel mundial, RAMSAR. (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2020). La búsqueda de alternativas para una mayor preservación de este ecosistema implica el tratamiento de su afluente, y es relevante para evitar factores que contribuyan a su contaminación y perjudiquen especies animales, vegetales y la comunidad vecina en general.

Una de estas alternativas son los humedales artificiales que permiten la recuperación y prevención de la contaminación en humedales naturales y cuerpos hídricos, a partir de prácticas de biorremediación que evalúan el impacto tecnológico y arquitectónico, y contribuyen en aspectos como la descontaminación de aguas con amplia presencia de materia orgánica. (Torres Harker, 2016).

Este trabajo de investigación es pertinente y oportuno debido a que integra saberes disciplinares con conocimientos pedagógicos por medio de dos factores

determinantes para la sociedad actual: la educación ambiental y los modelos de enseñanza mediados por las TIC's.

En este caso, la fundamentación teórica está direccionada en la construcción de humedales artificiales como tratamiento de aguas y el desarrollo de competencias científicas a partir del estudio de la problemática ambiental de contaminación de cuerpos hídricos. La problemática aquí expuesta, se fundamenta a partir de la contaminación de los humedales originada por sus afluentes estableciendo soluciones de un mayor alcance que permitan la descontaminación de estos cuerpos hídricos.

En cuanto a lo tecnológico, el modelo empleado, FLIPPED es transformador y viable considerando la coyuntura generada por la pandemia COVID-19 dentro del ámbito educativo, pues se evidencia la necesidad de la búsqueda constante de estrategias pertinentes para ofrecer un mayor alcance formativo empleando plataformas digitales, una vez que, estas herramientas combinan la educación virtual con la aplicación de conocimientos de forma presencial y representa, en una disciplina como la química, la oportunidad de reconocer fallas en el proceso de aprendizaje de los alumnos, convirtiendo la labor docente en servicio de las necesidades del cuerpo estudiantil e innovadora en su forma de enseñanza.

En las sociedades globalizadas es necesario tener en cuenta el papel que cumplen las nuevas tecnologías para cambiar el pensamiento del sujeto en sí mismo y en los demás miembros de la comunidad mundial, a través de las nuevas formas de consumo, producción y circulación de la información, contemplando como imposibilidad su restricción en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los jóvenes vinculan a las TIC's (celular, computadora, reproductores de música y vídeo) con los medios de comunicación tradicional, y los utilizan como fuente de conocimiento. (Tous y Zapata, 2011)

El desarrollo de competencias científicas es esencial para la comprensión de la ciencia como forma de conocimiento humano e investigativo, ente constructor de

entornos intelectuales y culturales y la creación de ciudadanos reflexivos. Estas competencias tal y como las caracteriza la OCDE (2017), deben tener relevancia en situaciones de la vida real y representar una importante teoría o concepto de tipo científico, contemplando conocimientos del contenido, conocimientos procedimentales (base para la recolección y análisis de datos) y conocimientos epistémicos (explicación de distinciones entre teorías científicas, hipótesis y observaciones).

Este trabajo representa una oportunidad para visualizar la importancia que tiene el papel del maestro como investigador, en donde a partir de experiencias de investigación y experimentación en su práctica profesional, puede diseñar secuencias didácticas de calidad y congruentes con el aprendizaje de sus alumnos, haciendo uso de un modelo pedagógico alternativo mediado por las nuevas tecnologías e incentivando la innovación como eje transformador de la educación en Colombia.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

El humedal es uno de los ecosistemas más productivos y biodiversos a nivel mundial, con una amplia oferta de servicios que son brindados a todo el planeta, pero considerado como el que presenta mayor vulnerabilidad debido al cambio climático. En el siglo XX, este ecosistema disminuyó considerablemente su extensión y presentó altas tasas de degradación que contemplan una pérdida aproximada del 64 al 71%. En general, los efectos que esto trae a la biodiversidad son extremadamente graves; en los últimos 40 años la presencia de poblaciones de agua dulce se redujo mundialmente en un 76% a causa del daño del hábitat. (Quintana, 2018).

Los ecosistemas de humedal también representan reservorios de carbono, debido a que son considerados como acumuladores de materia orgánica desde hace miles de años. Aproximadamente el 35% del carbono en la biosfera se encuentra en los humedales. (Quintana, 2018).

Bogotá posee una población aproximada de diez millones de habitantes y se encuentra en constante crecimiento demográfico; la población converge en medio de quince tesoros ecológicos como los humedales que se caracterizan por su riqueza natural y cultural, que, de acuerdo con la Política de Humedales del Distrito Capital, son designados como elementos vitales en la estructura ecosistémica, sociocultural y económica de las naciones del mundo. (Departamento Administrativo del Medio Ambiente, 2006).

De acuerdo con la Veeduría Distrital (2021), hay diversos factores que contribuyen a la afectación del equilibrio ecológico y la biodiversidad en la ciudad tales como el crecimiento urbano, el vertimiento de aguas residuales mediante colectores pluviales que poseen conexiones erradas, principalmente de alcantarillado proveniente de actividades industriales y domésticas, indiferencia de los ciudadanos hacia los humedales por falta de educación ambiental y apropiación del territorio,

construcciones ilegales que transforman al ecosistema en focos de inseguridad y el desecho indiscriminado de residuos sólidos y escombros.

El parque ecológico humedal La Conejera, limita al occidente con el Río Bogotá, al oriente con la vía que conecta a la Clínica Corpas, al sur con el Parque Fontanar del Río, la Urbanización Caminos de La Esperanza y el Conjunto Reserva de Fontanar, al suroriente con una amplia cantidad de barrios como Compartir, Hato Chico, Londres, Alaska, Monarcas, Urbanización Las Mercedes, entre otros y al norte con el Seminario Luis Amigó, la Hacienda Las Mercedes y la Finca Berice. Junto a la presencia de una amplia cantidad de población residente en las zonas enunciadas, se presentan una serie de factores socioambientales que impactan de forma negativa al ecosistema, como por ejemplo: las conexiones erradas y su ingreso directo al humedal, generando afectación de la calidad del agua, entrada y presencia de residuos sólidos en su franja acuática y terrestre, especies invasoras como la lenteja de agua, habitantes de calle, residuos de construcción y demolición, construcción ilegal de viviendas dentro del área demarcada del humedal y actividades de microtráfico en su interior (Secretaría Distrital de Ambiente: Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad., 2021).

Por otra parte, el método de educación tradicional que se sigue empleando en varias instituciones educativas a nivel mundial está fundamentado en una enseñanza desvinculada del contexto y las necesidades de los estudiantes, convirtiéndolos en sujetos pasivos en el proceso de aprendizaje y transformando la perspectiva de enseñanza a partir de exposiciones y clases magistrales fomentando así, el conocimiento memorístico de los contenidos en los alumnos (Monroy y Monroy, 2019), sin ningún tipo de análisis y pensamiento crítico. Es indispensable que el docente implemente modelos pedagógicos acordes a la situación actual, donde adquiera un papel de facilitador del conocimiento y brinde herramientas innovadoras en el aula a los estudiantes para transformarlos en actores activos de su proceso de aprendizaje (Monroy y Monroy, 2019)

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los retos que presenta el docente actualmente de acuerdo con Mora y Hernández (2017) es encontrar estrategias efectivas para el desarrollo de habilidades y competencias en sus alumnos, esto en su mayoría se debe a la rutina de usar estrategias tradicionales y desconocer los estilos y ritmos de aprendizaje que posee cada estudiante. El modelo FLIPPED, además de ser un recurso revolucionario en materia educativa permite dinamizar el aprendizaje, contemplar una mejora en el progreso académico de los alumnos y potenciar sus capacidades.

En este escenario, la pregunta orientadora del trabajo investigativo fue: **¿Cómo desarrollar competencias científicas en un grupo de estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional mediante una secuencia didáctica diseñada a partir del Modelo FLIPPED/ J.I.T.T y fundamentada a través de una propuesta de descontaminación de la Quebrada La Salitrosa del Humedal La Conejera empleando Humedales Artificiales?**

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

Desarrollar competencias científicas en un grupo de estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional mediante una secuencia didáctica diseñada a partir del Modelo FLIPPED/ J.I.T.T y fundamentada a través de una propuesta de descontaminación de la Quebrada La Salitrosa del Humedal La Conejera empleando Humedales Artificiales.

3.2. Objetivos Específicos.

- Caracterizar la calidad del agua de la Quebrada La Salitrosa a partir del estudio de parámetros fisicoquímicos de los ICO's en Colombia para la construcción de una propuesta de descontaminación empleando humedales artificiales.
- Diseñar y validar una secuencia didáctica bajo los Modelos FLIPPED/ J.I.T.T y fundamentada a partir de una propuesta de descontaminación de las aguas de la Quebrada La Salitrosa empleando humedales artificiales.
- Analizar el desarrollo de competencias científicas a partir de las actividades planteadas en la secuencia didáctica.
- Evaluar la efectividad de los modelos FLIPPED/J.I.T.T como estrategia pedagógica en el aula de clase.

4. ANTECEDENTES.

4.1. Antecedentes Locales

El proyecto investigativo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas: *“Evaluación de la calidad del agua en el humedal La Conejera, Localidad 11 de Suba”* ejecutado por Márquez y Barrero (2015), plantea el estudio de los parámetros fisicoquímicos de seis zonas diversas del Parque ecológico humedal La Conejera. Las autoras señalan que se presenta una basta presencia de residuos sólidos de tipo orgánico e inorgánico en el ecosistema y vertimientos de aguas residuales que contribuyen a la contaminación. Este estudio presenta relevancia en este proyecto debido a que es una de las pocas investigaciones recientes que se han desarrollado con lo que respecta a la caracterización fisicoquímica de la zona de estudio y brinda la oportunidad de contrastar los datos obtenidos en la etapa experimental.

Torres Harker (2016), en su monografía titulada: *“Humedales Construidos: una alternativa para recuperar funciones ecológicas de los humedales naturales en Bogotá D.C”* desarrolla un amplio estudio bibliográfico con respecto a la viabilidad que presentan la construcción de diferentes tipos de humedales artificiales (Humedales de flujo superficial y humedales de flujo subsuperficial) mediante el uso de macrófitas flotantes, sumergidas y emergentes con el fin de recuperar las dinámicas ecológicas de los ecosistemas, dando paso a la implementación del análisis de variables fisicoquímicas para la valoración del rendimiento que presenta el humedal construido como eje de recuperación. De tal forma, enuncia los casos de la creación de los humedales artificiales del Salitre y Meandro del Say en Bogotá, los cuales dan paso a fortalecer el potencial de adaptación y recuperación ecológica que presentan estos humedales y la oportunidad que representan para la descontaminación de cuerpos hídricos a nivel distrital.

La tesis de maestría: *Estrategia didáctica para la enseñanza de equilibrio químico utilizando la metodología “The Flipped Classroom” y la plataforma Moodle,*

desarrollada por Santa Montoya (2014) tuvo el objeto de implementar la enseñanza del equilibrio químico como eje de fundamentación de fenómenos científicos por medio del uso de plataformas digitales, test introductorios de accesibilidad a internet y desarrollo y creación de material didáctico como vídeos interactivos de acceso libre para los alumnos como estrategia didáctica. Todo esto, en marco de la problemática que representa la ausencia de material didáctico acorde para la enseñanza de la química, la falta de capacitación docente y la apatía de los estudiantes hacia la asignatura. Su estudio obtuvo resultados favorables con respecto a la implementación del modelo FLIPPED, presentándose un incremento de aproximadamente el 46,44% en el conocimiento de los estudiantes acerca del enlace químico y la energía.

4.2. Antecedentes Nacionales.

En marco de un proyecto de investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, González y Acevedo (2018) desarrollaron la evaluación de un humedal artificial como alternativa de tratamiento de aguas residuales de un macroproyecto de la ciudad de Mosquera (Cundinamarca). El estudio afirma que la construcción de humedales artificiales en ese sector contribuyó a la mitigación de impactos ambientales, al manejo y costos de operación de fácil acceso como alternativa de tratamiento y una remoción de aproximadamente el 60% de los parámetros que contribuyen en mayor medida a la contaminación del cuerpo hídrico.

En la Costa Caribe colombiana, Laverde y Salazar (2017), implementaron una estrategia de saneamiento de aguas borras, provenientes de la industria del petróleo en estaciones de servicio del departamento de Córdoba, mediante la construcción y aplicación de humedales artificiales para su tratamiento, contemplando la evaluación de la eficiencia de los humedales artificiales de tipo subsuperficial para tal fin. La investigación: *“Utilización de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Borradas generadas en estaciones de servicio en el departamento de Córdoba”*, consta de tres fases de muestreo en la etapa experimental, ejecutando

el análisis de parámetros físicoquímicos como el pH, los nitratos y fosfatos, para determinar la efectividad que presentan especies vegetales como la *Typha latifolia* en la remoción de contaminantes. Su investigación obtiene una remoción del 90% de los hidrocarburos de petróleo, enunciando así la eficacia que representan los humedales de flujo subsuperficial en los tratamientos de cuerpos hídricos.

En la investigación: “*Aula invertida como metodología educativa para el aprendizaje de la química en educación media*”, Salazar (2019), implementó el modelo de aula invertida en un grupo de 50 estudiantes, mediante una articulación entre las TIC’s y la enseñanza de la química en décimo grado, ejecutando pruebas antes y después del proceso de aprendizaje en los alumnos para reconocer su progreso. Esto permitió una obtención de favorables resultados de aprendizaje en la asignatura con lo que respecta a la explicación de fenómenos, apropiación de conceptos científicos y percepciones positivas del 92% de los estudiantes.

El trabajo investigativo de Luján (2019), “*Desarrollo de Competencias Científicas en maestros y maestras de la ciudad de Medellín que participaron en la feria CT+1 Ediciones 2012-2017. Un análisis desde la formación docente*” tuvo como finalidad la transformación del papel del maestro como ser crítico y reflexivo, enfantizando la construcción del saber pedagógico a través de las competencias científicas, partiendo de la necesidad de emplear la indagación como estrategia pedagógica, y denominando a estas competencias como el motor de articulación entre la escuela, la investigación, los contenidos y el currículo.

4.3. Antecedentes Internacionales.

En el artículo: “*Aportes pedagógicos a la educación ambiental: una perspectiva teórica*”, de Pulido y Olivera (2018) se ejecuta una síntesis con respecto a las estrategias pedagógicas para la participación activa de los estudiantes en temas relacionados con problemáticas ambientales, proponiendo instrumentos como: la participación activa en investigaciones, desarrollo y aplicación de proyectos

educativos, la implementación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) en la educación ambiental, el estudio de caso a partir de experiencias, emociones e impactos y la interdisciplinariedad. Esta investigación presenta relevancia debido a que contribuye y facilita estrategias pedagógicas que pueden ser empleadas en múltiples contextos a partir de la educación ambiental como proceso educativo en el aula de clase y fomenta la implementación de las herramientas tecnológicas para su articulación.

“Estudio de aplicabilidad de humedales artificiales para la mejora de la calidad de las aguas en los meandros abandonados del río Segura” es un trabajo de grado construido por Soto Fuster (2016), el cual aborda un estudio de caso de la efectividad que pueden poseer los humedales artificiales en el río Segura, importante cuerpo hídrico del sureste de la península ibérica, que posee un agudo aprovechamiento hidrológico, pero, con uno de los más altos índices de contaminación. El estudio plantea la construcción de humedales artificiales a través de etapas de diseño y valoración como: la estimación del caudal de agua tratar, estimación de carga contaminante y selección de emplazamiento.

Arteaga (2018) llevó a cabo el trabajo de investigación: *“Propuesta Metodológica para la construcción de humedales artificiales”*, cimentado a partir de la necesidad de desarrollar una comparación entre los sistemas de humedales artificiales y las plantas de tratamiento de aguas convencionales, a partir de la evaluación de parámetros como la alcalinidad, la dureza, el amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, silicatos, nitrógeno total y fosforo total. Cabe destacar, que este estudio fue aplicado mediante la construcción de dos humedales artificiales en Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, México presentándose una efectividad amplia en la remoción de contaminantes empleando humedales artificiales subsuperficiales, como los propuestos en este trabajo investigativo.

5. REFERENTES TEÓRICOS.

5.1. Referentes Teóricos Pedagógicos y Didácticos.

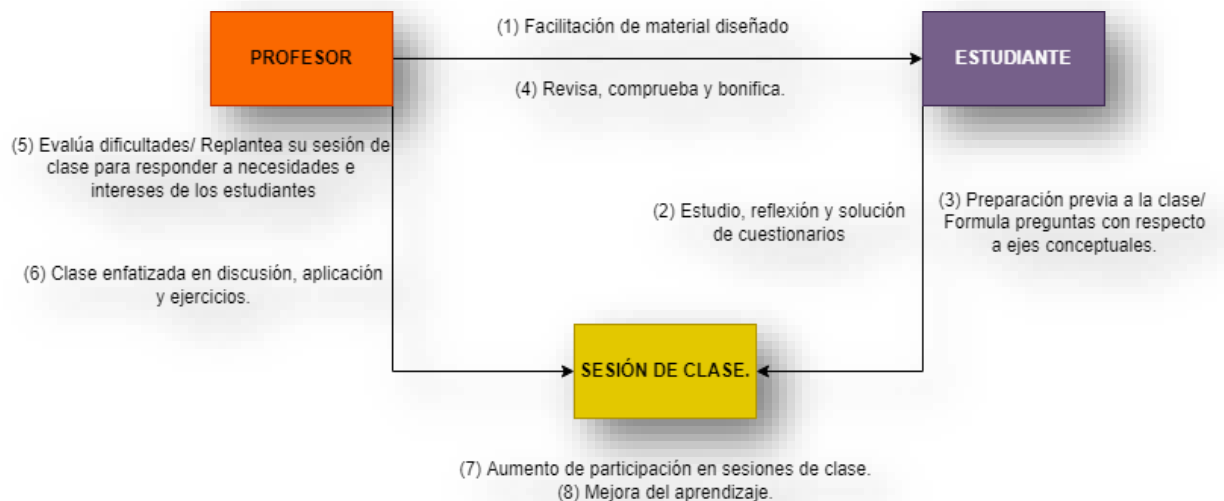
5.1.1. Just in time Teaching (J.I.T.T).

The Just in time Teaching es una pedagogía basada en la web (que no puede ser categorizada como aprendizaje a distancia), que está fundamentada por materiales digitales que son facilitados al estudiante como recurso pedagógico, los cuales, actúan como herramienta de organización y comunicación del aula de clase. Los docentes que implementan el J.I.T.T. en su proceso profesional, consideran esta estrategia pedagógica como un proceso de retroalimentación que relaciona la enseñanza, el aprendizaje y las experiencias que se presentan dentro y fuera del aula. (Novak G. M., 2011). Más de trescientos profesores, en aproximadamente cien instituciones, han adoptado esta estrategia, que inicialmente fue desarrollada por Novak, Patterson, Gavrin y Christian (1999) en su libro: *Just-in-time teaching: blending active learning with web technology*.

Esta metodología contribuye a la generación de un método de comunicación y conocimiento mutuo entre el cuerpo docente y los alumnos, a partir del reconocimiento de dudas, intereses y dificultades, lo que facilita al maestro, adaptar su enseñanza a partir de aquellos conflictos y diseñar ejercicios en función a la solución de incertidumbres, convirtiendo así a los estudiantes en protagonistas activos de la sesión de clase. El uso de vídeos, screencast y documentos digitales como material de estudio, permite la solvencia de cuestionarios para la comprobación del estudio previo por parte del alumno, evidenciando de esta forma, aquellas tramas conceptuales que deben ser profundizadas, que presentan problemas de comprensión y mayor cantidad de dudas, y de ahí el maestro parte para rediseñar su planeación de clase, justo a tiempo de dictarla y de tal forma, solucionar las necesidades primordiales que presenta el estudiante. (Ocelli,

García, Valeiras, y Quintanilla, 2018). A continuación, se presenta un esquema general con las etapas primordiales de la metodología J.I.T.T.

Figura 1. Etapas de la estrategia pedagógica J.I.T.T.



Adaptado de: Ocelli, García, Valeiras, y Quintanilla, 2018.

5.1.2. Modelo Pedagógico Flipped.

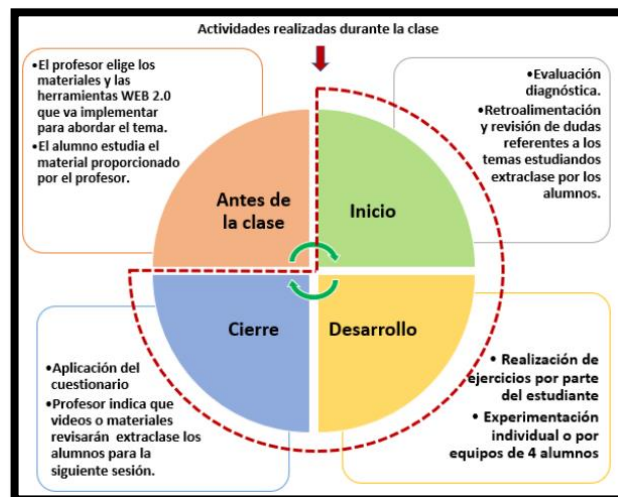
De acuerdo con los autores creadores de la Red de Aprendizaje Flipped, el aula invertida, o en general, el aprendizaje invertido es:

“Un enfoque pedagógico en el que la instrucción directa se mueve desde el espacio de aprendizaje colectivo hacia el espacio de aprendizaje individual, y el espacio resultante se transforma en un ambiente de aprendizaje dinámico e interactivo en el que el educador guía a los estudiantes a medida que se aplican los conceptos y puede participar creativamente en la materia.” (Bergmann y Sams, 2014)

Inicialmente, los que fundamentaron el modelo pedagógico Flipped fueron los profesores de química, Jonathan Bergmann y Aaron Sams de la Woodland Park High School en Colorado (EE. UU.), con un propósito en común: brindar oportunidad a los alumnos que no podían asistir a las aulas de clase de forma presencial a

continuar de forma eficiente y con estándares de calidad su proceso de aprendizaje. Tiempo después, notaron que el material de vídeo construido con este fin era empleado por un gran número de estudiantes, a pesar de que habían asistido al aula de clase. El nacimiento del “aula invertida” es interpretado como la inversión del método de enseñanza, a través del envío con anterioridad de vídeo de las clases de las temáticas, para ser vistas en casa antes de la llegada a clase, y empleando las horas disponibles de clase para aplicar el conocimiento adquirido, a través del desarrollo de proyectos y actividades, además de la resolución de dudas relacionadas con la temática trabajada. (Berenguer Albaladejo, 2016).

Figura 2. Distribución de etapas de clase empleando el Modelo Flipped.



Fuente: Monroy y Monroy, 2019.

El aula invertida posee cuatro pilares básicos, delimitados a partir de un análisis de tendencia desarrollado por el Flipped Learning Network (FLN) (2014):

- I. **Ambiente flexible:** Libre elección de lugar y espacio temporal para aprender y adaptación a diversos estilos de aprendizaje.
- II. **Cultura de aprendizaje:** Alumno involucrado en la construcción de su propio conocimiento. Noción de aprendizaje significativo a nivel personal.

- III. **Contenido intencional:** Facilitar comprensión conceptual a los alumnos a partir del diseño de materiales entendibles y centrados en el alumno.
- IV. **Educadores Profesionales:** Retroalimentación y evaluación. El maestro constantemente reflexiona sobre su práctica docente y acepta críticas constructivas en el desarrollo de su labor como facilitador y guía.

Figura 3. Pilares del aula invertida.



Elaboración propia.

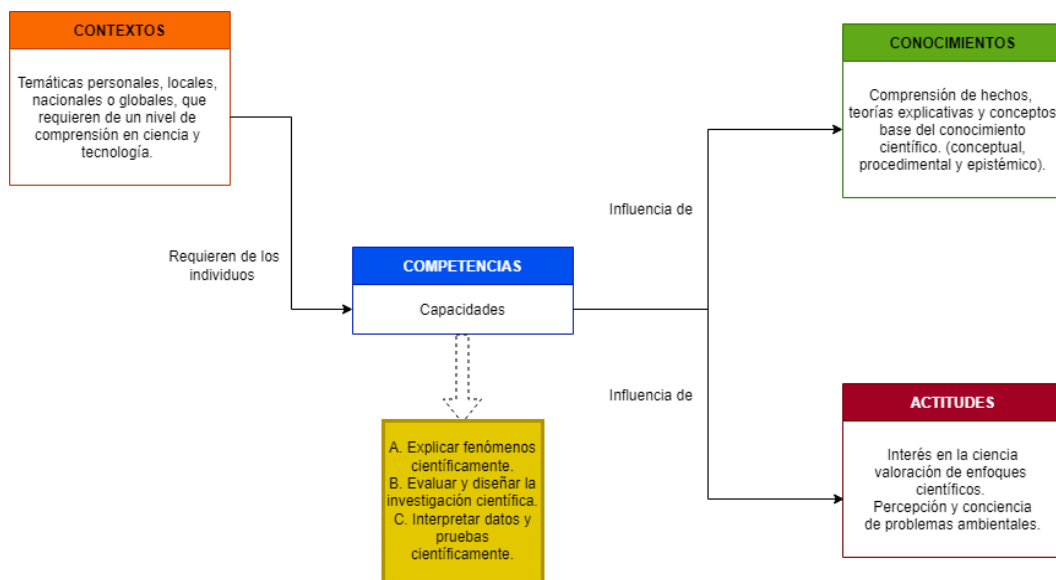
5.1.3. Competencia Científica.

Las competencias científicas son el conjunto de capacidades, que permiten ser, vivir, saber y saber hacer con otros, en situaciones cotidianas donde es indispensable, tomar decisiones para actuar. (Chamizo y Izquierdo, 2007) El desarrollo de competencias científicas se da cuando se posee la capacidad de evaluar enunciados de carácter teórico en contraste con datos empíricos o de diversa procedencia, y así mismo, relacionar datos y conclusiones. (Jiménez, 2010).

De acuerdo con las pruebas PISA, la competencia se fundamenta a partir de la comprensión de conceptos científicos, la aplicación y formulación de puntos de vista

científicos y el pensamiento de pruebas de manera científica. (Falicoff, Odetti, y Domínguez, 2014). Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) , las características que abarcan tal competencia radican en: la comprensión de las características de la ciencia como forma de conocimiento e investigación, presencia de conocimiento científico para la identificación de cuestiones, adquisición de nuevos conocimientos, explicación de fenómenos científicos y determinación de conclusiones con base a pruebas acerca de problemáticas científicas, además del papel de la ciencia y la tecnología como constituyentes del medio intelectual, material y cultural, incentivando el compromiso como ciudadano para la reflexión de problemas e ideas consideradas como científicas. (Falicoff, Odetti, y Domínguez, 2014). El marco de evaluación de las competencias científicas propuestas por la OCDE (2017) interrelaciona cuatro aspectos esenciales, que son, el contexto, el conocimiento, las competencias y las actitudes.

Figura 4. Interrelación entre aspectos del marco de evaluación de las competencias científicas.



Adaptado de: OCDE, 2017.

5.1.4. Secuencia Didáctica.

La secuencia didáctica es un conjunto de actividades articuladas de aprendizaje y evaluación, que mediante el papel docente fomenta y busca el logro de metas educativas por medio de la implementación de diversos tipos de recursos y herramientas. Para la adquisición de competencias esta metodología presenta gran relevancia para moderar el proceso de aprendizaje en los estudiantes a partir del progreso, actividades pertinentes y una evaluación formativa. (Tobón, Pimienta, y García, 2009).

5.2. Referentes Teóricos Disciplinarios.

5.2.1. Definición de Humedal.

Los humedales son aquellas extensiones de marismas, turberas, pantanos y extensiones de carácter marino con una profundidad no mayor a los seis metros (en mareas bajas) que están cubiertas de agua, caracterizadas por ser de aspecto permanente o temporal, de tipo artificial o natural, con aguas saladas o dulces y con aguas corrientes o estancadas. (Secretaría de la Convención RAMSAR, 2010).

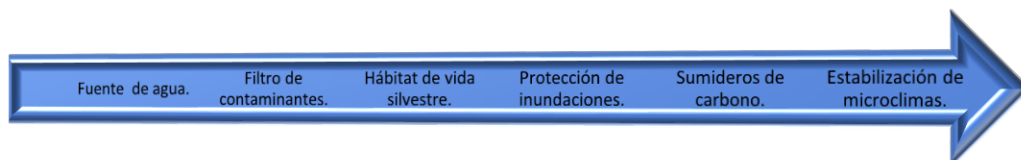
5.2.2. Estructura de un ecosistema de Humedal.

En síntesis, los humedales están estructurados por tres zonas: una zona alta, una zona riparia o ribereña y una zona acuática. La zona alta corresponde a la tierra firme ubicada alrededor del humedal, con presencia de vegetación terrestre como árboles, hierbas, entre otras. La zona riparia o ribereña, converge entre la franja acuática y la zona alta y se caracteriza por estar compuesta por una basta cantidad de especies de plantas. La zona húmeda del ecosistema es la zona acuática, puede contener amplia profundidad con presencia de especies vegetales acuáticas y aguas de tipo estancadas o corrientes de carácter superficial. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)., 2011)

5.2.3. Importancia de los Humedales.

En la actualidad, los humedales son de amplia relevancia para el desarrollo sostenible, presentándose así, una relación amplia entre el uso de agua para el abastecimiento de las poblaciones, las actividades agrícolas el manejo sostenible y la planificación eficaz de los recursos hídricos. (Xiaong et al., 2018). Tal planificación, debe ser llevada a cabo a través de una perspectiva integral, en donde, converjan actividades de obtención de recursos económicos, como la recreación y el turismo, y de conservación y gestión ambiental, las cuales económicamente pueden ser sustentadas por las actividades de ingreso económico para su potenciación, en mayor medida, en territorios, que presenten un alto grado de biodiversidad y fragilidad ambiental, como prioridad fundamental de sostenibilidad. (Ooi y O'Leary, 2018)

Figura 5. Servicios Ambientales brindados por un humedal.



Adaptado de: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2011.

5.2.4. Ecosistemas de humedales en Colombia.

En Colombia, aquellas zonas categorizadas como humedales por la convención RAMSAR de acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible son: El Complejo de humedales del Distrito Capital de Bogotá, La Delta del Río Baudó y del Río San Juan, el complejo de humedales de la cuenca del Río Bitá, el Sistema Lacustre de Chingaza, el complejo de humedales Lagos de Tarapoto, la Laguna de la Concha, el Complejo Cenagoso de Ayapel, la Laguna del Otún, el Sistema Delta Estuario del Río Magdalena, el Complejo de humedales de la Estrella Fluvial de

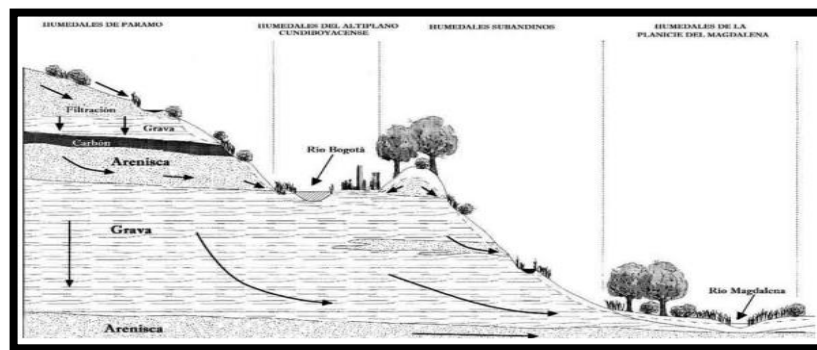
Inírida y La Ciénaga Grande de Santa Marta. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

En el mes de agosto de 2018, el complejo de humedales del Distrito Capital de Bogotá (integrado por los humedales: La Conejera, Córdoba, Torca-Guaymaral, Juan Amarillo, Tibanica, La Vaca Norte, El Burro, Santa María del Lago, El Tunjo y Capellanía), que suma aproximadamente 667,38 hectáreas, fue categorizado como área protegida de orden distrital. (Paz, 2018).

5.2.5. Clasificación de humedales de Bogotá.

Debido a que la ciudad de Bogotá y su marco ecosistémico, abarca alturas entre los 2600 m.s.n.m (en zonas como las llanuras de inundación del Río Bogotá) y 3490 m.s.n.m en el Páramo de Sumapaz, la Política de Humedales del Distrito Capital del Departamento Administrativo del Medio Ambiente (2006) categoriza a los humedales de la ciudad a partir de parámetros como su morfología, su criterio de origen y su posición orográfica, en las siguientes categorías: humedales de páramo, humedales de planicie y humedales andinos de ladera.

Figura 6. Clasificación de humedales por Rango Altitudinal y variabilidad climática en Cundinamarca.



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2011.

Tabla 1. Caracterización de la clasificación de los humedales presentes en la ciudad de Bogotá.

Tipo de Humedal	Tipo	Altura	Caracterización.
Humedales de alta montaña	Humedal de Páramo	> 3.200 m.s.n.m	Ecosistemas de lagunas con una presencia baja de nutrientes. Ej. Lagunas del Páramo del Sumapaz y del Páramo de Guacheneque.
	Humedal de Ladera	2.700-3.200 m.s.n.m.	Lagunas andinas de amplia relevancia por captura, almacenamiento y liberación de agua. Brindan soporte a la biodiversidad. Ej. Laguna de Guatavita, Laguna del Suesca y Embalse del Sisga.
Humedales del Altiplano Cundiboyacense (Humedales de Planicie)		2.000-2.700 m.s.n.m.	Chucuas o pantanos de agua dulce, inundados de forma permanente o temporal, cubiertos de vegetación acuática o semiacuática. Regulan las inundaciones que puedan presentarse por el desborde de ríos. Ej. Humedal La Conejera, Humedal Neuta.

Adaptado de: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2011.

5.2.6. Parque ecológico distrital humedal (PEDH) La Conejera.

El Parque Ecológico Distrital Humedal La Conejera está ubicado en la localidad de Suba, posee una extensión aproximada de 58,89 ha y una altura promedio de 2.542 m.s.n.m.

Figura 7. Ubicación y Delimitación Territorial del Humedal La Conejera.



Fuente: Bing Maps.

El grupo de Monitoreo de la Biodiversidad identificó en el humedal un total de ocho clases de coberturas de tierra ejecutando la metodología Corine Land Cover, necesaria para la caracterización a partir de imágenes satélite: Pastos arbolados, Vegetación acuática (macrófitas), vegetación secundaria baja, pastos enmalezados, arbustal abierto, herbazal denso inundable no arbolado, vegetación secundaria baja y pastos limpios. Con respecto al inventario de fauna y flora, este está sintetizado de la siguiente forma: en cuanto a la avifauna, al año 2021, se presentaban 57 especies de aves, una de ellas considerada en peligro; la mastofauna del humedal, está compuesta de 7 especies distribuidas en siete géneros, siete familias y tres órdenes, cabe destacar, que la especie más abundante son los curíes. Sólo se presenta una especie de herpetofauna, la culebra sabanera (*Atractus crassicaudatus*), la entomofauna del humedal consta de 121 morfoespecies, predominando la Diptera. La flora del humedal está compuesta de 97 especies, con mayor abundancia de familias como *la Solanaceae* y *la Asteraceae*. (Secretaría Distrital de Ambiente: Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad., 2021)

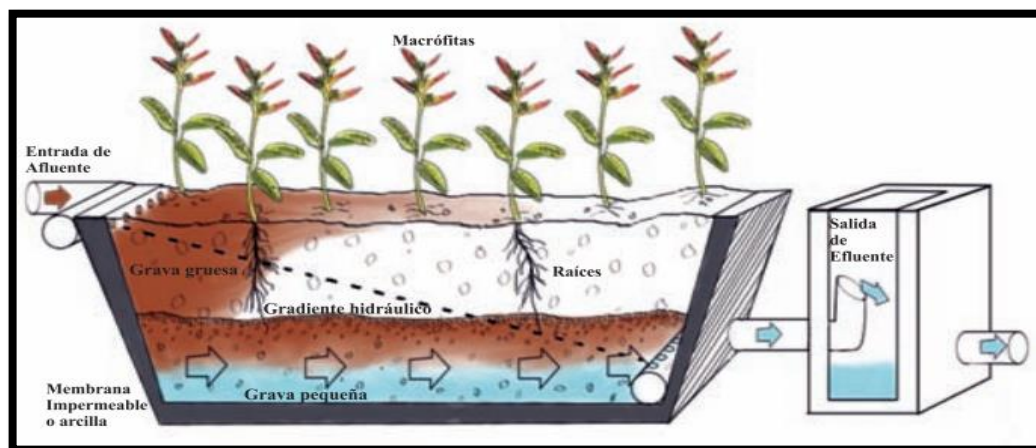
5.2.7. Definición de Humedal Artificial.

Un humedal artificial es designado como una eco-tecnología, que a través de procesos de mineralización y biotransformación, generan una reducción de la

concentración de fósforo, nitrógeno y carbono, por medio de un componente de tipo vegetal (compuesto en su mayoría por plantas vasculares de tipo acuático o terrestre), un material de empaque y una serie de microorganismos. En su mayoría los humedales artificiales y/o construidos han sido empleados para el tratamiento de aguas residuales, aguas industriales, aguas domésticas y urbanas, aguas de drenaje de extracciones mineras y aguas de escorrentía superficial agrícolas. (Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010).

Los principales componentes de un humedal artificial son: columna de agua, especies vegetales, sustrato y microorganismos adheridos a las raíces de las plantas. (Gómez, 2017). Se desarrollan tres tipos de procesos para la remoción de contaminantes en un sistema de humedal artificial: procesos físicos (filtración, sedimentación y fisorción), biológicos (biorremediación) y químicos (Precipitación, oxidación, reducción e hidrólisis). (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2015)

Figura 8. Esquema de un humedal artificial de tipo subsuperficial.



Fuente: Peña Salamanca, Madera-Parra, Sánchez, y Medina- Vásquez, 2013.

5.2.8. Fitorremediación.

La fitorremediación es una tecnología sustentable in situ empleada para el saneamiento y restauración de ambientes contaminados (suelo, aire, cuerpo hídrico) mediante el uso de especies vegetales. El saneamiento se da a partir de procesos bioquímicos entre la raíz y los microorganismos articulados en ella, que ejecutan procesos de reducción, mineralización, degradación (transformación a sustancias menos tóxicas), volatilización (metales pesados como Hg.), extracción-acumulación en raíces, tallos y hojas y rizofiltración (uso de raíces con alto nivel de crecimiento para la absorción, concentración y precipitación de metales pesados en aguas de tipo residual). En comparación con otras tecnologías de tratamiento, la fitorremediación, presenta ventajas como su bajo costo, su versatilidad, su estética, y la evasión de excavación de la tierra, pero también desventajas, como el tiempo del proceso de saneamiento que suele ser lento, su dependencia climática, la necesidad de áreas extensas para un correcto desarrollo y la progresión de vectores. (Nuñez, Meas, Ortega, y Olgúin, 2004)

5.2.9. Tipos de humedales artificiales.

La categorización de los humedales artificiales se da principalmente por parámetros de diferenciación tales como: sistema de flujo del agua residual, lecho o sustrato empleado, vegetación y metodologías de unidades de tratamiento. (Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010). En la actualidad, hay tres líneas de desarrollo tecnológico con lo que respecta a los humedales artificiales: los humedales de flujo superficial o libre y los humedales de flujo subsuperficial (correspondientes al uso de plantas emergentes).

5.2.9.1. Humedales de flujo superficial (F.L.).

En estos sistemas, el agua está directamente expuesta a la atmosfera, y suele circular a través de los tallos y hojas de las plantas; se caracterizan por ser muy similares a los humedales naturales en cuanto a su estructura; constan de canales o balsas que se caracterizan por poca profundidad, (entre 0,1 y 0,6 m) con contenido

de arena o lecho de grava, con la capacidad de soportar las raíces que presenta la vegetación emergente. Estos sistemas suelen ser alimentados por aguas residuales pretratadas, y suelen ser construidos para la mejora de las condiciones de humedales naturales cercanos. (Mena, 2008)

5.2.9.2. Humedales Subsuperficiales (F.S.S)

Un humedal artificial de tipo subsuperficial consiste en un canal impermeabilizado, relleno en su mayoría por un material de tipo poroso, que ocupa casi toda la profundidad de este. Debajo de la superficie de tal material poroso (puede ser empleado material como roca o grava) circula el agua residual. Cabe destacar, que también, cumple un papel fundamental el uso de vegetación de tipo emergente. Este tipo de humedal artificial suele ser eficiente, frente a consumo energético, costo y mantenimiento. (Mena, 2008)

5.2.9.2.1. Humedales Subsuperficiales de Flujo Horizontal. (F.S.S.H)

En los humedales subsuperficiales de flujo horizontal, el agua circula en sentido horizontal por medio de las raíces de las plantas y el medio granular; el ingreso del agua por el sistema se da por la zona superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje localizado en la zona opuesta, específicamente en la parte inferior. Se caracterizan en su mayoría por funcionar inundados permanentemente, con una profundidad de agua que varía entre los 0,3 m y los 0,9 m. En específico, este sistema de humedal subsuperficial de flujo horizontal es eficaz en la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). (Ortiz, 2014)

5.2.9.2.2. Humedales Subsuperficiales de Flujo Vertical.

Este sistema de humedal artificial se caracteriza por que el agua residual es aplicada de arriba hacia abajo, por medio del uso de un sistema de tuberías, donde la recolección se desarrolla en el fondo del humedal, por medio de una red de

drenaje. Los humedales subsuperficiales de flujo vertical poseen la capacidad de producir efluentes más oxigenados y sin la presencia de malos olores, con respecto a una caracterización física. (Ortíz, 2014).

5.2.10. Índices de Contaminación (I.C.O.)

Ramírez, Restrepo, y Viña (1997) formularon cinco índices de contaminación (I.C.O) con el objetivo de determinar problemas ambientales en cuerpos hídricos, a partir de escenarios generales que influyen en la calidad del agua, y no de contaminantes específicos como tal. Para determinar la calidad, delimitaron variables trascendentales para el rol ecológico como: conductividad, sólidos suspendidos, pH, oxígeno disuelto (O.D.), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), fósforo total y coliformes totales.

5.2.10.1. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

Este índice de contaminación articula tres variables: dureza (recolección de cationes calcio y magnesio), alcalinidad (recolección de aniones carbonatos y bicarbonatos) y conductividad (conjunto de sólidos disueltos en el cuerpo de agua). (Ramírez, Restrepo, y Viña, 1997). El valor del índice de contaminación por mineralización está definido por:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad}) \quad (1)$$

Para la resolución de la Ecuación 1, es necesario calcular el valor del índice de conductividad, el índice de dureza y el índice de alcalinidad:

$$\log_{10} I_{Conduc.} = -3,26 + 1,34 \log_{10} (Conductividad \left(\frac{\mu S}{cm} \right)) \quad (2)$$

$$I_{Conduc.} = 10^{\log_{10} I_{Conduc.}} \quad (3)$$

Valor de conductividad > 270 μS/cm, tiene un índice de conductividad = 1

$$\log_{10} I_{Dureza} = -9,09 + 4,40 \log_{10} \left(Dureza \left(\frac{mg}{L} CaCO_3 \right) \right) \quad (4)$$

$$I_{Dureza} = 10^{Log I_{Dureza}} \quad (5)$$

Durezas > 100 mg/L tiene I. Dur. =1; Durezas < 30 mg/L tiene I. Dur= 0

$$I_{Alcal.} = -0,25 + 0,005 \left(Alcalinidad \left(\frac{mg}{L} CaCO_3 \right) \right) \quad (6)$$

Alcalinidad > 250 mg/L tiene I. Alc. =1; Alcalinidad < 50 mg/L tiene I. Alc.= 0

5.2.10.2. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), consta de tres variables de estudio: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (cantidad y variedad de materia orgánica que se encuentra en proceso de descomposición), Coliformes Totales (COL.TOT.) (especies bacterianas indicadoras de contaminación) y el Oxígeno Disuelto (OD) (que determina la presencia de especies acuáticas y el carácter aerobio o anaerobio que puede presentar el ecosistema). (Ramírez, Restrepo, y Viña, 1997). Su cuantificación está dada por:

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{COL.TOT.} + I_{OD}) \quad (7)$$

Para el desarrollo de la Ecuación 7 se debe tener en cuenta:

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 \text{Log}_{10} \left(DBO \left(\frac{mg}{L} \right) \right) \quad (8)$$

DBO > 30 mg/L tiene I. DBO. =1; DBO < 2 mg/L tiene I. DBO=0

$$I_{COL.TOT.} = -1,44 + 0,56 \text{Log}_{10} (Col. Tot. (NMP(100 mL))) \quad (9)$$

Col. Tot. > 20000 NMP/100mL tiene I. Col.Tot. =1;
Col. Tot. > 500 NMP/100mL tiene I. Col. Tot.= 0

$$I_{OD} = 1 - 0,01(\% \text{ Saturación O. D.}) \quad (10)$$

% Sat. OD >100% I. O.D= 0

5.2.10.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

Los sólidos suspendidos representan un riesgo al proceso de fotosíntesis por parte de las especies vegetales constituyentes de un ecosistema acuático por medio del impedimento de acceso a la luz. (Ramírez, Restrepo, y Viña, 1997). El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) está dado únicamente por este parámetro y se articula por medio de la siguiente expresión matemática:

$$\text{ICOSUS} = -0,02 + 0,003 \left(\text{sólidos suspendidos} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \right) \quad (11)$$

Sólidos Suspendidos > 340 mg/L ICOSUS= 1

Sólidos Suspendidos < 10 mg/L ICOSUS= 0

5.2.10.4. Índice de contaminación trófico (ICOTRO).

Este índice está fundamentado únicamente en la concentración de fósforo total que presenta el ecosistema (Ramírez, Restrepo, y Viña, 1997), y brinda una clasificación dispuesta de la siguiente manera:

Tabla 2. Categoría Trófica de acuerdo con la concentración de Fósforo Total (ppb).

<i>Categoría Trófica</i>	<i>Fósforo Total (µg/L)</i>
<i>Ultraoligotrófico.</i>	<4
<i>Oligotrófico.</i>	4-10
<i>Mesotrófico.</i>	10-35
<i>Eutrófico.</i>	35-100
<i>Hipereutrófico.</i>	>100

Adaptado de: López y Madroño, 2015.

5.2.10.5. Índice de contaminación por pH (ICOpH).

Viña y Ramírez (1999) formularon el cálculo del índice por contaminación a partir de la incidencia del pH en las aguas, considerando que el pH entre 6 y 8 (a partir de una referencia neutra como pH=7) es una condición favorable para los cuerpos de

agua. (Ramírez, Restrepo, y Viña, 1999). Este índice fundamenta el comportamiento ácido o alcalino del cuerpo hídrico, necesario para la supervivencia de especies acuáticas.

La Ecuación 12 será empleada para la cuantificación de este índice:

$$\mathbf{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45pH}}{1+e^{-31,08+3,45pH}} \quad (12)$$

Si $pH > 7$ se emplea la Ecuación 12 sin modificación.

en el caso de presentarse $pH < 7$, emplear Ecuación 13:

$$\mathbf{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45(14-pH)}}{1+e^{-31,08+3,45(14-pH)}} \quad (13)$$

Los índices de contaminación (ICO) descritos podrán ser categorizados de la siguiente manera, de acuerdo con el resultado obtenido:

Tabla 3. Grados de contaminación a partir de la cuantificación de los ICO's.

ICO	Grado de Contaminación.	Color representativo.
0-0,2	Ninguno	Azul
>0,2-0,4	Bajo	Verde
>0,4-0,6	Medio	Amarillo
>0,6-0,8	Alto	Naranja
>0,8-1	Muy Alto	Rojo

Adaptado de: Ramírez, Restrepo, y Viña, 1999.

6. METODOLOGÍA.

6.1. Enfoque Investigativo.

6.1.1. Metodología de Investigación Mixta.

Para el veraz y eficiente cumplimiento de los objetivos propuestos, el presente trabajo presenta una metodología de investigación mixta. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) caracterizan este método como un conjunto de procesos de tipo sistemático, crítico y empírico de investigación, articulados a través de la recolección e integración de datos cualitativos y cuantitativos para su posterior análisis con el objetivo de lograr un mayor alcance del problema de estudio. Los métodos mixtos emplean como evidencia para el entendimiento de fenómenos científicos datos verbales, textuales, simbólicos, numéricos, visuales, entre otros.

A pesar de que se hace énfasis en el enfoque cualitativo, la metodología aplicada en esta investigación se desarrolló mediante una ejecución de tipo concurrente, debido a que los datos recolectados en cada enfoque (cualitativo o cuantitativo) se obtuvieron de forma simultánea.

La investigación mixta no tiene el objetivo de reemplazar a la investigación cualitativa y cuantitativa, sin embargo, ofrece las fortalezas de estos dos métodos para mermar sus debilidades potenciales. Se selecciona este tipo de investigación debido a que articula la justificación de estudios de carácter cuantitativo a través de un análisis cualitativo, lo que permite una mayor profundidad a la hora de brindar conclusiones y soluciones a problemáticas cuyo estudio involucre: el análisis de datos, la categorización de población, el análisis del lenguaje a través de actividades de tipo argumentativo y estudios de caso, los cuales constituyen factores determinantes para la implementación de la secuencia didáctica propuesta y su factibilidad.

6.1.2. Investigación Acción Participativa.

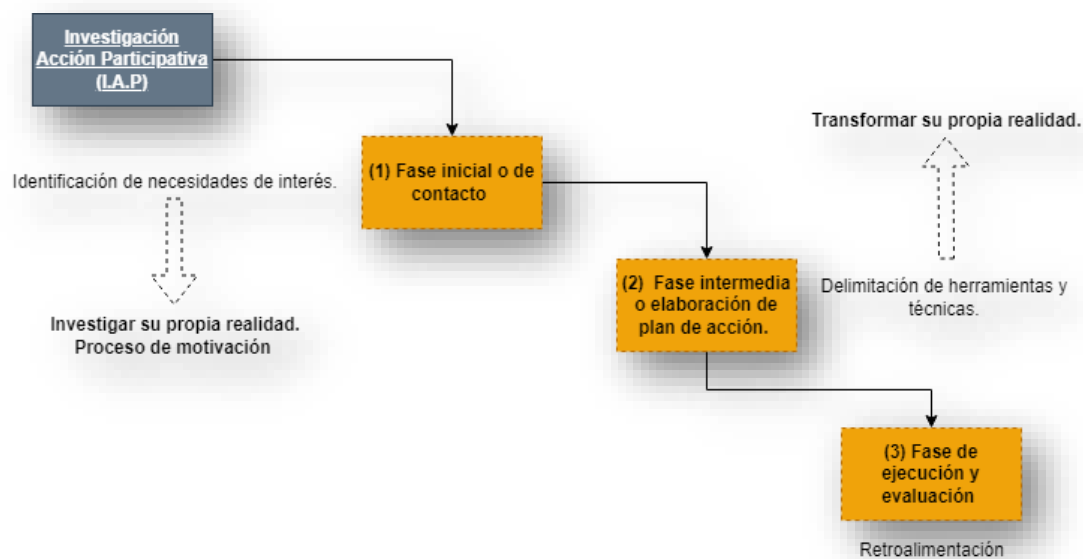
La Investigación Acción Participativa (IAP), estima al individuo como sujeto participe junto a expertos investigadores, a través de la construcción de equipos de investigación integrados, constituidos por agentes de cambio (expertos) y protagonistas de la transformación de su propia realidad (participantes). La teoría y el proceso del conocimiento son una interpretación y cambio recíproco de la concepción del ser humano, de la realidad y del mundo. (Bernal, 2010). El conocimiento de la realidad es resultado de la variación objetiva y subjetiva que puede darse en el mismo proceso investigativo.

De acuerdo con Cano (1997), la IAP representa más que una actividad investigativa, es un proceso educativo donde el individuo se reconoce a sí mismo, y produce conocimiento a partir de su propia realidad. La acción está definida como el resultado obtenido a partir de un actuar de reflexión e investigación continuo y la participación es articulada en todo el equipo de trabajo y considerada como un proceso de retroalimentación y comunicación entre los integrantes, donde etapas como la planificación, la ejecución y la toma de decisiones son compromisos compartidos. (Bernal, 2010)

La IAP dinamiza las capacidades del sujeto investigador permitiendo, a partir de un carácter interactivo, autónomo, consciente y reflexivo, asumir el curso de su propia vida, desarrollando la construcción de sí mismo como individuo y la construcción de su propia comunidad, reconociendo potencialidades y posibilidades. (Bernal, 2010). (Bernal, 2010).

Las fases destacadas en la Investigación Acción Participativa están sintetizadas en la figura 9.

Figura 9. Fases de desarrollo de una Investigación Acción Participativa (I.A.P.)



Adaptado de: Bernal, 2010.

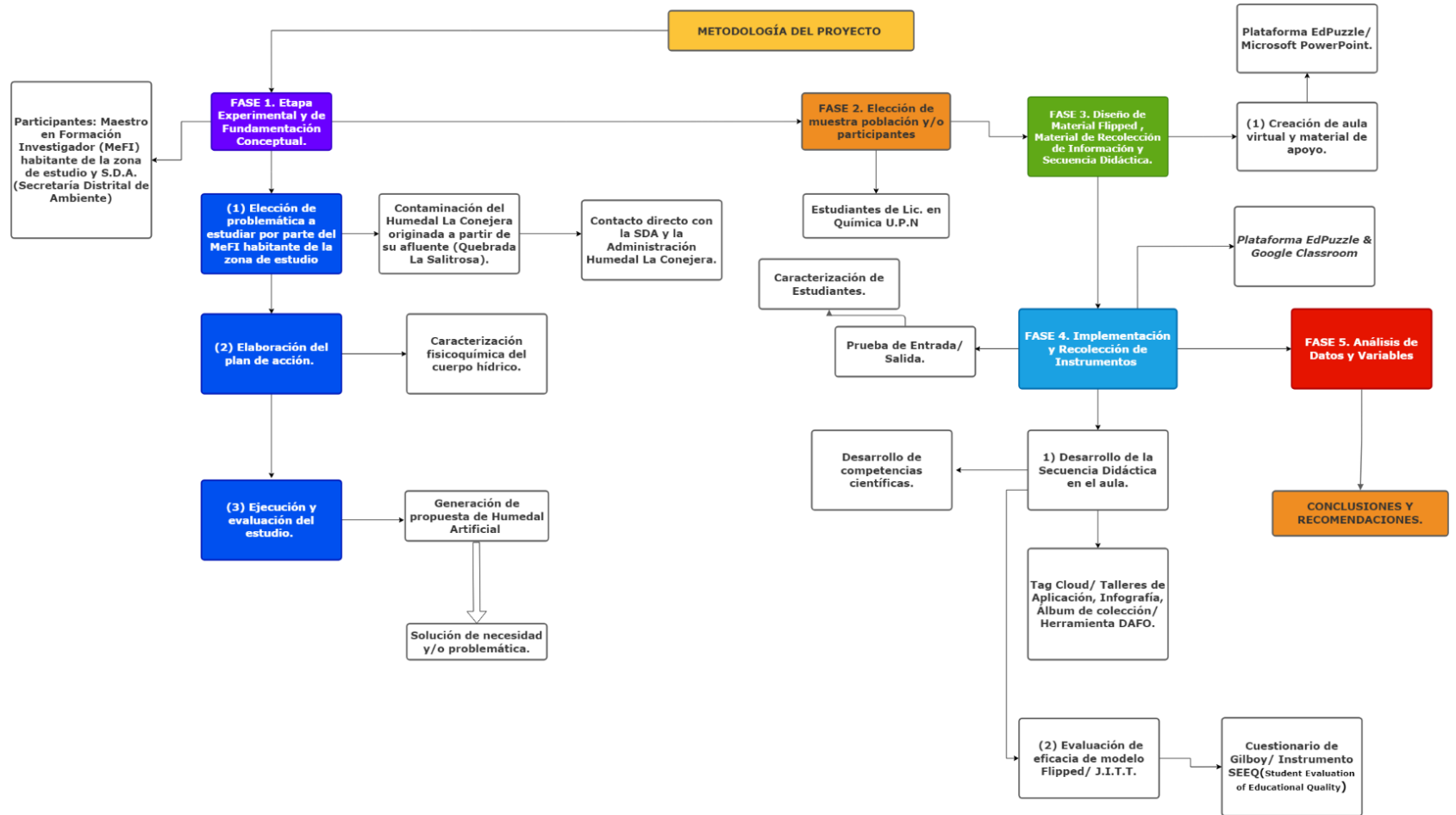
6.2. Población.

La población empleada para el desarrollo de esta investigación corresponde a 26 estudiantes del ciclo de profundización de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, en marco del espacio académico de Énfasis Disciplinar I en Calidad de Aguas.

6.3. Diseño Metodológico.

El trabajo investigativo propuesto constó de 5 fases, las cuales se encuentran sintetizadas en la Figura 10.

Figura 10. Metodología del Trabajo de Investigación.



Elaboración propia.

6.3.1. Fases de Desarrollo del Trabajo Investigativo.

6.3.1.1. Fase 1. Etapa experimental y de fundamentación conceptual.

De acuerdo con Chacón (2014), un maestro es considerado como investigador cuando ve en su práctica pedagógica una oportunidad para indagar con el fin de innovar y transformar, brindar vivencias a partir de su contexto y articular necesidades, expectativas y comprensiones procedentes de la comunidad. Contemplar un enfoque investigativo en la práctica, permite definir al maestro como un profesional que evalúa, observa, plantea e implementa a partir de su accionar docente, brindando un significado a su propia labor, lo que permite transformar su quehacer e innovar en el desarrollo del saber pedagógico.

Teniendo en cuenta lo anterior, la primera fase de este trabajo investigativo converge en una etapa experimental y de fundamentación conceptual llevada a cabo por el autor como maestro en formación investigador. Esto permite brindar herramientas para la evaluación de la práctica y así formular una secuencia didáctica acorde a la problemática planteada y las necesidades del alumnado. Un docente debe ser partícipe de un proceso investigativo de amplio alcance que permita evaluar su accionar como profesional y así mejorar la calidad educativa.

Las fases posteriores estuvieron ligadas a esta primera fase, debido a que la formación del docente como investigador y su fundamentación conceptual y práctica se refleja en la calidad de las actividades planteadas, considerando su respectiva finalidad en el desarrollo de competencias científicas y la solvencia de la problemática planteada en la investigación.

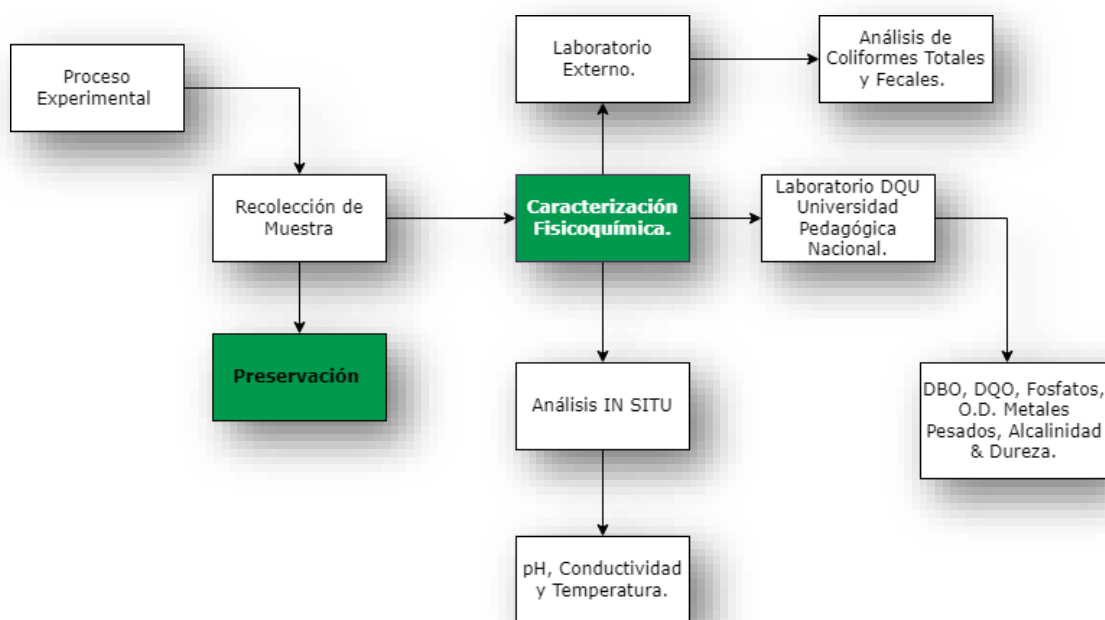
La primera fase consta de las siguientes etapas:

- **Elección de la problemática a estudiar por parte del autor.** En esta primera etapa, se eligió una problemática propia del contexto social del docente, la contaminación del parque ecológico humedal La Conejera (Anexo 1) procedente de su principal afluente: la Quebrada La Salitrosa. Se generó

el contacto con los entes gubernamentales pertinentes para el desarrollo de la investigación, en este caso la Secretaría de Ambiente de Bogotá, por medio de la administración de este ecosistema.

- **Elaboración de plan de acción.** Con el objetivo de conocer las condiciones que presenta el cuerpo de agua, el maestro en formación investigador, decidió desarrollar un estudio fisicoquímico del mismo. Seleccionó como punto de muestreo la entrada de la Quebrada La Salitrosa al parque ecológico humedal La Conejera. (Anexo 2). Se sintetizan los pasos necesarios para el estudio de los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua en la Figura 11.

Figura 11. Síntesis de proceso experimental de la fase 1.



Elaboración propia.

- **Ejecución y evaluación del estudio.** De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica del cuerpo hídrico, se desarrolló el estudio de los índices de contaminación (ICO's) propuestos por Ramírez,

Restrepo, y Viña (1997). A partir del análisis de estos índices, se propuso la construcción de un humedal artificial en la zona para contribuir al saneamiento del cuerpo de agua como alternativa de tratamiento. Se ejecutó la construcción del prototipo haciendo uso de una estructura a base de acero y vidrio, para ilustrar el desarrollo futuro del proyecto y sus respectivas variabilidades. Finalmente, el docente presentó sus resultados en el Congreso Internacional de Investigación e Innovación Ambiental (2021).

6.3.1.2. Fase 2. Elección de muestra de población y/o participantes.

La población seleccionada para el desarrollo de este trabajo fueron los estudiantes de la asignatura de Énfasis Disciplinar I en Calidad de Aguas, pertenecientes al ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

6.3.1.3. Fase 3. Diseño de Material Flipped, Material de Recolección de Información y Secuencia Didáctica.

En esta fase del trabajo investigativo, se diseñó (Anexo 3) y validó (Anexo 4) por parte de tres expertos, la secuencia didáctica para el desarrollo de competencias científicas a partir de los fundamentos teóricos y procedimentales que el docente adquirió en la fase 1. Igualmente, se llevó a cabo el diseño del material FLIPPED propuesto para la formación conceptual de los estudiantes con respecto a la temática de los humedales y sus alternativas de tratamiento, el cual es empleado como base teórica para el desarrollo de las actividades de la secuencia didáctica por parte de los alumnos. Para esto, se adelantó la construcción de cinco vídeos con una duración total de material educativo de hora y media constituyentes de narración y animaciones, los cuales se encuentran en la plataforma EdPuzzle para su acceso por parte de los estudiantes. Los ejes conceptuales abordados en los vídeos fueron los siguientes:

Tabla 4. Generalidades de los vídeos producidos.

Vídeo	Eje conceptual.	Duración.
Vídeo 1. (Anexo 5)	Generalidades de los Humedales.	08 min y 5 seg.
Vídeo 2. (Anexo 6)	Convención RAMSAR.	06 min y 21 seg.
Vídeo 3. (Anexo 7)	Parámetros fisicoquímicos en el estudio de la calidad de las aguas.	12 min y 28 seg.
Vídeo 4. (Anexo 8)	Humedales Artificiales: Fundamentos.	21 min y 10 seg.
Vídeo 5. (Anexo 9)	Diseño de Humedales Artificiales: Aspectos Cuantitativos y Cualitativos.	31 min y 9 seg.

El acceso a la plataforma EdPuzzle fue brindado a los estudiantes desde la primera sesión. En esta plataforma (Anexo 10) los estudiantes podrán observar el material audiovisual diseñado y responder una serie de interrogantes en el transcurso del vídeo para fomentar una constante retroalimentación de su proceso de aprendizaje.

También se diseñó una prueba tipo cuestionario (Anexo 11), empleando la plataforma Google Forms, con el objetivo de evaluar el conocimiento de los estudiantes con respecto a la temática de humedales, sus generalidades y las alternativas de tratamiento de sus afluentes. Esta prueba fue llevada a cabo al inicio y al final de la implementación para contrastar la progresión con respecto a la adquisición de conocimientos en la temática que forja la problemática ambiental central de la investigación. Esta prueba contó con la respectiva validación por parte de tres expertos para su mejora y retroalimentación. (Anexo 12).

Igualmente, se llevó a cabo la construcción de la plataforma de clase virtual a partir de Google Classroom, que fue titulada como: ***Chupqua: Alternativas de saneamiento de aguas.*** (Anexo 13), en donde los estudiantes encontraron las

actividades correspondientes a la secuencia didáctica para el desarrollo de competencias científicas. Se propusieron un total de cinco actividades, para seis sesiones de clase. En general, tres actividades corresponden al desarrollo de las competencias científicas propuestas por la OCDE (2017) en marco de las pruebas PISA:

- (1) Explicar fenómenos científicamente:** Corresponde a que los estudiantes empleen el conocimiento de contenidos en ciencias para la interpretación y explicación de fenómenos de interés. En este caso, es necesario que utilicen y generen modelos representativos y explicativos, justifiquen predicciones adecuadas, ofrezcan hipótesis explicativas y expliquen las implicaciones potenciales que posee el conocimiento científico para la sociedad.
- (2) Interpretar datos y pruebas científicamente:** Es necesario que los estudiantes analicen y evalúen datos, afirmaciones y argumentos científicos presentes en diversas representaciones para la búsqueda de conclusiones pertinentes. En este caso, es primordial, la evaluación de argumentos y teorías científicas que sean provenientes de diferentes fuentes de información.
- (3) Evaluar y diseñar la investigación científica.** En esta competencia se demuestra la capacidad que tiene el alumnado para abordar cuestiones científicas a través de la proposición y evaluación de formas de indagar científicamente una cuestión o problemática y el reconocimiento de cuestiones que podrían ser investigadas científicamente en diversos contextos.

Las anteriores competencias fueron evaluadas, a partir de una rúbrica de evaluación (Anexo) construida con los correspondientes indicadores de competencia. (Tabla 5).

Tabla 5. Indicadores de competencias propuestos para la evaluación de la secuencia didáctica.

Elaboración propia.

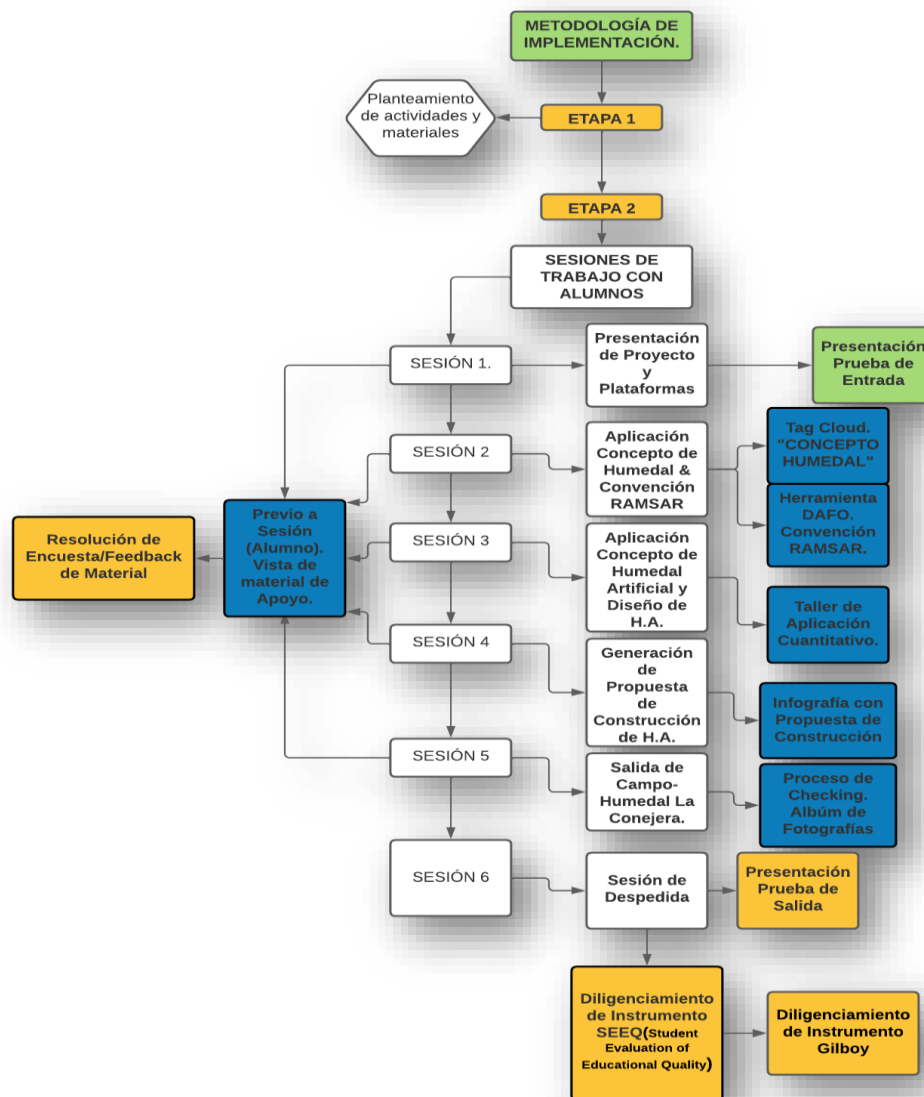
Competencias científicas definidas por PISA.	Indicadores de Competencias.
Explicar fenómenos científicamente (EFC).	<ul style="list-style-type: none">• Integra de forma adecuada el conocimiento científico para la interpretación y explicación de la importancia de los humedales como íconos ambientales y sociales.• Genera modelos representativos y explicativos para argumentar la importancia que presentan los entes gubernamentales y la sociedad en general en la preservación de los humedales como territorios de vida.• Plantea la trascendencia que poseen los conocimientos científicos para la preservación de cuerpos hídricos a partir de parámetros fisicoquímicos y tecnologías de descontaminación.• Contextualiza su entorno y diario vivir para la formulación de hipótesis y alternativas de solución en casos de contaminación hídrica presentes en su territorio por medio del conocimiento científico.

<p>Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Categoriza argumentos y pruebas científicas provenientes de diversas fuentes de información. • Esquematiza datos a partir de diferentes representaciones. • Analiza e interpreta datos que puedan generar efectos negativos o positivos en la construcción de humedales artificiales como alternativas de descontaminación de cuerpos hídricos. • Correlaciona una serie de datos para la generación de conclusiones y recomendaciones haciendo uso de pruebas científicas.
<p>Evaluar y diseñar la investigación científica (EDIC).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamenta a los humedales artificiales, como propuestas de descontaminación de cuerpos hídricos a partir de estudios de factibilidad y referentes investigativos. • Diseña propuestas de construcción de humedales artificiales a partir de la investigación, incentivando su conocimiento epistemológico, procedimental y conceptual. • Gestiona alternativas de análisis para la experimentación y ejecución de cuestiones socio ambientales como la descontaminación de cuerpos hídricos a partir de sistemas de tratamiento. • Evalúa las variables esenciales para la construcción de humedales artificiales, teniendo en cuenta su viabilidad y posibles efectos negativos a futuro.

6.3.1.4. Fase 4. Implementación y Recolección de Instrumentos.

En esta fase se ejecutó la implementación y aplicación de cada uno de los instrumentos y actividades planteadas en la secuencia didáctica propuesta. En total se implementaron seis sesiones de clase con los estudiantes objeto de estudio.

Figura 12. Metodología de la Fase de Implementación.



Elaboración propia.

Para la sesión de salida de campo, se diseñó una aplicación móvil de carácter informativo para dispositivos ANDROID (Anexo 14) articulada a partir de las características y generalidades del parque ecológico humedal La Conejera. Con respecto a la formulación de una propuesta de humedales artificiales por parte de los alumnos, se les brindó como material adicional, un sitio web (Anexo 15) con las principales especies vegetales empleadas como componentes de estos tipos de tratamiento (autoría propia).

6.3.1.5. Fase 5. Análisis de Datos y Variables.

En esta última fase se ejecutó el análisis de los datos recolectados a través de los instrumentos implementados y las actividades propuestas en la secuencia didáctica construida. Teniendo en cuenta que se está empleando una metodología con enfoque mixto, se desarrolla un análisis de tipo cuantitativo, mediante el estudio de los datos correspondientes a las respuestas brindadas por los alumnos y un análisis cualitativo con respecto al desarrollo de competencias científicas en el transcurso de la implementación teniendo en cuenta los indicadores de competencia propuestos en la Tabla 5.

Igualmente, se empleó una rúbrica (Anexo 3- Evaluación) para evaluar cada una de las actividades con respecto a la competencia científica que se quiera desarrollar. Para esto se consideraron tres variables relevantes formuladas por la OCDE (2017) para la evaluación de las competencias científicas: el contexto, el conocimiento y las actitudes. A partir de tales ítems se construyó la escala valorativa descrita en la tabla 6, que integra evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa (a través de la definición del rendimiento alcanzado por el alumno o el grupo de trabajo).

Tabla 6. Rúbrica evaluativa propuesta contemplando como variables los ítems de marco de evaluación formulados por la OCDE.

Nivel Alto (Rendimiento 80%-100%)	Nivel Medio (Rendimiento 60%-79%)	Nivel Bajo (Rendimiento 10%-59%)
		

<i>Contexto.</i>	El estudiante emplea el conocimiento científico para la comprensión del mundo natural, asociándolo a su contexto personal, local y nacional.	El estudiante articula y emplea sutilmente el conocimiento científico en situaciones acordes con la investigación científica.	El estudiante no articula la ciencia y la tecnología con la resolución de problemas propios de su contexto.
<i>Conocimiento.</i>	El estudiante argumenta y propone a través de conceptos, hechos y teorías explicativas, forjándolos como base de sus conocimientos científicos.	El estudiante reconoce conceptos, hechos y teorías, pero no los emplea para generar propuestas que articulen el conocimiento científico con su utilidad.	El estudiante no identifica conceptos, hechos y teorías científicas de forma adecuada. No las percibe relevantes para su formación.
<i>Actitudes.</i>	El estudiante genera percepciones acerca de problemáticas científicas a través de la reflexión, la crítica y la investigación.	El estudiante identifica sutilmente el papel que cumple la ciencia y la tecnología para la sociedad actual.	El estudiante no demuestra interés por la ciencia y la tecnología.

Elaboración propia.

6.3.2. Técnicas e Instrumentos.

Se desarrollaron y diseñaron instrumentos de diversa índole durante el trabajo de investigación. En primera medida, se implementó una prueba de entrada en los estudiantes sobre la problemática ambiental que justifica el proyecto de investigación: los humedales, factores de contaminación y alternativas de descontaminación; esta prueba constó de 10 preguntas. Luego, se desarrollaron una serie de actividades enmarcadas en la secuencia didáctica, para que posteriormente el alumnado evalúe el modelo pedagógico FLIPPED/J.I.T.T a través de dos instrumentos: el Cuestionario de Gilboy y el Student Evaluation of Educational Quality (S.E.E.Q). Finalmente, los estudiantes resolvieron la prueba de

salida que consta de los mismos cuestionamientos de la prueba de entrada, para ejecutar un análisis del progreso en la adquisición de conocimientos.

6.3.2.1. Prueba tipo cuestionario.

La prueba tipo cuestionario (Anexo 11), tuvo como principal objetivo conocer los conocimientos previos que posee el alumnado sobre la temática de humedales, su relevancia y la alternativa de tratamiento de sus afluentes por medio de humedales artificiales. Esta prueba fue previamente validada con profesionales del campo para reconocer posibles falencias en su diseño y solventarlas, estuvo compuesta por 10 preguntas de selección múltiple y se aplicó en el alumnado al inicio y al final de la secuencia didáctica.

6.3.2.2. Componentes de la secuencia didáctica.

La secuencia didáctica (Anexo 3) estuvo articulada a partir de dos actividades de motivación y acercamiento iniciales y tres actividades aplicativas, las cuales tienen como objetivo el desarrollo de competencias científicas y están enmarcadas en temáticas propias de la problemática ambiental de contaminación de cuerpos hídricos: la definición de humedales y sus componentes, la convención RAMSAR como ente regulador de defensa de los humedales, los parámetros fisicoquímicos a tener en cuenta para la caracterización de aguas, los humedales artificiales como alternativa de descontaminación y sus factores de diseño.

6.3.2.3. Instrumentos de percepción Modelo FLIPPED/J.I.T.T.

Se emplearon dos instrumentos para evaluar la percepción y satisfacción de los estudiantes con respecto a la implementación del modelo FLIPPED como estrategia pedagógica en su proceso de aprendizaje.

El Cuestionario de Gilboy (Anexo 16), formulado por Gilboy, Heinerichs, y Pazzaglia (2015) evaluó el nivel de satisfacción que presenta un estudiante con respecto a la

metodología Flipped Classroom y consistió en un instrumento compuesto de 5 factores que fueron evaluados en una escala compuesta por los siguientes juicios de valor: muy en desacuerdo, en desacuerdo, opinión neutral, de acuerdo y muy de acuerdo. Los factores comprendieron aspectos como: la pertinencia de los materiales facilitados, el aprendizaje adquirido con la metodología y el papel docente en la intervención.

El segundo instrumento empleado es el S.E.E.Q o Evaluación Estudiantil de Calidad Educativa (Anexo 17), el cuál fue formulado y diseñado por Marsh (1982) para proporcionar información acerca de siete diferentes aspectos donde converge la docencia (aprendizaje, entusiasmo, organización, interacción con el grupo, trabajo individual y material) por medio de una escala Likert. Este instrumento fue implementado debido a la relevancia que posee la percepción de los estudiantes para una constante transformación del quehacer pedagógico del docente y el uso de un modelo como el FLIPPED, el cuál es distante de la educación tradicional.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.1. Resultados de la Fase Experimental y de Fundamentación Conceptual.

7.1.1. Resultados de Caracterización Físicoquímica bajo ICO's.

Antes de la recolección de la muestra y su posterior análisis se desarrolló la preparación de los estándares y reactivos requeridos (Anexo 18) para el análisis y caracterización de cada uno de los parámetros físicoquímicos en el cuerpo de agua. Este proceso se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Se ejecutó la recolección de la muestra de agua por parte del maestro en formación investigador en el punto de muestreo seleccionado. Tal proceso se llevó a cabo en temporada de lluvias, el día 16 de marzo de 2022 a las 09:30 a.m.

Figura 13. Toma de muestra en punto de muestreo puntual.



Elaboración propia.

Se desarrollaron los correspondientes análisis IN SITU de las variables seleccionadas para tal fin (conductividad, pH y Temperatura (°C)), arrojando los resultados de la Tabla 7.

Figura 14. Análisis IN SITU.



Elaboración propia.

Tabla 7. Resultados obtenidos en análisis In Situ.

<i>Parámetro</i>	<i>Resultado Obtenido.</i>
<i>Temperatura (°C)</i>	16°C
<i>Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>	330 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<i>pH (Unidades de pH)</i>	6,91

Elaboración propia.

Cabe destacar, que para la cuantificación de la conductividad se empleó un conductímetro previamente calibrado y para el pH, un pHmetro calibrado con buffer pH=4 y pH=7.

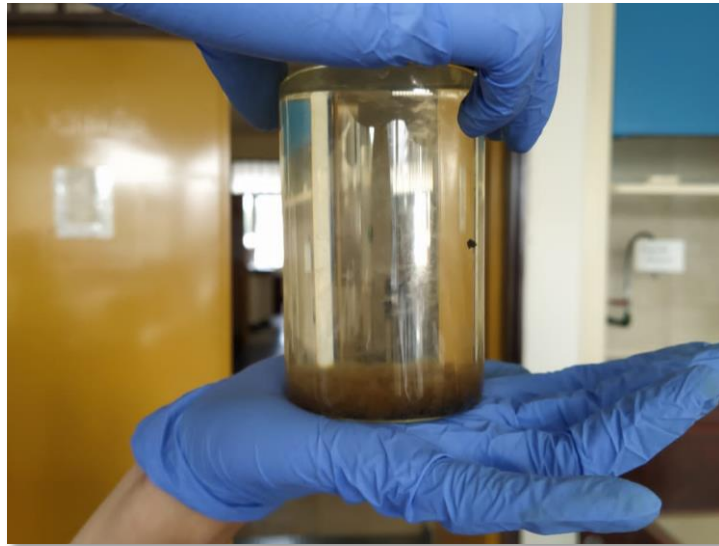
- **Cuantificación de O.D. (Oxígeno Disuelto).**

Ahora, con respecto a la cuantificación de O.D. (Oxígeno Disuelto) se recolectó la muestra con el respectivo Frasco Winkler de volumen 300 mL en campo para su posterior análisis en el laboratorio de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

En el laboratorio del DQU, se agregó 1 mL de sulfato de manganeso (reactivo preparado por el autor), álcali- yoduro- azida (reactivo preparado por el autor) y ácido sulfúrico concentrado para cualificar la presencia de oxígeno en la muestra, la cual da como resultado una coloración café miel. Se puede observar en la Figura

15, que la muestra obtenida en el punto de muestreo a través del Frasco Winkler efectivamente tiene presencia de oxígeno.

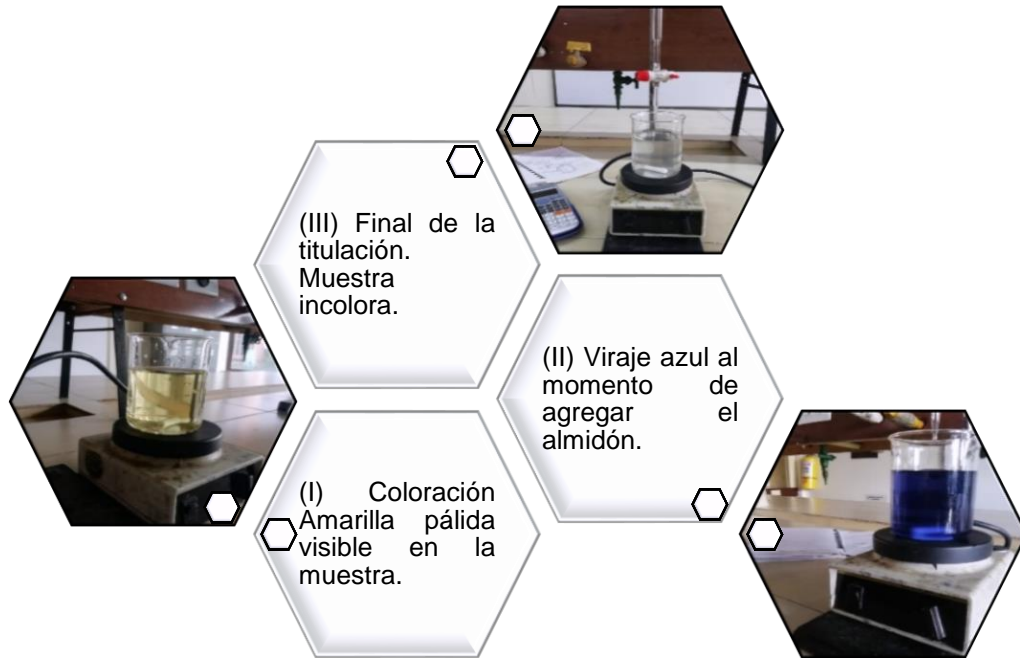
Figura 15. Resultado positivo para presencia de oxígeno en la muestra de agua.



Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el resultado cualitativo anterior, se procedió a titular 203 mL de la muestra que se encuentra en el Frasco Winkler con Tiosulfato de Sodio (0,02N) (reactivo preparado por el autor) previamente estandarizado (Anexo 19). Se agregó gota a gota el tiosulfato hasta obtener una coloración amarilla pálida, en ese momento se adicionaron 5 gotas de almidón al 5%*m/v* (reactivo preparado por el autor) como indicador, virando a un color azul. Se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul a incoloro. A partir del volumen gastado de Tiosulfato de Sodio, se cuantificó el oxígeno disuelto presente en la muestra.

Figura 16. Proceso de titulación para determinación de oxígeno disuelto.



Elaboración propia.

Se tomó como base la Ecuación 13 para la correspondiente cuantificación, teniendo en cuenta que se gastaron 9,2 mL de Tiosulfato de Sodio en la titulación:

$$O.D. \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(Vol(mL)Na_2S_2O_3)[Na_2S_2O_3]N * 8000}{203 mL} \quad (13)$$

$$O.D. \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(9,2 mL)[0,025]N * 8000}{203 mL} = 7,25 \frac{mg}{L} O.D.$$

La muestra presenta una concentración de O.D. de 7,25 mgO₂/L.

- **Cuantificación de Alcalinidad y Dureza.**

Para la cuantificación de la alcalinidad se emplearon 10 mL de la muestra del cuerpo de agua. Se tituló la muestra con ácido sulfúrico (0,02N) previamente estandarizado con Carbonato de Calcio y se empleó un indicador mixto (compuesto de rojo de metilo y azul de metileno). Se cambió de viraje de una coloración verde a un color

rojo, lo cual representa el final de la titulación (Figura 17). Cabe resaltar que debido al pH que presenta la muestra (6,91), se exterioriza esa coloración verde inicial.

Figura 17. Punto final de la titulación con Indicador Mixto.



Elaboración propia.

Para la cuantificación de la alcalinidad, se tuvo en cuenta la Ecuación 14, a partir de que se emplearon solamente 0,5 mL de ácido sulfúrico (0,02N).

$$\text{Alcalinidad} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(\text{Vol}(\text{mL})\text{H}_2\text{SO}_4)[\text{H}_2\text{SO}_4]\text{N} * 50 * 1000}{10 \text{ mL}} \quad (14)$$

$$\text{Alcalinidad} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(0,5 \text{ mL})[0,02]\text{N} * 50 * 1000}{10 \text{ mL}} = 50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

La alcalinidad que presenta la muestra de agua es de 50 mgCaCO₃/L.

Con respecto a la dureza, se emplearon 10 mL de la muestra del cuerpo de agua para su cuantificación. En este caso, se utilizó EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) como titulante y amoniaco y negro de eriocromo como indicadores. Virando de un color vino tinto a un color azul.

En la Figura 18, se puede observar que, al momento de agregar los indicadores, la muestra de agua presenta una coloración azul característica sin necesidad de titular con el EDTA, por consiguiente, se concluye que el valor de dureza que presenta la muestra de agua es 0 mgCaCO₃/L

Figura 18. Prueba cualitativa con obtención de color azul para dureza.



Elaboración propia.

- **Cuantificación de fosfatos.**

Para la cuantificación de fosfatos, se empleó el método colorimétrico Vanadato-Molibdato, haciendo uso de Espectrofotometría UV-VIS (Anexo 20). Para lo cual, se sintetizaron inicialmente dos reactivos: la solución estándar de fosfatos (50 ppm) y el reactivo vanadato-molibdato. Se prepararon los patrones que se encuentran en la tabla 8 en balones aforados de 50 mL para la construcción de la curva de calibración.

Tabla 8. Tabla base para la preparación de patrones en la cuantificación de fosfatos.

<i>Patrón</i>	<i>Blanco</i>	<i>1 ppm</i>	<i>5 ppm</i>	<i>7 ppm</i>
<i>Solución estándar de P (50 ppm)</i>		1 mL	5 mL	7 mL
<i>Reactivo Vanadato Molibdato</i>	10 mL	10 mL	10 mL	10 mL
<i>Volumen Final de Aforo</i>	50 mL	50 mL	50 mL	50 mL

Elaboración propia.

Para la muestra: Se agregaron 25 mL de la muestra, 10 mL del reactivo Vanadato-Molibdato y se aforó hasta 50 mL en un balón volumétrico.

Figura 19. Equipo de Espectrofotometría empleado, con los respectivos patrones.



Elaboración propia.

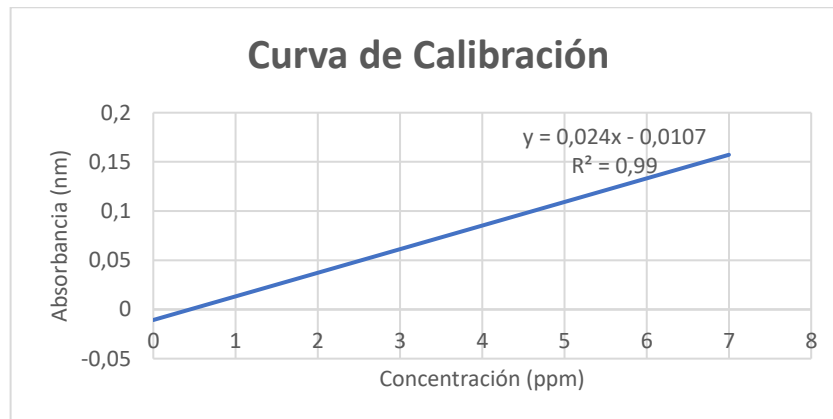
Cabe destacar que la absorbancia se examinó en una longitud de onda de 420 nm. Se obtuvieron los datos de la Tabla 9, que fundamentaron la construcción de la curva de calibración correspondiente.

Tabla 9. Resultados de absorbancia obtenidos por patrón en el análisis de Fosfatos.

ID.	TYPE	CONCENTRACIÓN (PPM)	WL420.0
BLANCO	Standard	0	-0,007
ST 1	Standard	1	0,006
ST 2	Standard	5	0,118
ST 3	Standard	7	0,152

Elaboración propia.

Figura 20. Curva de Calibración. Determinación de Fosfatos.



Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para la muestra fueron los siguientes:

SAMPLE ID	TYPE	WL420.0
MUESTRA	Unknown	0,047

A partir de la ecuación de la recta, se calculó la concentración de fosfatos (ppm) presente en la muestra.

$$y = 0,024x - 0,0107$$

$$x = \frac{0,047 - 0,0107}{0,024} = 1,51 \frac{mg}{L}$$

La muestra de agua presenta una concentración de fosfatos de 1,51 mg/L.

- **Análisis de SST (Sólidos Suspendidos Totales).**

Para la determinación de los sólidos suspendidos totales presentes en la muestra de agua, se ejecutó el siguiente proceso:

Figura 21. Proceso de cuantificación de SST.



Inicialmente, se taran las cápsulas de porcelana y el papel filtro en una estufa por 4h y se llevan a desecador.



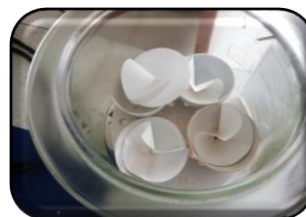
Se toma la masa de la cápsula de porcelana (m_1) y el papel filtro (m_2) con la balanza analítica.



Se filtran 10 mL de la muestra con el papel filtro tarado y un embudo de vidrio.



Se lleva el papel filtro en las cápsulas de porcelana a una estufa a 105°C por 4 h y se deja en desecador



Luego, se toma la masa de la cápsula de porcelana con el papel filtro (m_3).

A partir del procedimiento descrito en la Figura 21, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultados obtenidos en la determinación de SST.

Masa de la cápsula de porcelana (m_1)	Masa del papel filtro cualitativo (m_2)	Masa de la cápsula de porcelana + papel filtro (m_3)
34,697 g	0,614 g	35,319 g
52,981 g	0,609 g	53,601 g
46,628 g	0,632 g	47,349 g

Elaboración propia.

Se empleó la Ecuación 15 para la cuantificación de SST por triplicado:

$$SST = \frac{\left(m_3 - (m_1 + m_2) \left(\frac{1 \times 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) \right)}{0,01 \text{ L}} \quad (15)$$

$$SST_1 = \frac{\left(35,319 \text{ g} - (34,697 \text{ g} + 0,614) \left(\frac{1 \times 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) \right)}{0,01 \text{ L}} = 800 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$SST_2 = \frac{\left(53,601 \text{ g} - (52,981 + 0,609) \left(\frac{1 \times 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) \right)}{0,01 \text{ L}} = 1100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$SST_3 = \frac{\left(47,349 \text{ g} - (46,628 + 0,632) \left(\frac{1 \times 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) \right)}{0,01 \text{ L}} = 8900 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

La muestra de agua presentó una concentración de SST correspondiente a 3600 mg/L.

- **Cuantificación de Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

La cuantificación de la Demanda Química de Oxígeno se desarrolló teniendo como base la metodología de Espectrofotometría UV-VIS. En primer lugar, se preparó el stock que consistió en Biftalato de potasio a una concentración de 1000 ppm y el reactivo de dicromato de potasio al 1,2 %m/v. Luego, se dispuso una gradilla de 10 tubos de ensayo tapa rosca que contienen la composición descrita en la siguiente tabla:

Tabla 11. Tabla base para elaboración de patrones en la determinación de DQO.

	B.K (1000 ppm) (mL)	K₂Cr₂O₇ 1,2% m/v. (mL)	[H₂SO₄] (mL)	Aforo de agua destilada(mL) hasta:
Tubo 1 (50 ppm)	0,25	0,8	2,5	5
Tubo 2 (100 ppm)	0,5	0,8	2,5	5
Tubo 3 (150 ppm)	0,75	0,8	2,5	5
Tubo 4 (200 ppm)	1	0,8	2,5	5
Tubo 5 (250 ppm)	1,25	0,8	2,5	5
Tubo 6 (300 ppm)	1,5	0,8	2,5	5
Tubo 7 (Blanco 1,7 mL Agua destilada)		0,8	2,5	
Tubo 8, 9 y 10 (Muestra 1,7 mL)		0,8	2,5	

Elaboración propia.

Figura 22. Gradilla de tubos de ensayo tapa rosca con composición descrita para el análisis de DQO.



Elaboración propia.

Cuando los tubos de ensayo presenten tal composición, se llevan a digestión en baño de maría hasta ebullición (Anexo 21), se dejan enfriar y se analizan en

espectrofotometría UV-vis a una longitud de onda de 440 nm en celdas de vidrio. Se presentan los siguientes resultados:

Tabla 12. Resultados de absorbancia obtenidos en el análisis de DQO.

ID.	Type	Concentración (ppm)	WL420.0
BLANCO	Standard	0	1,973
50 ppm	Standard	50	1,626
100 ppm	Standard	100	1,370
150 ppm	Standard	150	1,193
200 ppm	Standard	200	0,770
250 ppm	Standard	250	0,728
300 ppm	Standard	300	0,439

Elaboración propia.

Se desarrolla análisis de triplicado de muestra:

Tabla 13. Resultados de absorbancia obtenidos en el análisis de DQO para muestra.

ID.	TYPE	WL420.0
MUESTRA 1	Standard	2,615
MUESTRA 2	Standard	2,513
MUESTRA 3	Standard	2,392

Elaboración propia.

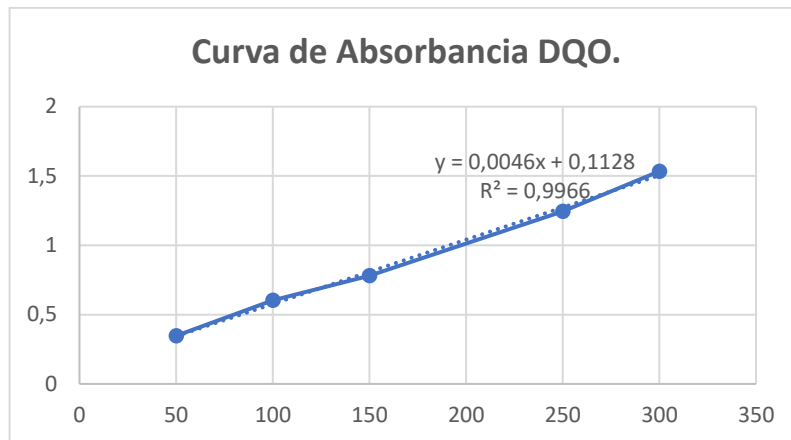
Se calculan las correspondientes absorbancias corregidas:

Tabla 14. Tabla de absorbancias corregidas en el análisis de DQO.

Concentración (ppm)	Absorbancia corregida.
50	0,347
100	0,603
150	0,78
200	1,203
250	1,245
300	1,534

Elaboración propia.

Figura 23. Curva de Absorbancia DQO.



Elaboración propia.

A partir del tratamiento matemático efectuado, se puede enunciar que el valor de **DQO** para la muestra es 0 mgO₂/L.

- **Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

Con respecto a la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, se recolectó una cantidad de 300 mL de muestra en un frasco Winkler. Adicionalmente se emplearon otros dos frascos Winkler, compuestos de blancos con agua destilada. Estos frascos, fueron cubiertos de papel aluminio y periódico, y trasladados a la oscuridad a un tiempo aproximado de 5 días.

Transcurrido el tiempo sugerido, se ejecutó el análisis cualitativo para denotar la presencia de oxígeno en la muestra del frasco Winkler, por lo que se adicionó 1 mL de sulfato de manganeso, 1 mL de álcali- yoduro-azida y 1mL de ácido sulfúrico concentrado. En la Figura 24 se ilustra una comparación entre el frasco Winkler de la muestra (izquierda) y el frasco Winkler del blanco (derecha), luego de la adición de los reactivos. La muestra presenta resultado negativo para presencia de oxígeno, en comparación con el blanco que presenta la coloración café miel característica. Esto puede darse, porque las bacterias presentes en el agua consumieron la totalidad de oxígeno de la muestra.

Figura 24. Contraposición entre muestra y blanco. Resultado negativo para presencia de oxígeno.



Elaboración propia.

Por consiguiente, no se desarrolla la titulación sugerida con Tiosulfato de Sodio (0,02N) y la demanda bioquímica de oxígeno presente en la muestra del cuerpo hídrico es de: 0 mgO₂/L.

- **Coliformes Totales y Fecales.**

De acuerdo con el estudio desarrollado por el laboratorio externo ASEBIOL, la muestra de agua, CUMPLE con los límites establecidos en lo que respecta a la presencia de Coliformes Totales y Fecales.

Tabla 15. Resultados Generales de los ICO's.

Índice de Contaminación (ICO's)	Parámetros	Resultado de Análisis	Tratamiento del Resultado	Resultado FINAL.	Cumplimiento con Acuerdo 043 Bogotá. (SÍ CUMPLE/ NO CUMPLE).	Datos obtenidos por (Márquez y Barrero, 2015). AÑO 2010.
Índice de Contaminación por Mineralización. (ICOMI)	Conductividad	330 μ S/cm	Empleando la ecuación 2 y 3. $Log_{10}I_{Conduc.} = -3,26 + 1,34Log_{10}(330(\frac{\mu S}{cm}))$ $I_{Conduc.} = 10^{0,115} = 1,30$	Empleando la ecuación 1. ICOMI $= \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$ $ICOMI = \frac{1}{3} (1,30 + 0 + 0) = 0,43$	N/A	560 μ S/cm
	Dureza	0 mg CaCO ₃ /L	Como el valor de la dureza es igual o <50, $I_{dureza.} = 0$	GRADO DE CONTAMINACIÓN MEDIO.	N/A	N/A
	Alcalinidad	50 mg CaCO ₃ /L	Como el valor de la alcalinidad es igual o <50, $I_{alcal.} = 0$		N/A	N/A
Índice de contaminación por Materia Orgánica. (ICOMO)	DBO ₅	0		ICOMO $= \frac{1}{3} (0 + 0 + 0,4066)$ $= 0,13$	CUMPLE	8 mgO ₂ /L.
	Coliformes Tot.	0			CUMPLE	104600 NMP/100 mL
	O.D.	7,25 mgO ₂ /L.	Porcentaje de Saturación: 59,34% $I_{OD.}$ $= 1 - 0,01(\% \text{ Saturación } O. D.)$ $I_{OD.} = 0,4066$	GRADO DE CONTAMINACIÓN NULO.	CUMPLE	N/A

Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	SST	3600 mg/L	Como el valor de los SST es mayor a 340 mg/L, ICOSUS= 1.	GRADO DE CONTAMINACIÓN MUY ALTO.	NO CUMPLE	50 mg/L
Índice de contaminación trófico (ICOTRO).	Fósforo Total.	1,57 ppm	El resultado descrito se convierte a unidades de ppb para evaluar el valor con respecto a la Tabla 2. 1,57 ppm= 1570 ppb.	CATEGORÍA TRÓFICA HIPEREUTRÓFICA.	NO CUMPLE	0,29 ppm
Índice de contaminación por pH (ICOpH).	pH	6,91	Teniendo en cuenta que el valor de pH es menos a 7, se empleará como base la Ecuación 12. $\text{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45\text{pH}}}{1 + e^{-31,08+3,45\text{pH}}}$ $\text{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45(6,91)}}{1+e^{-31,08+3,45(6,91)}} = 7,16 \times 10^{-4}$	$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45(6,91)}}{1 + e^{-31,08+3,45(6,91)}}$ $= 7,16 \times 10^{-4}$ GRADO DE CONTAMINACIÓN NINGUNO.	CUMPLE	7,36

Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica y los antecedentes presentados por Márquez y Barrero (2015), se presenta una disminución en la calidad del cuerpo hídrico en parámetros como Fósforo Total y Sólidos Suspendidos. Tales parámetros serán esenciales para la fundamentación de la propuesta.

- **Cuantificación de Metales Pesados.**

Para el desarrollo de la cuantificación de metales pesados, se empleó la técnica de espectroscopia de absorción atómica (AA) (Anexo 22). Se analizó la presencia de los metales Fe y Cu en la muestra. Inicialmente se tomaron 100 mL de la muestra problema y se acidificaron con ácido nítrico a pH=2.

Concentración de Hierro.

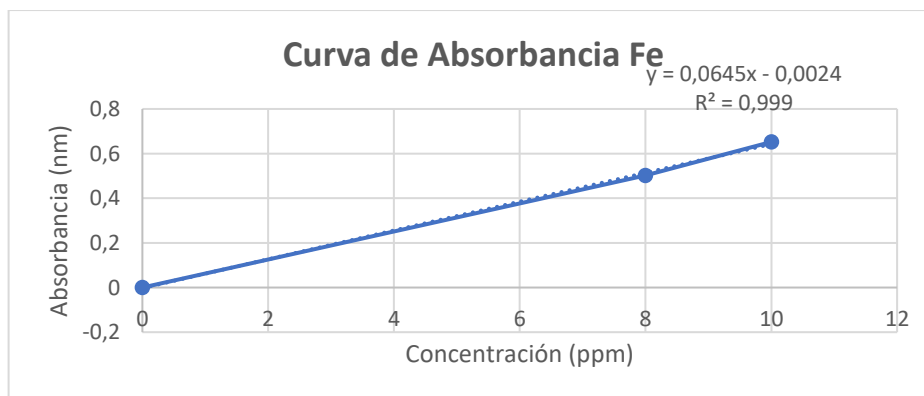
Se obtuvieron los siguientes resultados de absorbancia para el hierro, a partir del estudio de 2 patrones previamente preparados y el blanco:

Tabla 16. Datos de absorbancia obtenidos con los Patrones de Fe.

<i>Patrones (ppm)</i>	<i>Absorbancia Fe</i>
0	0
8	0,5019
10	0,6523

A partir de estos resultados experimentales, se construye la respectiva curva de absorción:

Figura 25. Curva de Absorbancia para el Hierro en el análisis por AA.



Elaboración propia.

Para la muestra se obtiene un valor de absorbancia de 0,0289nm y con la ecuación de la recta se desarrolla el cálculo de [mg Fe/L], que da como resultado: 0,448 mg Fe/L.

Se ejecuta el cálculo del valor promedio y la desviación estándar de blancos obteniendo los siguientes valores:

Tabla 17. Valor promedio y desviación estándar de blancos en análisis de Fe por AA.

<i>Promedio (\bar{x})</i>	<i>Desviación Estándar (s)</i>
0,0040375	0,00260106

Con la siguiente ecuación, se desarrolla el cálculo del límite de detección:

$$Lim. Det. = (\bar{x} + 3 * s)$$

$$Lim. Det. = (0,0040375 + 3 * 0,00260106)$$

$$Lim. Det. = 0,011840693$$

Posteriormente, se lleva a cabo la determinación del límite de cuantificación:

$$Lim. Cuant. = (\bar{x} + 10 * s)$$

$$Lim. Cuant. = (0,0040375 + 10 * 0,00260106)$$

$$Lim. Cuant. = 0,030048143$$

Se cuantifica la concentración del límite de detección y el límite de cuantificación a partir del valor de la pendiente de la ecuación de la recta de la curva de absorción:

Tabla 18. Resultados de [Límite de Detección] y [Límite de Cuantificación] en análisis de Fe por AA.

<i>[Límite de Detec.]</i>	<i>[Límite de Cuant.]</i>
$[Lim. Det.] = \frac{Lim. Det.}{0,0645}$	$[Lim. Cuant] = \frac{Lim. Cuant.}{0,0645}$
$[Lim. Det.] = 0,1836$	$[Lim. Cuant] = 0,4659$

Teniendo en cuenta que el valor de [mg Fe/L] es menor que [Lim. Cuant] se puede concluir que la concentración de hierro en la muestra es <0,4659 mg Fe/L

Concentración de Cobre.

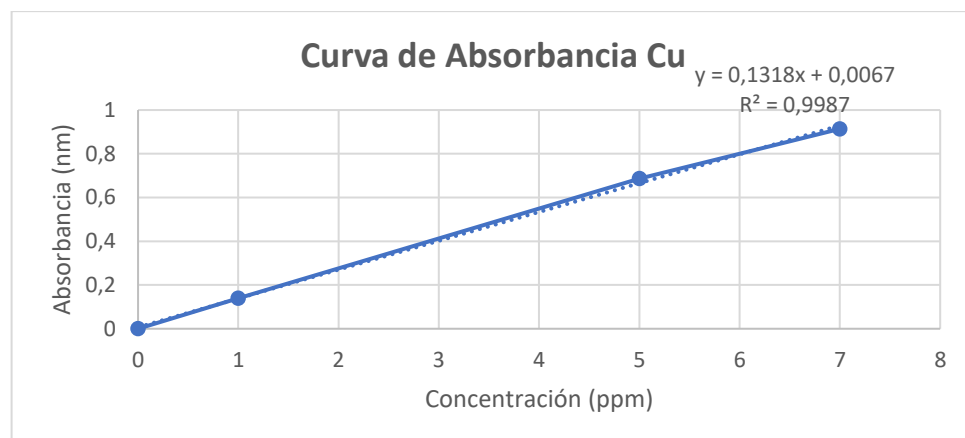
Se obtuvieron los siguientes resultados de absorbancia para el cobre, a partir del estudio de 3 patrones previamente preparados y el blanco:

Tabla 19. Datos de absorbancia obtenidos con los Patrones de Cu.

Patrones (ppm)	Absorbancia Cu.
0	0
1	0,1392
5	0,687
7	0,9139

Con los datos de la tabla se construye la correspondiente curva de absorbancia:

Figura 26. Curva de Absorbancia para el Cobre en el análisis por AA.



Elaboración propia.

Para la muestra se obtiene un valor de 0 mg Cu/L.

Figura 27. Análisis de Cobre con equipo de AA.



Elaboración propia.

Se desarrolla el cálculo del valor promedio y la desviación estándar de blancos que como resultado los siguientes valores:

Tabla 20. Valor promedio y desviación estándar de blancos en análisis de Cu por AA.

<i>Promedio (\bar{x})</i>	<i>Desviación Estándar (s)</i>
0,002672727	0,001293129

Con la siguiente ecuación, se desarrolla el cálculo del límite de detección:

$$Lim. Det. = (\bar{x} + 3 * s)$$

$$Lim. Det. = (0,002672727 + 3 * 0,001293129)$$

$$Lim. Det. = 0,006552113$$

Se lleva a cabo la determinación del límite de cuantificación:

$$Lim. Cuant. = (\bar{x} + 10 * s)$$

$$Lim. Cuant. = (0,002672727 + 10 * 0,001293129)$$

$$Lim. Cuant. = 0,015604014$$

Ahora, se cuantifica la concentración del límite de detección y el límite de cuantificación a partir del valor de la pendiente de la ecuación de la recta de la curva de absorción:

Tabla 21. Resultados de [Límite de Detección] y [Límite de Cuantificación] en análisis de Cu por AA.

<i>[Límite de Detec.]</i>	<i>[Límite de Cuant.]</i>
$[Lim. Det.] = \frac{Lim. Det.}{0,1318}$	$[Lim. Cuant] = \frac{Lim. Cuant.}{0,1318}$
$[Lim. Det.] = 0,050$	$[Lim. Cuant] = 0,118$

Se lleva a cabo el siguiente tratamiento matemático para el cálculo de la concentración de la muestra:

$$[Muestra] = \frac{0,0012}{0,1318} = 0,009 \frac{mg\ Cu}{L}$$

El valor de [mg Cu/L] es menor que [Lim. Det.] por lo tanto la concentración de cobre en la muestra es <0,0050 mg Cu/L

7.1.2. PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN.

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica se propone la construcción de un sistema de humedales artificiales constituyente de tres niveles para contribuir a la mejora de los parámetros que presentaron altos y medios rangos de contaminación en los análisis de los ICO's de Ramírez, Restrepo, y Viña (1997), tales como: fósforo total y sólidos suspendidos.

Elección de Zona:

La zona propuesta para la construcción del sistema de humedales artificiales corresponde a la entrada de la Quebrada La Salitrosa al Humedal La Conejera. Es de resaltar que la zona es cercada, lo que permite la protección del humedal artificial y el cuidado del montaje empleado.

Figura 28. Ubicación de propuesta.



Fuente: Google Maps.

Forma:

Se expone la forma que tendrán los humedales artificiales a construir. Se recomiendan de forma rectangular, ya que de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2015), esta forma geométrica presenta mayor eficiencia en la reducción de contaminantes con lo que respecta a evitar flujos y fugas del material.

Elección de Macrófitas:

Se propone un sistema de tres niveles para brindar una mayor eficiencia de descontaminación debido a la presencia de tres macrófitas diferentes con propiedades puntuales. La primera macrófita que fue selecta hace parte del Informe de monitoreo de Biodiversidad del año 2021 del Parque Humedal La Conejera, para presentar mayor fiabilidad con respecto a su adaptabilidad y resistencia climática en la zona:

- ***Schoenoplectus californicus (Tatora) (Nivel A).***

Esta planta crece en profundidades entre los 5 cm y los 3 m, es considerada de clima templado y posee una temperatura óptima de desarrollo de 16 a 27°C. Permite la reducción de aproximadamente el 85% de metales pesados, 99,9% de patógenos y 20% de fósforo total en tratamiento con humedales artificiales. (Soto Fuster, 2016).

A partir de una investigación desarrollada por Coaquira (2018) el uso de esta especie presentó una eficiencia del 60,2% en la remoción de sólidos suspendidos.

Las otra macrófita propuesta presentan adaptabilidad y resistencia con la condición climática de la zona de acuerdo con el Catálogo de Plantas Invasoras de los Humedales de Bogotá:

- ***Typha angustifolia (Tule) (Nivel B).***

Esta especie vegetal tiene una capacidad de remoción de aproximadamente el 83,33 % de sólidos suspendidos totales (SST) y posee la facultad de eliminar tentativamente 76,54% de metales pesados como cromo. Igualmente presenta la posibilidad de remover aproximadamente el 99,9% de coliformes totales y fecales. (Villaroel, 2005)

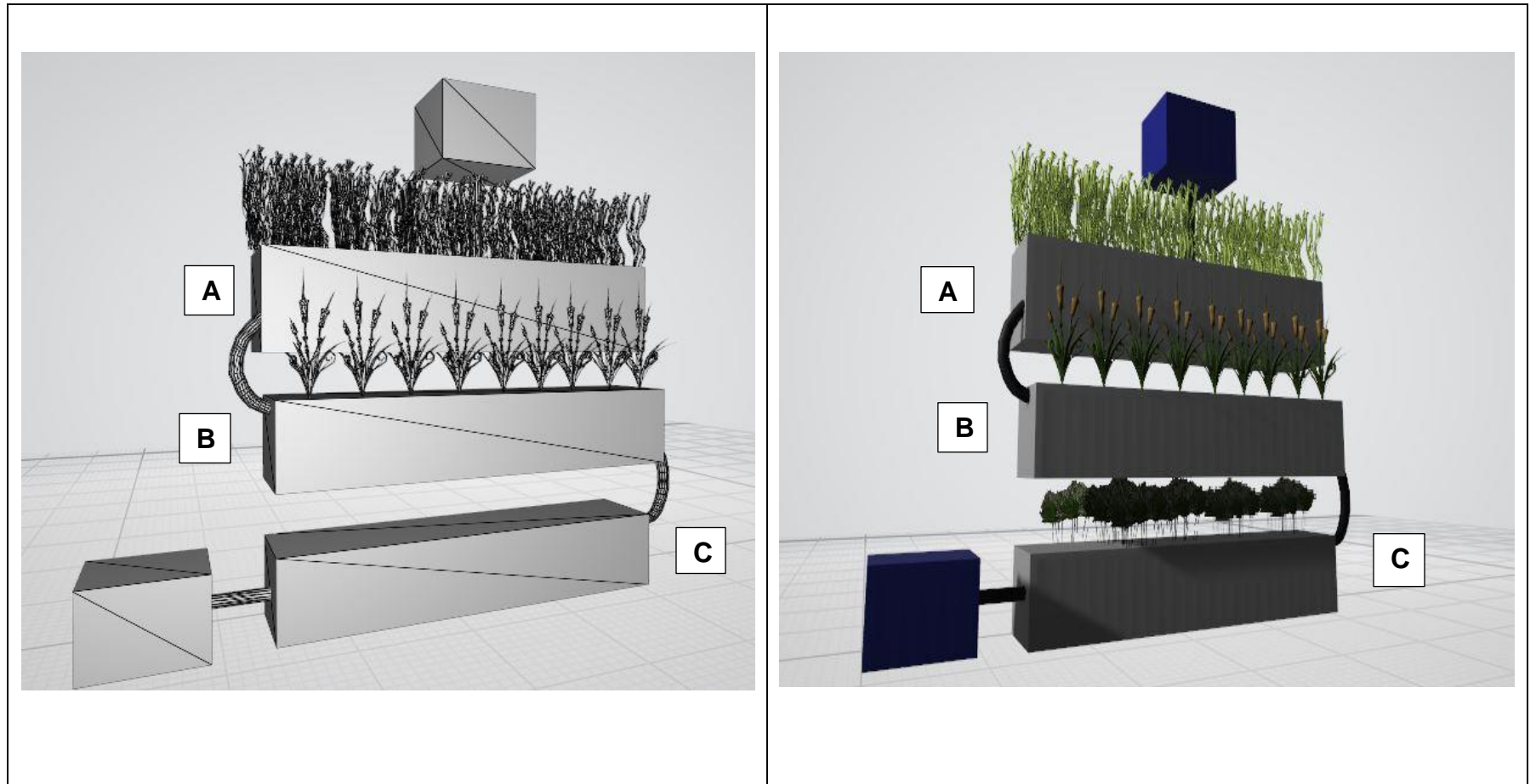
También, se sugiere la implementación de la ***Cyperus papyrus (papiro) (Nivel C)***, ya que de acuerdo con un estudio desarrollado en Costa Rica por Pérez, Alfaro, Sasa, y Agüero (2013) esta especie vegetal evidencia una eficiencia de remoción del 75% para fósforo y 73% para sólidos suspendidos totales.

Finalmente, en los tres niveles se propone adicionar unos ejemplares de la macrófita ***Eichornia crassipes (lirio acuático)*** que favorece propiedades como la remoción de fósforo total con un porcentaje del 96,34%, sólidos suspendidos 96,72% y metales pesados como hierro (89,30%). (Sarango y Sánchez, 2016)

Estructura:

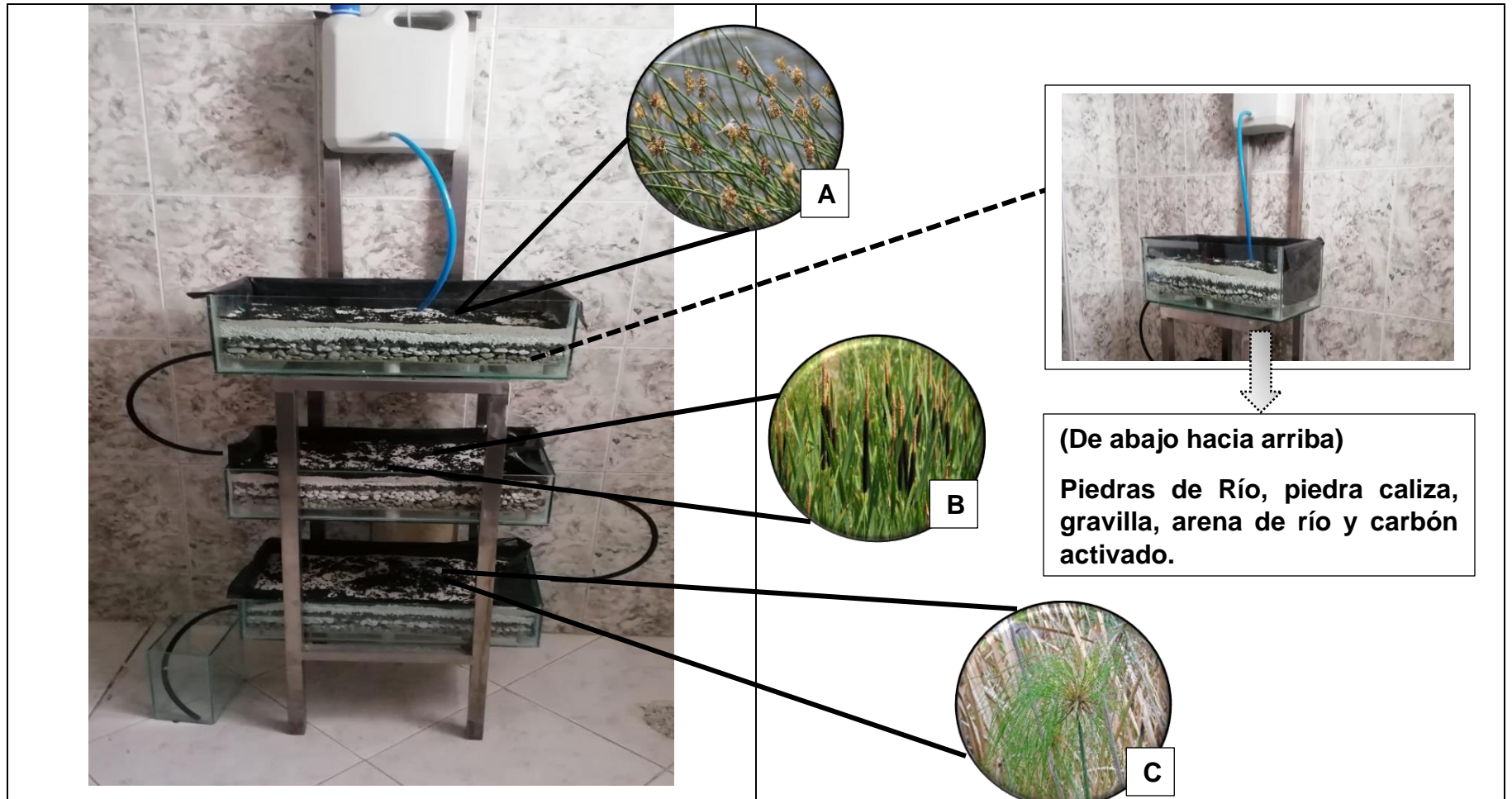
Los tres niveles constan de humedales artificiales de tipo subsuperficial con composición de arena, grava, piedra y carbón activado como lecho filtrante. El carbón activado es relevante debido a que brinda tratamiento a parámetros como color y olor en el agua ampliando sus posibilidades de reúso. Igualmente, se presenta una geomembrana en la parte exterior que es empleada como sistema de impermeabilización. El simulador diseñado se desarrolló con acero para construcción del soporte, vidrio, arena de río, gravilla y piedra de río y caliza con la correspondiente geomembrana y manguera de 8mm como conducto. (Figura 29 y 30).

Figura 29. Diseño Estructural de la Propuesta de Humedal Artificial.



Elaboración y autoría propia.

Figura 30. Prototipo de Humedal Artificial Construido.



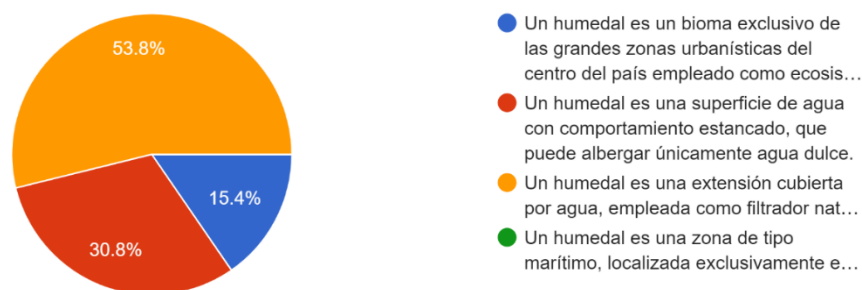
Elaboración propia.

7.2. Resultados de la Fase de Implementación y Recolección de Instrumentos.

7.2.1. Prueba de Entrada Tipo Cuestionario.

1. ¿Qué es un humedal?

Figura 32. Respuestas a Cuestionario. Definición de Humedal.



Elaboración propia.

Tabla 22. Respuestas a Cuestionario. Definición de Humedal.

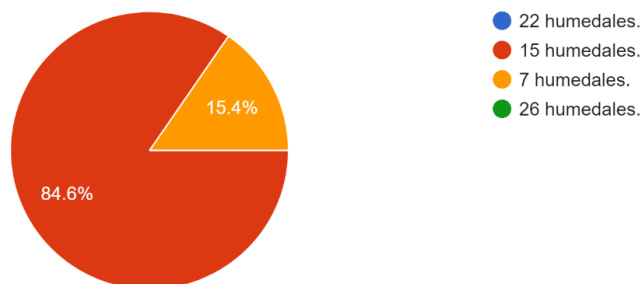
Respuesta Correcta	Respuestas Incorrectas
53,8 % Opción C.	46,2% Opción A y B.

Elaboración propia.

En la figura 32 y la tabla 22 se puede observar que el 53,8% de los estudiantes seleccionó la opción correcta con respecto a la definición de humedal. La Secretaría de la Convención RAMSAR (2010), precisa a los humedales como aquellas extensiones de marismas, turberas, pantanos y extensiones de carácter marino que pueden contener aguas saladas o dulces. El 30,8% de los estudiantes localizan a los humedales exclusivamente por su cercanía a lagos y lagunas omitiendo la presencia de humedales de planicie como las chucuas o pantanos de agua dulce ubicados en la ciudad de Bogotá. (Departamento Administrativo del Medio Ambiente, 2006).

1.1. ¿Cuántos humedales reconocidos posee la ciudad de Bogotá?

Figura 33. Respuestas a Cuestionario. Cantidad de Humedales.



Elaboración propia.

Tabla 23. Respuestas a Cuestionario. Cantidad de Humedales.

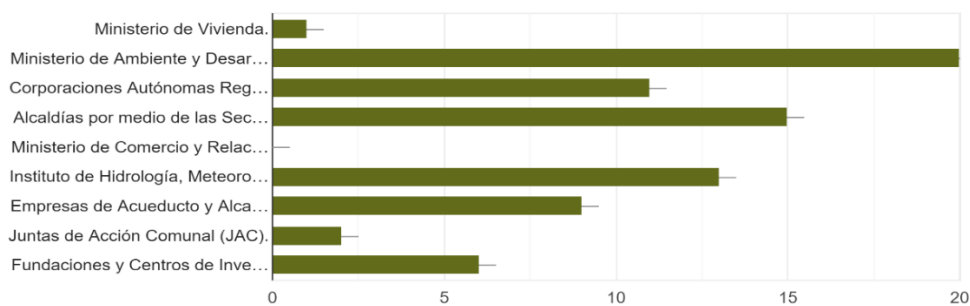
Respuesta Correcta	Respuestas Incorrectas
84,6 % Opción B.	15,4% Opción C.

Elaboración propia.

Un 84,6% de los estudiantes reconoce correctamente la cantidad (15) de humedales reconocidos que posee la ciudad de Bogotá. El 15,4% posee desconocimiento con respecto a la presencia total de estos ecosistemas, esto puede deberse por la falta de accesibilidad, comprensión y explicación de los espacios geográficos, los cuales representan una oportunidad única para el desarrollo de actitudes y responsabilidad social. (Pérez y Rodríguez, 2006).

2. ¿Qué entes se encargan del control y preservación ambiental de los humedales en Colombia? Seleccione los que crea que desarrollan esta labor en el país.

Figura 34. Respuestas a Cuestionario. Entes de Control.



Elaboración propia.

Tabla 24. Respuestas a Cuestionario. Entes de Control.

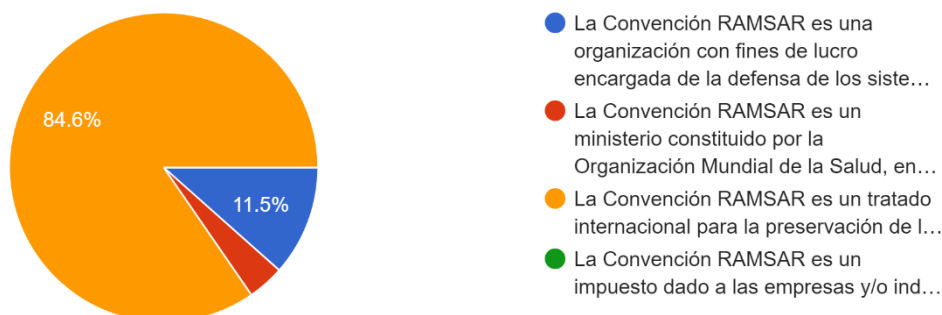
Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
74	3

Elaboración propia.

Tal y como se enuncia en la tabla 24, se presentaron 74 respuestas correctas con respecto al conocimiento de los entes gubernamentales encargados de la preservación de los humedales en nuestro país. De acuerdo con el IDEAM, organizaciones como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las Corporaciones Autónomas Regionales ejecutan y promueven políticas y programas regionales y nacionales en dependencia con los recursos naturales y la sostenibilidad. Los humedales hacen parte del objetivo de desarrollo sostenible 6: Agua Limpia y Saneamiento. (Morán, 2020)

3. ¿Qué es la convención RAMSAR?

Figura 35. Respuestas a Cuestionario. Convención RAMSAR.



Elaboración propia.

Tabla 25. Respuestas a Cuestionario. Convención RAMSAR.

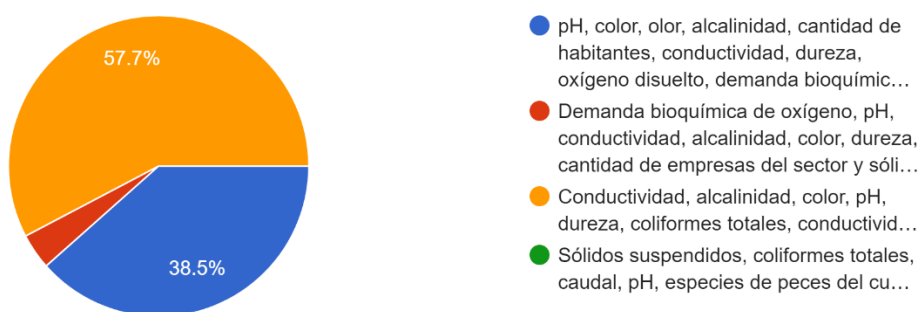
Respuesta Correcta	Respuestas Incorrectas
84,6 % Opción C.	15,4% Opción A y B.

Elaboración propia.

En la figura y la tabla correspondiente, se evidencia que el 84,6% de los estudiantes reconocen a la Convención RAMSAR como un tratado internacional encargado de la preservación de los humedales. Sin ningún tipo de costo, los gobiernos que quieran adherirse a la Convención deben comprometerse a preservar los humedales y evitar a toda costa su degradación, por medio de su conservación y uso racional, brindando oportunidades de investigación y ecoturismo. (Convención RAMSAR sobre los humedales., 2018).

4. ¿Qué parámetros fisicoquímicos cree que deben ser analizados para categorizar la calidad de un cuerpo hídrico?

Figura 36. Respuestas a Cuestionario. Parámetros fisicoquímicos.



Elaboración propia.

Tabla 26. Respuestas a Cuestionario. Parámetros fisicoquímicos.

Respuesta Correcta	Respuestas Incorrectas
57,7 % Opción C.	42,3% Opción A y B.

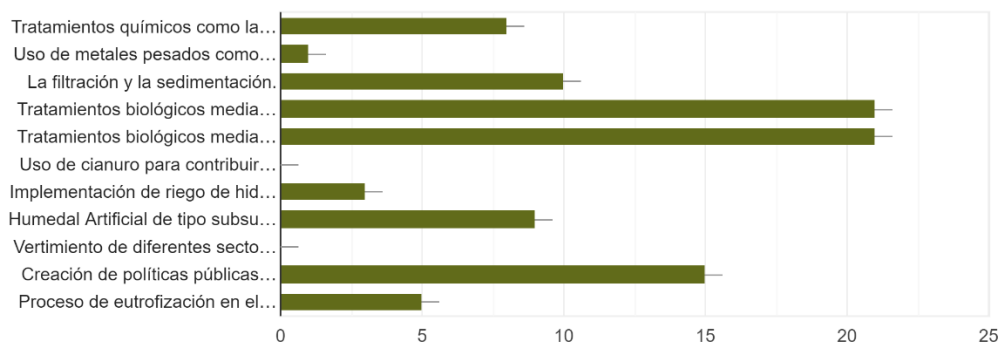
Elaboración propia.

En la figura y la tabla, se logra apreciar que el 57,7% de los estudiantes logra identificar los parámetros fisicoquímicos requeridos para la caracterización de la calidad de un cuerpo hídrico. En caso contrario, se observa que un 42,3% de los alumnos categorizan como parámetros fisicoquímicos a cantidad de habitantes y cantidad de empresas del sector. Ramírez, Restrepo, y Viña (1997) formularon los índices de contaminación (ICO's), que involucran parámetros fisicoquímicos como

pH, conductividad, alcalinidad, dureza, coliformes totales, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto, necesarios para el estudio de cuerpos hídricos.

5. El Humedal La Conejera es uno de los centros pioneros en educación ambiental de la ciudad, y de ahí radica su preservación. ¿Cuáles de los siguientes tratamientos consideraría usted más viables para el tratamiento de aguas residuales que pueden ingresar al humedal?.

Figura 37. Respuestas a Cuestionario. Tratamientos de Aguas Residuales.



Elaboración propia.

Tabla 27. Respuestas a Cuestionario. Tratamientos de Aguas Residuales.

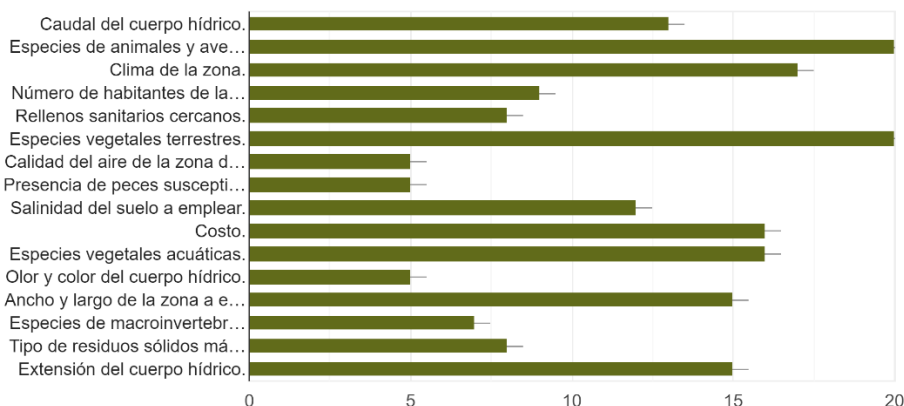
Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
69	9

Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos, se pueden contraer 69 respuestas correctas con respecto a los tratamientos que se pueden desarrollar en aguas residuales, alcanzando una misma frecuencia, las opciones de tratamientos biológicos a partir de microorganismos y vegetales. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2015) procesos como la sedimentación, la degradación microbiana, la precipitación y la radiación ultravioleta permiten la remoción de contaminantes como los sólidos suspendidos, el fósforo, los patógenos y la demanda bioquímica de oxígeno.

6. Seleccione los parámetros a tener en cuenta para la construcción y diseño de un Humedal Artificial.

Figura 38. Respuestas a Cuestionario. Parámetros de diseño de Humedales Artificiales.



Elaboración propia.

Tabla 28. Respuestas a Cuestionario. Parámetros de diseño de Humedales Artificiales.

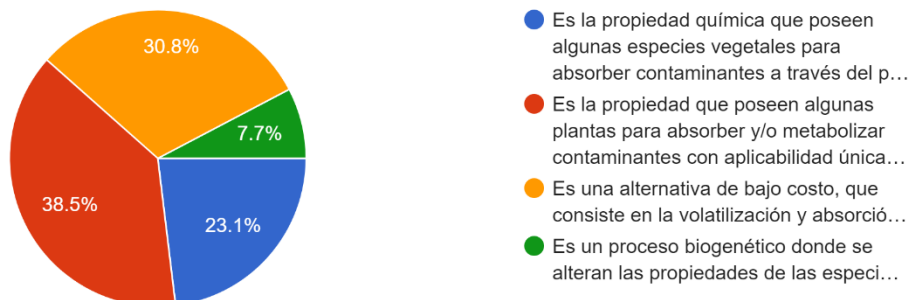
Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
101	90

Elaboración propia.

Se presentaron un total de 101 respuestas correctas y 90 respuestas incorrectas en este ítem. Los principales parámetros a tener en cuenta para la construcción de un humedal artificial de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2015) son el caudal del cuerpo hídrico, el clima de la zona (que va a ser esencial para la supervivencia de las especies vegetales empleadas), el número de habitantes de la zona, los costos (enfanzados en el tipo de materiales a emplear), las especies vegetales adecuadas para la remoción de contaminantes específicos, el área requerida para un buen funcionamiento y la extensión del cuerpo hídrico.

7. ¿Qué es la fitorremediación?

Figura 39. Respuestas a Cuestionario. Fitorremediación.



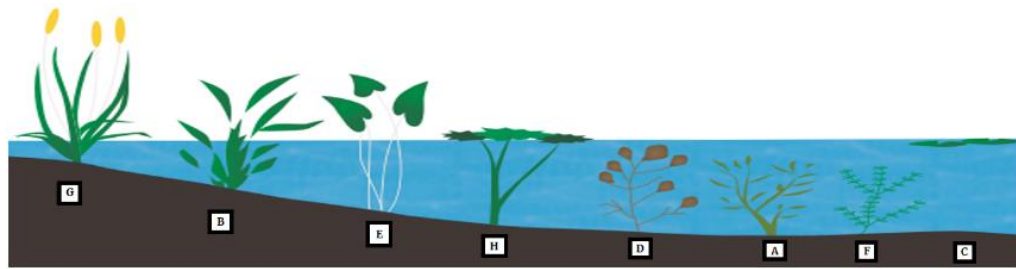
Elaboración propia.

Tabla 29. Respuestas a Cuestionario. Fitorremediación.

Respuesta Correcta	Respuestas Incorrectas
57,7 % Opción C.	42,3% Opción A y B.

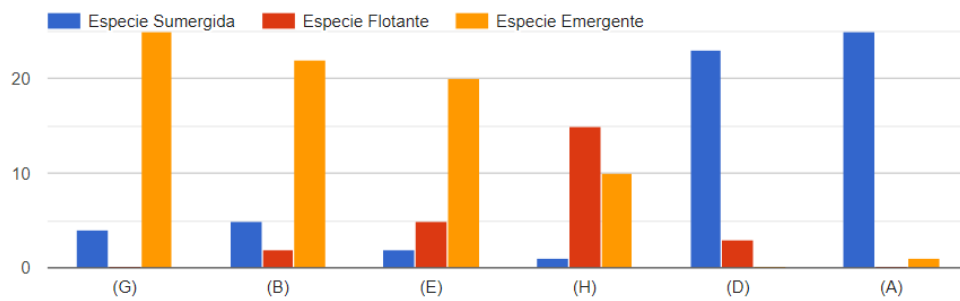
Un 30,8% de los alumnos tienen conocimiento acerca de la definición de fitorremediación como una alternativa de tratamiento sostenible y de bajo costo mediante el uso de especies vegetales. Un 38,5% considera que la única aplicabilidad que puede presentar este tipo de tratamiento es en suelos, pero Nuñez, Meas, Ortega, y Olgúin (2004), afirman que esta tecnología también permite la restauración y limpieza de ambientes como el aire y el agua. Un porcentaje de estudiantes (23,1%) relacionan el proceso de fotosíntesis con la fitorremediación, posición errónea de acuerdo a Nuñez, Meas, Ortega, y Olgúin (2004), debido a que es un proceso bioquímico asociado al sistema de raíz de las plantas, y sin ninguna relación con el proceso de nutrición de las mismas.

8. Las macrófitas empleadas en los humedales artificiales son primordiales para su eficiencia, ¿Cómo las categorizaría? Observe la imagen y relacione según corresponda.



Adaptado de: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México) (2015)

Figura 40. Respuestas a Cuestionario. Especies Vegetales.



Elaboración propia.

Tabla 30. Respuestas a Cuestionario. Especies Vegetales.

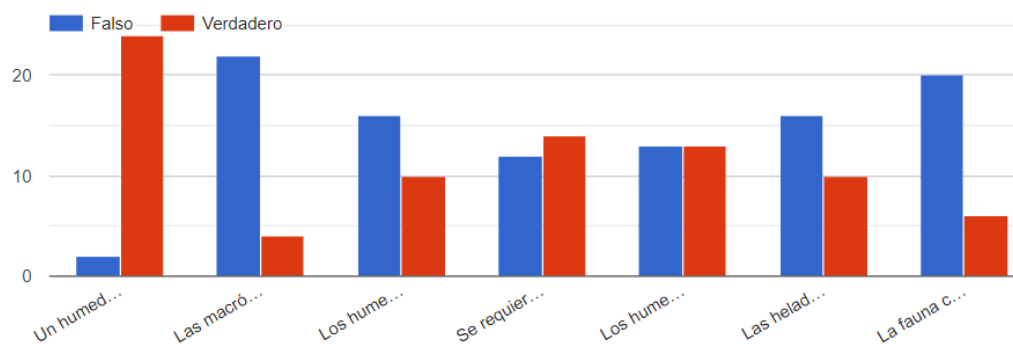
Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
168	47

Elaboración propia.

A partir de los datos de la Tabla 30, se señalan 168 respuestas correctas y 47 incorrectas por parte de los estudiantes en este ítem. En general, los estudiantes presentaron satisfactoriamente la capacidad de categorizar cada una de las especies vegetales propuestas de acuerdo con su desarrollo en un cuerpo de agua. La relevancia de las especies vegetales radica en la elección del tipo de humedal artificial a construir, la asimilación de cargas contaminantes, el uso de especies locales que sobrevivan a condiciones climáticas propias del entorno y la profundidad de instalación. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2015).

9. Asigne juicio de valor V o F, con respecto a cada uno de los siguientes razonamientos:

Figura 41. Respuestas a Cuestionario. Juicios de Valor.



Elaboración propia.

Tabla 31. Respuestas a Cuestionario. Juicios de Valor.

Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
119	63

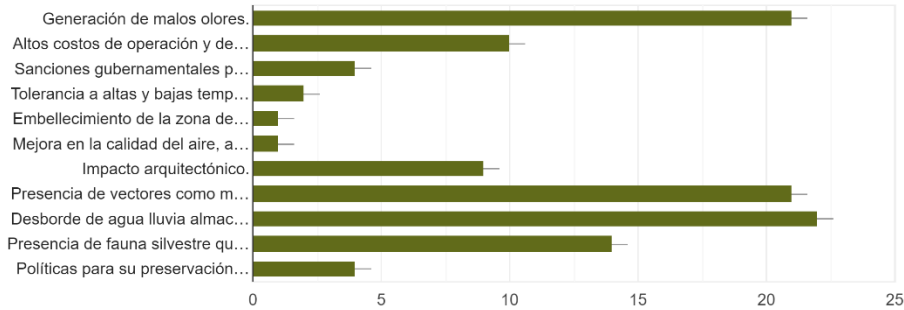
Elaboración propia.

Con respecto a este ítem, se sistematizaron 119 respuestas correctas y 63 incorrectas por parte de los estudiantes. Cabe destacar que analizaron de forma eficaz cada una de las variables para la construcción y funcionamiento de un humedal artificial, tales como: el cercado del montaje para prevenir el desgaste y daño de material por factores externos como animales domésticos, las heladas como condición climática que puede generar afectaciones a las macrófitas y la eficacia que presenta para el tratamiento de nitrógeno y fosforo en aguas residuales. (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2015).

10. En el Centro Empresarial de Santa Bárbara ubicado en la localidad de Usaquén con ayuda de las empresas del sector se invirtieron 70.000 millones de pesos para la construcción de un humedal artificial en la plazoleta principal de esta exclusiva zona. (Fuente: Cívico). ¿Qué

posibles desventajas podría traer a corto y largo plazo tal humedal si no es operado correctamente?

Figura 42. Respuestas a Cuestionario. Ventajas y desventajas de los Humedales Artificiales.



Elaboración propia.

Tabla 32. Respuestas a Cuestionario. Ventajas y desventajas de los Humedales Artificiales.

Nº Respuestas Correctas	Nº Respuestas Incorrectas
73	36

Elaboración propia.

Mediante la información obtenida se puede observar que se presentan 73 respuestas correctas y 36 incorrectas por parte de los estudiantes. La desventaja que presentó mayor frecuencia fue el desborde de agua lluvia almacenada en el humedal artificial, que de acuerdo con Soto Fuster (2016) está directamente relacionado con la elección del caudal de agua a tratar a través de la manutención de los niveles de agua. Otras de las opciones más seleccionadas fueron la generación de malos olores y la presencia de vectores como mosquitos, que se pueden presentar en mayor medida en los humedales de flujo superficial. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2015)

7.2.2. Actividades de la Secuencia Didáctica.

7.2.2.1. Tag Cloud.

De acuerdo con Bernal (2010), la primera fase de una Investigación Acción Participativa (IAP), consiste en entrar en contacto con los sujetos que hacen parte del grupo o comunidad con la que se quiere llevar a cabo la investigación, motivando el interés a investigar su realidad, esto hace predominante y necesaria la búsqueda de aportes y consideraciones por parte de estos.

El Tag Cloud, es una herramienta de aprendizaje adaptable a cualquier área disciplinar, considerada como motivante para los alumnos por ser relativamente nueva para muchos de ellos, fácil de emplear, y adaptable a su estilo de aprendizaje, generando una libertad considerable en la forma en que aprenden, debido a que puede construirse a partir de cualquier contenido generando un amplio nivel de autonomía en los estudiantes.

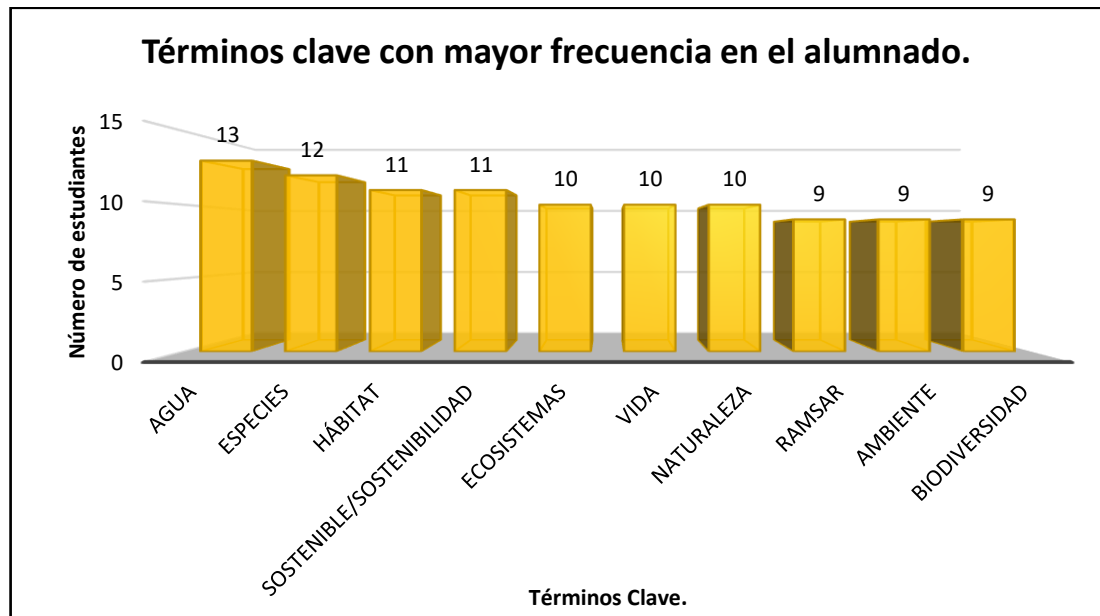
En la primera actividad, se buscó una aproximación a los intereses del estudiante con respecto a la temática de humedales. Para esto, antes de la sesión y en marco del modelo FLIPPED se brindaron dos vídeos como material base para la clase (Anexo. Vídeo 1 y 2).

La aplicación en clase del conocimiento adquirido a partir del material base y una búsqueda de fuentes autónoma, se fundamentó por medio de la construcción de un Tag Cloud, por parte de cada estudiante (Anexo 24). La actividad consistió en sintetizar de manera personal y como profesores de ciencias en formación, todas las palabras que considerarán fundamentales para su aprendizaje con respecto al término “HUMEDAL” y así motivarlos a indagar y reflexionar en mayor medida sobre la problemática que representa la contaminación de estos ecosistemas.

Desarrollando una matriz a partir del análisis de todos los Tag Cloud construidos por los estudiantes de la asignatura de Énfasis Disciplinar I, se compactaron un total

de 271 términos clave. En la figura 43 se observan aquellos términos que presentan mayor interés por parte de los alumnos.

Figura 43. Términos clave que presentan mayor frecuencia en los Tag Cloud contruidos por los alumnos.



Elaboración propia.

Los términos que presentan mayor interés por parte de los estudiantes son: Agua, Especies, Hábitat, Sostenibilidad y Ecosistemas. Esta información tomó relevancia debido a que estas temáticas son profundizadas con mayor medida, en las siguientes actividades propuestas en la secuencia didáctica, de tal forma que el alumno mantenga una motivación constante en temas de interés y brinde mayores aportes al proceso investigativo. En la Figura 44, se sintetizan todos los términos clave brindados por el curso:

7.2.2.2. Matriz DOFA Convención RAMSAR.

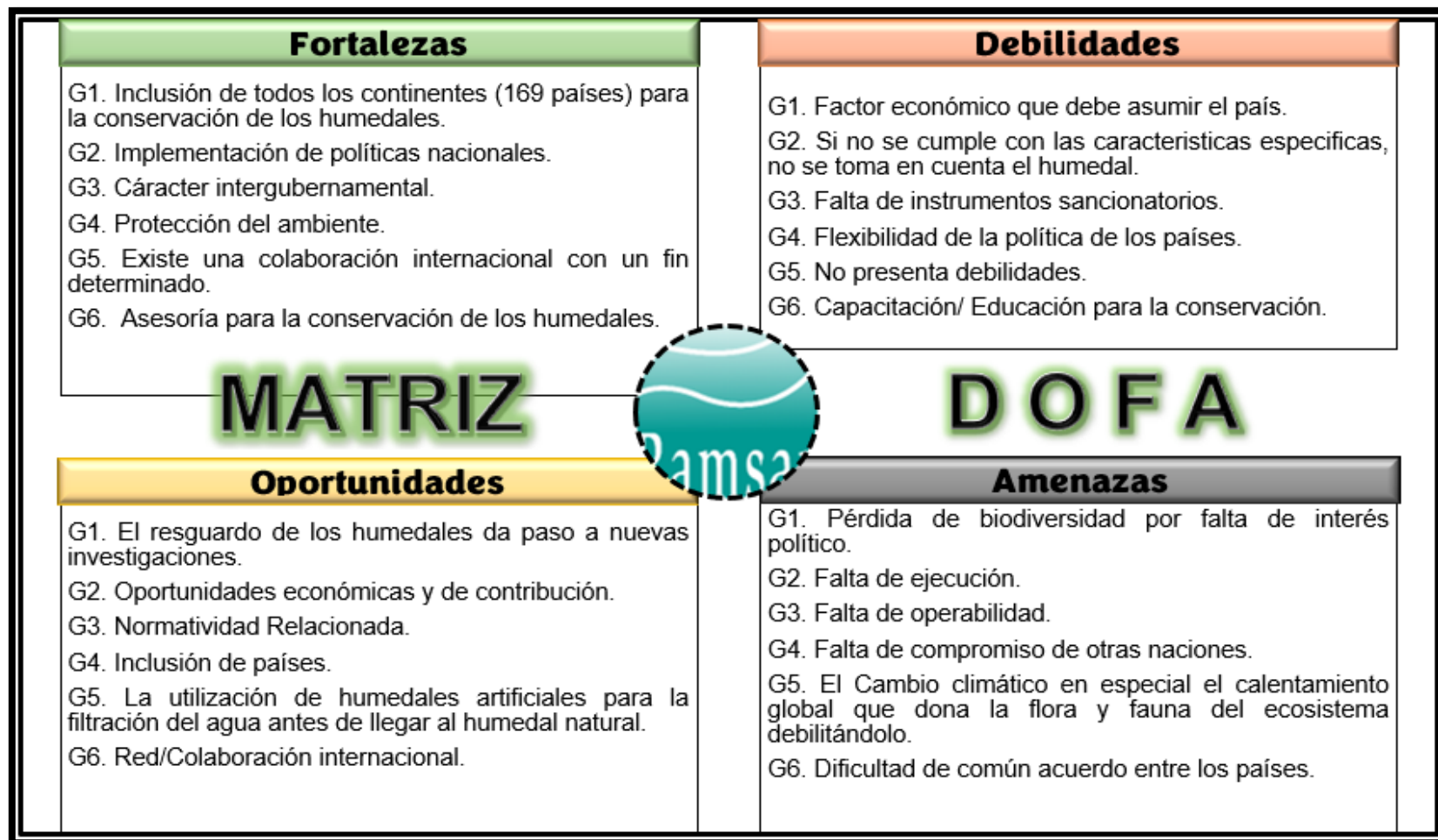
En la fase inicial de la Investigación Acción Participativa (IAP), es necesario estimular el interés de la comunidad, a través de la identificación de necesidades o problemáticas que se presenten en conjunto. Latorre (2007), indica que esta metodología de investigación permite que se establezcan relaciones entre individuos, mediante el desarrollo de habilidades de habla, escucha y trabajo en equipo para contribuir a la búsqueda de variables que enriquezcan la investigación.

El análisis DOFA representa una oportunidad favorable para fomentar el trabajo en equipo y consiste en el estudio de los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que posee una organización contemplando una perspectiva general de su funcionamiento. (Ponce, 2007).

Esta actividad aplicada en la segunda sesión de intervención tuvo como finalidad la elaboración de una matriz DOFA por parte de los alumnos en equipos de trabajo (Anexo 25), acerca de la Convención RAMSAR, el cual es el tratado internacional encargado de la conservación y preservación de los humedales a nivel mundial. La actividad estuvo fundamentada a partir del reconocimiento de necesidades y problemáticas que enmarca el principal ente gubernamental en protección de humedales a nivel global por parte de maestros en formación de licenciatura en química, y la búsqueda de posibles alternativas y aportes para reforzar la gestión del tratado. Cabe resaltar, que cada uno de los aportes es esencial para la indagación de la situación actual que presentan estos ecosistemas en su dimensión política.

En concordancia al modelo FLIPPED/J.I.T.T, antes de la sesión de clase se le fue facilitado un material audiovisual (Anexo Vídeo 2) a los alumnos, y también fue brindado un foro de dudas, sugerencias y comentarios con respecto a la temática.

Figura 45. Matriz DOFA de la Convención RAMSAR con argumentos de los estudiantes de Énfasis Disciplinar.



Elaboración propia.

7.2.2.3. Actividad Sesión 3. Taller de Fundamentos, Diseño y Construcción de Humedales Artificiales.

La segunda fase de la Investigación Acción Participativa (IAP) consta de la delimitación de las acciones para la solución de la situación problema identificada por parte de los miembros de la investigación. (Colmenares, 2012). En esta fase, se definen las herramientas o instrumentos que van a ser empleados para la obtención de la información de análisis que brinde la solución a la problemática. (Bernal, 2010).

Esta actividad (Anexo 26) propuesta en la secuencia didáctica, que tuvo como base teórica todos los vídeos presentes en la plataforma EdPuzzle, tiene la finalidad de aproximar a los estudiantes a los fundamentos conceptuales y las características de diseño que enmarca la construcción de humedales artificiales, como alternativa de descontaminación de los afluentes de los humedales naturales.

Inicialmente, se ilustró a los estudiantes acerca del diseño de un humedal artificial por medio de la explicación de la propuesta generada por el docente y un mini-prototipo construido en material reciclable. (Anexo 27).

Se formularon dos propuestas acerca de la factibilidad de construcción de humedales artificiales en la zona de entrada de la Quebrada La Salitrosa al Humedal La Conejera, para su análisis por parte de los estudiantes, y se constituye el desarrollo de competencias a partir de la siguiente composición del taller:

Tabla 33. Composición de Taller de Fundamentos, mediante las competencias científicas a desarrollar.

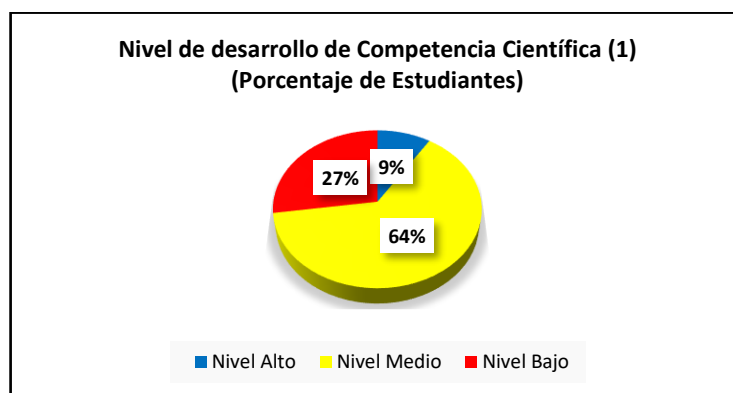
Apartado	Numeral	Competencia Científica.
A	I y II	(1) Explicar fenómenos científicamente (EFC).
	II	(2) Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC).
B	I, II, III y IV	Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC).

A y B	TODOS.	(3) Evaluar y diseñar la investigación científica (EDIC).
--------------	--------	---

Elaboración propia.

Los resultados y respectivo análisis del desarrollo de cada una de las competencias a través de la actividad se brindan a continuación:

Figura 46. Nivel de desarrollo de la competencia científica (1) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.



Elaboración propia.

En esta actividad el desarrollo de la competencia (1) Explicar fenómenos científicamente (EFC) presentó el siguiente comportamiento: 27% de los estudiantes presentaron un nivel bajo, 64% un nivel medio y 9% un nivel alto, con un porcentaje de rendimiento general de 69,84%. Se enunciaron una serie de interrogantes en la actividad para el desarrollo de esta competencia:

I. ¿Qué factores tendría en cuenta para estudiar las dos propuestas? ¿Cómo podría comprobar la efectividad de estos?

En su mayoría, los alumnos tienen conocimiento de los factores que se tienen en cuenta para construir un humedal artificial (caudal del cuerpo hídrico, extensión, costo, plantas macrófitas, profundidad, número de habitantes de la zona, tipo de suelo, selección del sitio y geometría), pero no sintetizan alternativas con respecto a la comprobación de su efectividad y no señalan procesos o herramientas que puedan ser empleadas para tal fin, omitiendo la trascendencia y el papel que podrían cumplir los conocimientos científicos para la preservación del cuerpo

hídrico. Así mismo, se puede evidenciar una notable recordación del conocimiento de forma limitada, sin ningún tipo de aplicación o reconocimiento de implicaciones potenciales. (OCDE, 2017)

El estudiante 3 obtuvo un nivel alto en el desarrollo de esta competencia, brindando la siguiente respuesta en este numeral:

“Los factores a tener en cuenta para estudiar las dos propuestas serían: costos, extensión del terreno, tipo de suelo, selección del sitio, geometría del humedal artificial, ubicación, número de habitantes, caracterización del agua y las plantas macrófitas con respecto a la profundidad de la raíz. Las pruebas de efectividad que podría emplear sería la cuantificación del pH, la concentración de nitrógeno en el efluente, concentración de sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, generación de vectores, estudio de generación de olores a partir de la presencia de ácido sulfhídrico, transparencia, análisis del color, presencia de metales pesados y procesos de eutrofización”.

Se puede evidenciar que el alumno posee el conocimiento requerido con respecto a los aspectos esenciales en el diseño de un humedal artificial y sintetiza relaciones causales mediante el estudio de pruebas de efectividad, donde involucra el conocimiento científico para la comprobación de hipótesis. (OCDE, 2017).

Otra respuesta a este numeral puede ser brindada por el estudiante 22, que obtuvo un nivel bajo, como se señala en la rúbrica correspondiente (Anexo 28) en el desarrollo de esta competencia:

“Los factores que tomaría en cuenta sería el costo- beneficio, que tan viable es el terreno de construcción y por último la ayuda de la comunidad en su conservación”

La respuesta del alumno requiere de un mayor nivel de argumentación, es necesario señalar en mayor medida los aspectos de diseño que posee un humedal artificial para su construcción. Se evidencia claramente una recordación de conceptos, sin brindar relaciones claras y alternativas de comprobación efectivas. (OCDE, 2017)

II. *¿Con qué hipótesis probaría al ponente de la primera propuesta y a la alcaldía local acerca de aquellas ventajas y desventajas que poseen sus respectivos proyectos?*

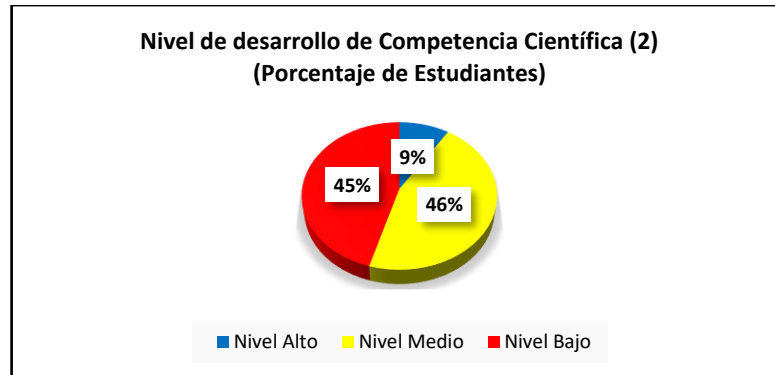
La mayoría de los estudiantes no generaron hipótesis para probar las ventajas y desventajas de las propuestas. Algunos de ellos confunden pregunta problema con hipótesis y no presentan enunciados que contengan predicciones acordes a la pregunta formulada. La respuesta esperada para el numeral era la formulación de suposiciones con respecto a las propuestas, pero los estudiantes brindan respuestas descontextualizadas con la problemática y la población. Sólo el 9% del alumnado en total cumplió de forma satisfactoria con la resolución del interrogante.

La respuesta brindada por el estudiante 17 fue la siguiente: *“Si el humedal no cumple con cada una de las especificaciones dadas. ¿Cuál sería la solución que propone?”*. Se evidencia que la respuesta no cumple con la estructura y la finalidad que posee una hipótesis, además de no estar contextualizada con la población y los datos brindados.

El estudiante 3, señala las siguientes hipótesis: *“Con respecto a la propuesta 1: La construcción de un humedal subsuperficial asegura una mejor descontaminación de las aguas residuales; La distancia a la cual estará el humedal (500 m) pondrá en riesgo a los habitantes del barrio Monarcas; Las especies Junco y Lirio Amarillo atraen insectos que a su vez llevarán enfermedades a las poblaciones cercanas; El terreno se inundará en época de lluvia. Con respecto a la propuesta 2: La construcción de un humedal artificial de tipo superficial provee un mejor tratamiento para las aguas residuales; La distancia a la que se construirá el humedal facilitará el tratamiento de aguas residuales provenientes del barrio Monarcas; La construcción de un parque cercano al humedal permitirá que los habitantes de los alrededores gocen de mejor salud debido a que se mejorará la calidad del aire.”*

Cómo se puede observar, el estudiante contextualiza las hipótesis brindadas a partir de suposiciones y datos brindados, además contempla el conocimiento adquirido para su formulación. Tiene en cuenta a la población, aspectos de biodiversidad, aspectos sanitarios y características de construcción.

Figura 47. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.



Elaboración propia.

Los niveles de desarrollo de la competencia (2) Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC), fueron los siguientes: un 45% de los estudiantes presenta un nivel bajo, un 46% un nivel medio y un 9% un nivel alto. Cabe destacar que este apartado corresponde al reconocimiento de detalles técnicos de los humedales artificiales mediante el análisis de datos y ejercicios cuantitativos. Se emplearon los siguientes numerales e interrogantes para el desarrollo y evaluación de tal competencia:

- ***Calcule el área superficial del humedal artificial que se espera sea necesaria para el tratamiento en el mes más frío y en el mes más caluroso. Inicialmente debe calcular el efecto de la temperatura en la constante cinética ($K_{v,T}$).***

La mayoría de los estudiantes desarrollaron el proceso matemático de forma correcta. Cuatro estudiantes presentaron dificultades en la conversión de unidades entre L/s y m³/d, alterando la cancelación de unidades en la ecuación requerida para el cálculo del área superficial. En menor medida, se evidenciaron problemas con respecto a la digitación de números en la calculadora y conversión de notación científica a número natural.

El estudiante 1 enunció los siguientes resultados:

Figura 48. Respuesta de Estudiante 1 a Apartado B- Taller de Fundamentos.

Handwritten student work on grid paper showing calculations for surface area and zones. The work is organized into four numbered sections:

- (3) Área Superficial para el mes más caluroso**

$$A_3 = \frac{(42545,28 \text{ m}^3/\text{d}) \cdot (\ln 326 \text{ mg/L} - \ln 93,8 \text{ mg/L})}{0,374 \text{ d}^{-1} \cdot (0,6) \cdot (0,48)}$$

$$A_3 = 66783,20 \text{ m}^2$$
- (4) Área Superficial para el mes más frío**

$$A_4 = \frac{(42545,28 \text{ m}^3/\text{d}) \cdot (\ln 326 \text{ mg/L} - \ln 93,8 \text{ mg/L})}{0,373 \text{ d}^{-1} \cdot (0,6) \cdot (0,48)}$$

$$A_4 = 75248,48 \text{ m}^2$$
- (5) Zona inicial**

$$A_z = 0,3 (75248,48 \text{ m}^2) \rightarrow A_z = 22674,54 \text{ m}^2$$
- (6) Zona Final**

$$A_f = 0,3 (75248,48 \text{ m}^2) \rightarrow A_f = 52673,94 \text{ m}^2$$

- **De acuerdo con los datos obtenidos, ¿Usted considera que alguno de los dos proyectos del APARTADO (A) cumplen como mínimo con el área requerida para la construcción de un humedal artificial que cumpla a cabalidad con las necesidades explícitas en el estudio del cuerpo hídrico en cuanto a los datos de la TABLA 1?**

En este apartado, el 45% de los estudiantes no generan un análisis de los datos acorde con la búsqueda de efectos negativos o positivos que pueda poseer cada una de las propuestas expuestas en la actividad. Cabe aclarar que a pesar de que en el numeral anterior se presentó una tendencia favorable para la determinación de datos cuantitativos, estos estudiantes no categorizan, esquematizan e interpretan los datos que obtuvieron. Partiendo de lo anterior, se observa la respuesta obtenida por el estudiante 14: “Ninguno de los dos proyectos son viables”.

- **Finalmente, desarrolle una cantidad de conclusiones que considere necesaria acerca de la factibilidad que poseen las propuestas expuestas. Tenga en cuenta sus respuestas en los numerales del APARTADO (A).**

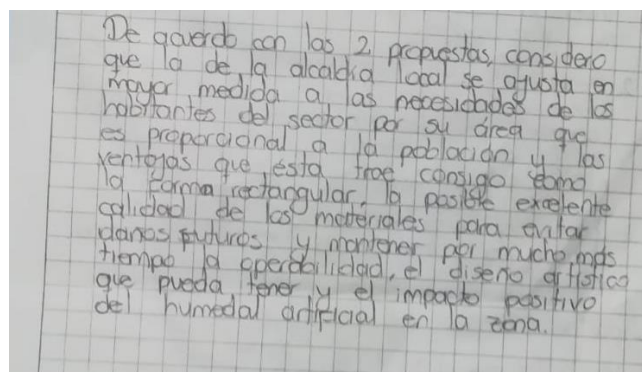
En la mayoría del alumnado, no se observan conclusiones con alto nivel de argumentación y crítica que presenten la relación derivada a partir de la serie de datos cuantificados. Por consiguiente, a pesar de que reconocen y comprenden los procedimientos necesarios para obtener un conjunto de datos, no juzgan si son apropiados o no para la evaluación de las propuestas.

Como primera medida, y teniendo en cuenta lo anterior se enuncia la conclusión expuesta por el estudiante 10: *“En los humedales debemos tener en cuenta varios factores, para construcción de ellos como terreno, costos, tipo de suelo, alcantarillado y la población”*.

Se puede señalar que el estudiante posee el conocimiento del contenido, pero no desarrolla un análisis argumentativo acorde a juzgar cuál de las dos propuestas presenta mayor favorabilidad. Por consiguiente, no tiene en cuenta el conocimiento procedimental y epistémico (OCDE, 2017) para la síntesis de juicios de valor.

A continuación, se presenta la conclusión obtenida por el estudiante 9 (Rúbrica-Anexo 28):

Figura 49. Taller de Fundamentación. Conclusión del Estudiante 9.

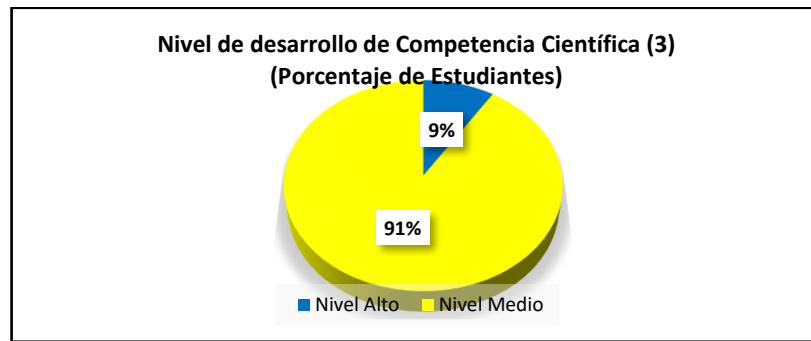


De acuerdo con las 2 propuestas, considero que la de la alcaldía local se ajusta en mayor medida a las necesidades de los habitantes del sector por su área que es proporcional a la población y las ventajas que ésta trae consigo como la forma rectangular, la posible excelente calidad de los materiales para evitar daños futuros y mantener por mucho más tiempo la operabilidad, el diseño artístico que pueda tener y el impacto positivo del humedal artificial en la zona.

Se puede señalar que el estudiante generó una conclusión acorde al análisis de los datos obtenidos, debido a que juzgó que la propuesta de la alcaldía local era la más acorde a las necesidades de la población y así mismo, tuvo en cuenta el conocimiento de los contenidos, con respecto a las ventajas que representan los

factores de diseño y el impacto positivo que puede generar la construcción del humedal artificial en la zona.

Figura 50. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en el Taller de Fundamentos Sesión 3.



Elaboración propia.

Esta competencia estaba inmersa en toda la actividad, el 91% de los estudiantes presentaron un nivel medio, fundamentado a partir de la destreza con respecto al conocimiento del contenido, el cuál presentó una amplia favorabilidad; en cuanto al conocimiento procedimental, es relevante señalar, que los alumnos generan eficazmente la elección de procedimientos acordes para la cuantificación de datos representados en el área superficial requerida para la construcción de humedales artificiales. Pero, en cuanto al conocimiento epistémico, no se presenta en amplia medida un nivel de argumentación y crítica para la justificación de los procedimientos empleados y los datos obtenidos, por consiguiente, no se generan argumentos en términos generales que permitan señalar la propuesta que presenta mayor viabilidad por parte de los estudiantes.

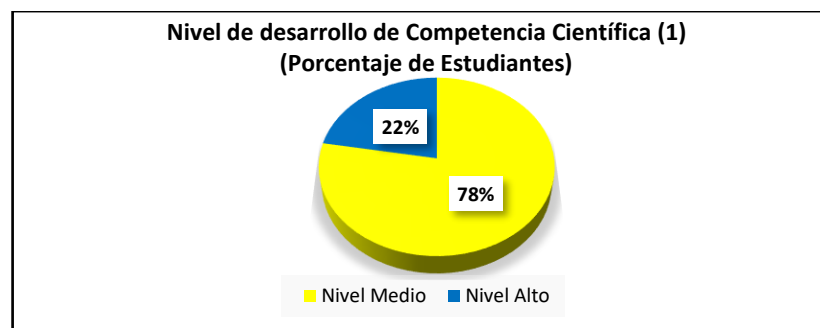
7.2.2.4. Sesión 4. Infografía de Propuestas de Construcción de Humedales Artificiales.

La ejecución de un plan de acción representado a partir de las labores direccionadas a la mejora de la situación problema, representa la etapa tres de una Investigación Acción Participativa. (Colmenares, 2012).

Esta actividad consistió en la construcción de una propuesta de humedales artificiales por parte del alumnado a partir de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la secuencia didáctica. Cabe destacar, que estas propuestas representan el plan de acción y una solución para la descontaminación de estos ecosistemas. (Anexo 29).

En este caso, se evaluarán las tres competencias científicas para el análisis de su correspondiente progresión:

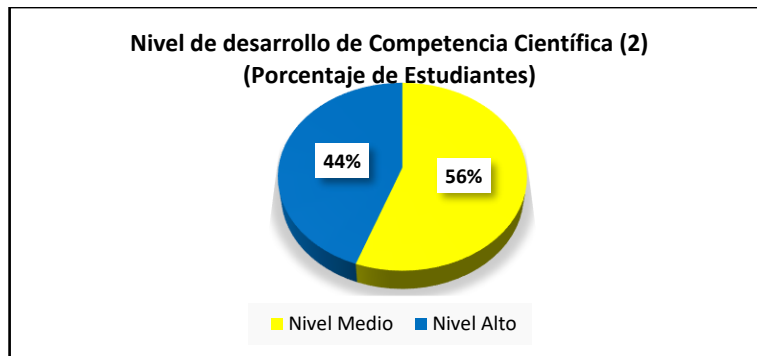
Figura 51. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (1) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.



Elaboración propia.

El desarrollo de la competencia científica “Explicar fenómenos científicamente (EFC)”, tuvo un porcentaje de rendimiento de 77,88% y estuvo definido de la siguiente manera: el 78% de los alumnos obtuvieron un nivel medio y el 22% un nivel alto, observando una mejora con respecto al desarrollo de la competencia en comparación con la actividad anterior. Cabe destacar que, en la construcción de la propuesta, se les solicitó generar el proyecto en zonas cercanas a su lugar de residencia, desarrollar un análisis de las actividades que se desarrollan en el sector que contribuyen a la contaminación y estudiar la viabilidad de construcción de humedales artificiales en la zona. Por consiguiente, la mayoría de los estudiantes contextualizaron su diario vivir para formular la solución a la contaminación que presenta el cuerpo hídrico de su interés por medio del sistema de tratamiento e indagando las necesidades de la población cercana.

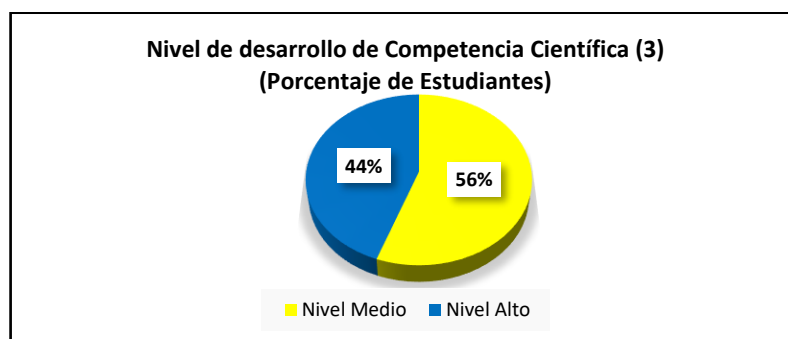
Figura 52. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.



Elaboración propia.

Con respecto a la competencia (2) Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC), el 44% de los estudiantes presentaron un nivel alto y el 56% un nivel medio, con un promedio general de 78,1% de rendimiento. Es importante señalar que se presenta un incremento de 15 puntos porcentuales en el rendimiento de esta competencia, en comparación con la actividad anterior. Los estudiantes interpretaron datos relevantes para la construcción de un humedal artificial como número de habitantes, clima de la zona, propiedades de las macrófitas y su resistencia a condiciones climáticas. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2015).

Figura 53. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en la Actividad Infografía Propuesta de Construcción.

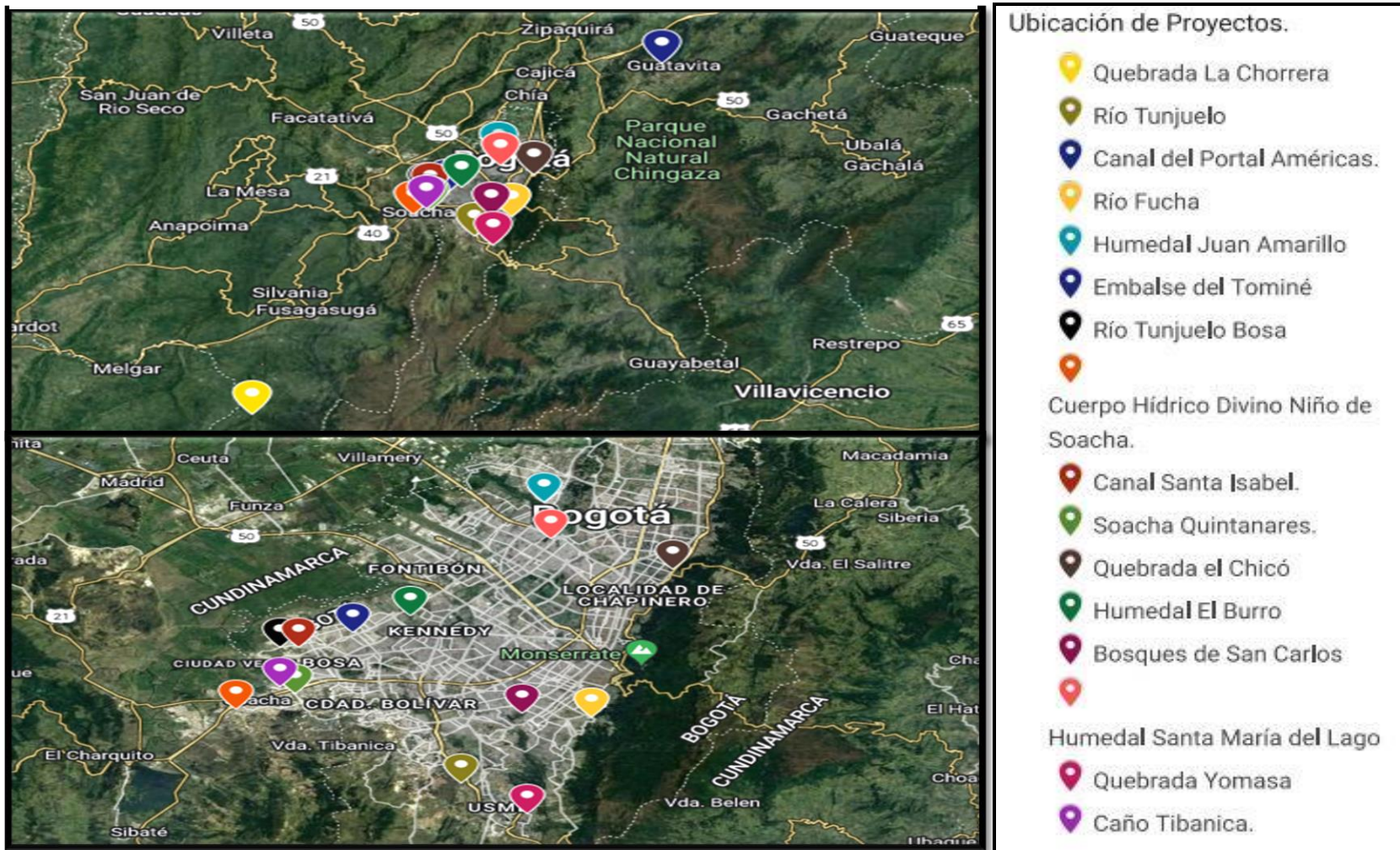


Elaboración propia.

La competencia (3) Evaluar y diseñar la investigación científica (EDIC), presentó un rendimiento promedio de 77,5%, con 44% de los estudiantes en nivel alto y 56% en nivel medio. En los proyectos diseñados por los estudiantes, se evidencian argumentos acerca de la factibilidad de construcción de los humedales artificiales para la descontaminación de cuerpos hídricos, por medio del conocimiento adquirido durante la secuencia didáctica. Los estudiantes que presentan nivel medio no enunciaron de forma concreta y aplicativa todas las variables esenciales para la construcción del humedal, y así mismo no enfatizaron cuestiones socioambientales para enriquecer su necesidad de construcción.

En total se proyectaron 17 propuestas de construcción de humedales artificiales por parte de los alumnos, las cuales están ubicadas en el mapa de la Figura 54:

Figura 54. Ubicación de Propuestas de Humedales Artificiales por parte de los estudiantes.



Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.

7.2.2.5. Salida de Campo y Álbum Diario de Campo.

El enfoque de Investigación Acción Participativa (IAP) coexiste por medio de dos procesos: conocer y actuar, genera procesos de reflexión permanente y favorece el empoderamiento, la movilización colectiva, la ejecución de acciones oportunas, concretas y transformadoras. Fals Borda enunció que el conocimiento debe transformar la realidad, por medio de un trabajo educativo renovador basado en el diálogo y la creatividad. (Colmenares, 2012).

Las salidas de campo fortalecen el desarrollo de competencias, actitudes y destrezas en los alumnos. Son estrategias pedagógicas que promueven la comprensión del entorno, contribuyen a los estudiantes en la apropiación de los conceptos explicados en el aula de clase y representan una oportunidad gratificante para potenciar la aplicación del conocimiento científico. (Pérez y Rodríguez, 2006)

Esta última actividad comprende una salida de campo al Humedal La Conejera, en la cual se llevó a cabo una charla informativa por parte de la Secretaría de Ambiente de Bogotá (Anexo 30) y la posterior construcción de un álbum de fotografías en formato de diario de campo por parte de los alumnos. (Anexo 31).

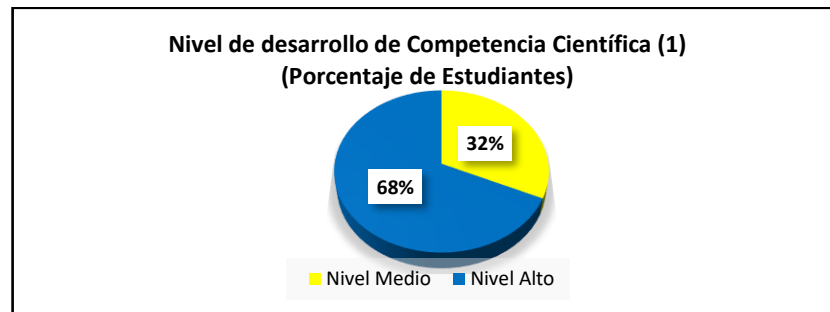
Figura 55. Estudiantes en medio de la Salida de Campo.



Elaboración propia.

Se desarrollaron en los alumnos las tres competencias mediante un proceso de observación, argumentación y apropiación del territorio:

Figura 56. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (1) en la Actividad Álbum Diario de Campo.



Elaboración propia.

Un 68% de los estudiantes obtuvieron un nivel alto y un 32% un nivel medio en la competencia (1) “Explicar fenómenos científicamente (EFC)”, con un rendimiento general de 83,21%. Para el desarrollo de esta competencia la actividad formulaba tres interrogantes con respecto al proceso de observación vivido en la salida de campo y los conocimientos adquiridos en la secuencia didáctica teniendo en cuenta la situación actual del Humedal La Conejera:

- ***¿Por qué consideraría relevante el desarrollo de sistemas de tratamiento para evitar la entrada de vertimientos de calidad contaminada al Humedal La Conejera?***

El estudiante 17 presentó un nivel medio en el desarrollo de esta competencia y señaló la siguiente respuesta: “Porque ayuda a neutralizar las zonas aledañas mejorando la calidad de las aguas”

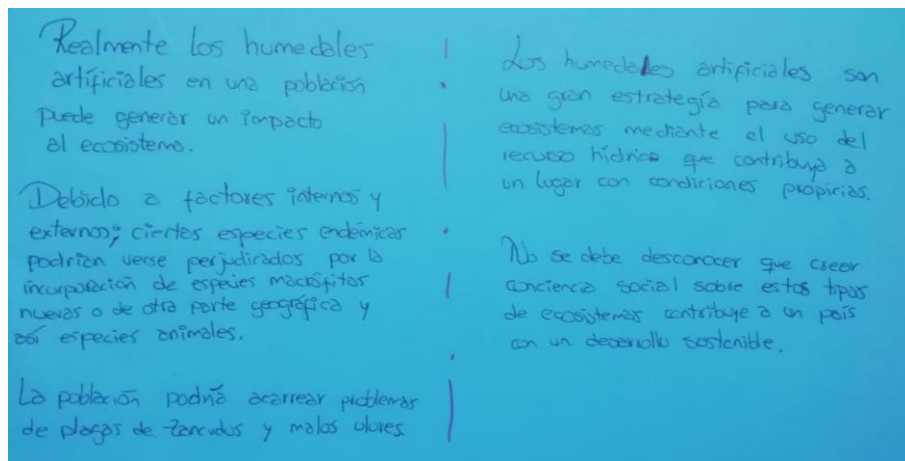
Figura 57. Respuesta brindada por el estudiante 17.



- **¿Un tratamiento como los humedales artificiales podría traer consigo algún tipo de impacto al ecosistema? ¿Cuál? ¿Considera que es un sistema de tratamiento viable?**

El estudiante 16 presentó un nivel alto en esta competencia y brindó la siguiente respuesta al interrogante:

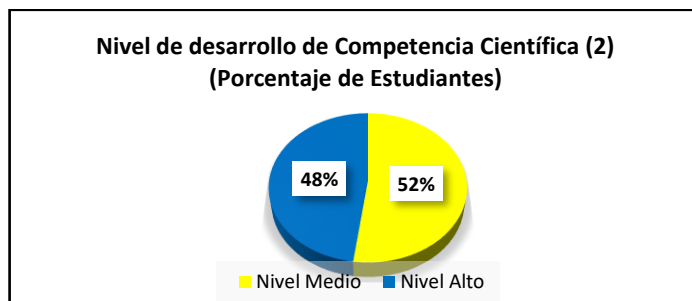
Figura 58. Respuesta de tratamiento brindada por estudiante 16 en el desarrollo de la propuesta de construcción.



La relevancia de esta competencia que presentó un rendimiento de 83,21% en el desarrollo del álbum radica en la integración del conocimiento científico para la explicación de la importancia de los humedales como íconos ambientales y sociales. En este caso, los estudiantes que presentaron un nivel medio (68%) aunque poseen conocimiento de la importancia que poseen estos ecosistemas para la preservación

de las especies, no lo aplican con amplia profundidad mediante un análisis del contexto. (OCDE, 2017)

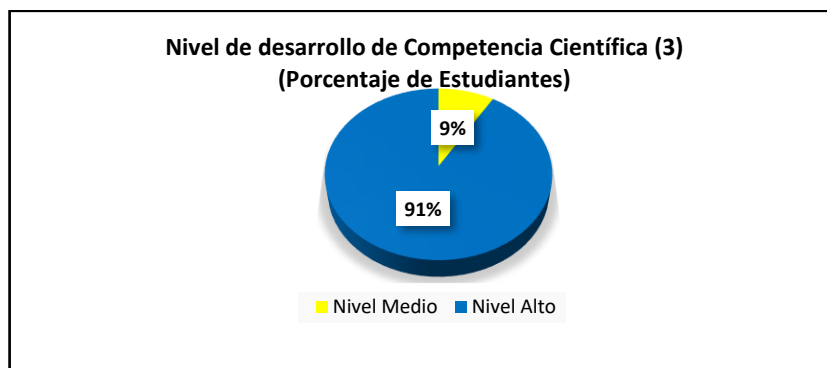
Figura 59. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (2) en la Actividad Álbum Diario de Campo.



Elaboración propia.

La actividad fomentaba la identificación de los factores internos que son relevantes para la preservación (flora y fauna) del Humedal La Conejera y los externos que contribuyen a su contaminación. Los estudiantes que presentaron nivel medio (52%), no analizaron los factores para obtener conclusiones pertinentes en lo que respecta a la importancia de estos, ni contrastaron argumentos provenientes de diferentes fuentes. (OCDE, 2017).

Figura 60. Nivel de desarrollo de la Competencia científica (3) en la Actividad Álbum Diario de Campo.

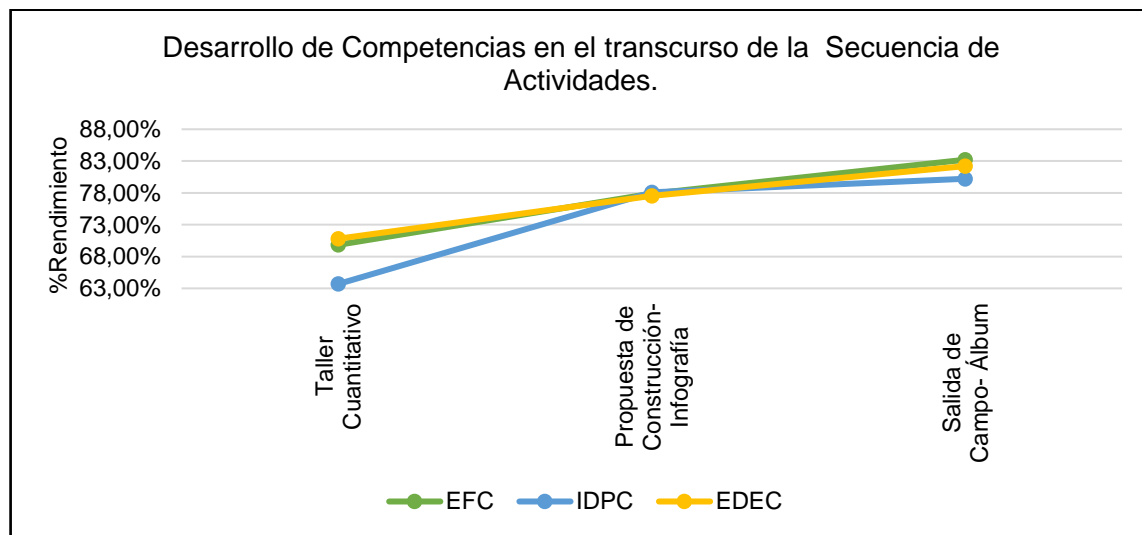


Elaboración propia.

Los estudiantes presentaron una notable mejora de la competencia (3) Evaluar y diseñar la investigación científica (EDIC) con respecto a la actividad anterior, presentando un incremento porcentual de 5 puntos y un rendimiento de 82,21%. En la estructura de los álbumes construidos, se evidenció la notable relevancia que brindan los estudiantes a los procesos investigativos que se han llevado a cabo en el Humedal La Conejera para considerarlo como uno de los principales centros de educación ambiental del país, contemplando factores como por ejemplo las visitas por senderos ecológicos y las investigaciones recientes por parte de la Secretaría de Ambiente.

Desarrollo de Competencias.

Figura 61. Desarrollo de Competencias en el transcurso de la secuencia de actividades.



En la figura 61 se puede ilustrar el desarrollo de cada una de las competencias en marco de las actividades diseñadas para tal fin. Cuantitativamente, la competencia científica (2) Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC) fue la que presentó un mayor nivel de desarrollo con un crecimiento de 16,53% de rendimiento entre el taller cuantitativo y la salida de campo- álbum.

El taller cuantitativo permitió señalar una problemática bastante frecuente en los estudiantes y es la baja capacidad de analizar datos obtenidos limitándose a

calcularlos, pero no aplicarlos en diferentes campos de acción. Esto da paso al fenómeno de reproducción donde se repiten de forma memorística y mecánica los conocimientos científicos; en este caso, el desarrollo de fórmulas matemáticas. La resolución de problemas y el estudio de variables se limita en la obtención de un resultado sin un análisis efectivo.

Esta actividad escrita que generaba el desafío de contrastar dos propuestas mediante el estudio de su factibilidad, variables y la creación de hipótesis y juicios de valor presentó los más bajos niveles de desarrollo de las tres competencias, esto debido a aspectos como la falta de argumentación, correlación de variables, contextualización y creación de modelos para el estudio de las propuestas planteadas. Pandiella, Macías, y Quevedo (2013) consideran que es indispensable desarrollar el lenguaje escrito en los maestros en formación en ciencias naturales, a través de estándares como la coherencia, estructuración, rigor y precisión para crear una relación entre el lenguaje cotidiano, a partir de sus conocimientos previos y la síntesis de lenguaje científico con respecto a la promoción de su aprendizaje.

En las ciencias es necesario generar condiciones donde se promuevan una apropiación crítica del conocimiento dando al paso al desarrollo de competencias y habilidades para la formación de profesionales y ciudadanos responsables, críticos y activos en la sociedad. (Uliana et al., 2020). La segunda actividad corresponde a la generación de propuestas de construcción de humedales artificiales por parte de los estudiantes, donde se observa una leve mejora en el desarrollo de competencias científicas en comparación con el taller cuantitativo.

El estudio de las tres variables (contexto, conocimiento y actitudes) en las competencias científicas propuestas en el trabajo investigativo, dan paso al análisis de la integración que el alumno brinda entre el conocimiento científico, la solución de problemáticas ambientales propias de su contexto y su papel como transformador de su propia realidad. Se puede señalar, que la mayoría de los estudiantes se apropiaron del conocimiento adquirido a partir del material FLIPPED (Vídeos, y en el caso puntual de esta actividad sitio web informativo) y su propia

autonomía para la búsqueda de fuentes externas, elaborando propuestas pertinentes y estructuradas a partir del análisis de factores de construcción y socioambientales para su viabilidad.

La salida de campo al Humedal La Conejera y la construcción del Álbum Diario de Campo representó la tercera actividad planteada para el desarrollo de las tres competencias científicas. En la educación ambiental, es necesario el contacto directo entre la comunidad y los alumnos para el reconocimiento de problemáticas propias de un sector. (Pulido y Olivera, 2018). Esta actividad presentó el mayor desarrollo de competencias, todo esto basado a partir de la experiencia que los estudiantes han retenido de las actividades anteriores y la adquisición del conocimiento adquirido por medio del material FLIPPED en el aula virtual y la aplicación informativa ANDROID Huzhe Tibacuy diseñada exclusivamente sobre el Humedal La Conejera.

Cabe resaltar el enriquecimiento que brindan las dos actividades que presentaron un mayor nivel de desarrollo de competencias científicas para el aprendizaje de los alumnos; en ellas no solamente prima lo racional, sino también lo actitudinal por medio de situaciones de aprendizaje que permiten enlazar una relación entre el “territorio” (lo que se aprende a través de la vida en la cotidianidad) y los mapas (los contenidos medioambientales impartidos en el aula). (Porrás, 2014)

7.2.3. Prueba de Salida Tipo Cuestionario.

A Continuación, se analiza la efectividad que tuvieron los materiales FLIPPED. y las actividades propuestas a partir de la adquisición de conocimiento por parte de los estudiantes entre la prueba de entrada y la prueba de salida.

Figura 62. Resultados de preguntas con única respuesta entre prueba de entrada y salida.

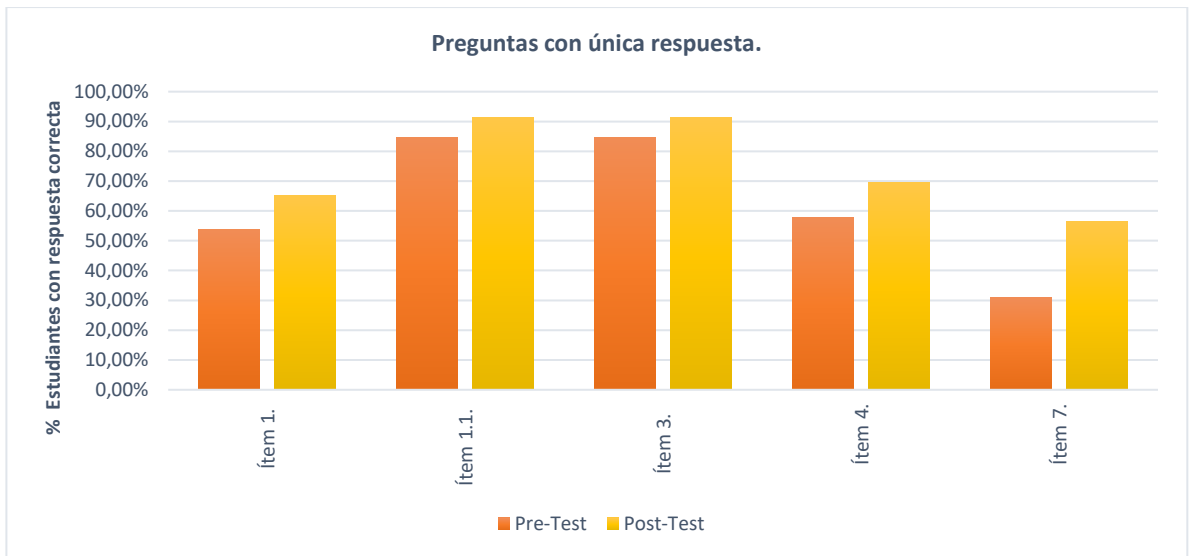
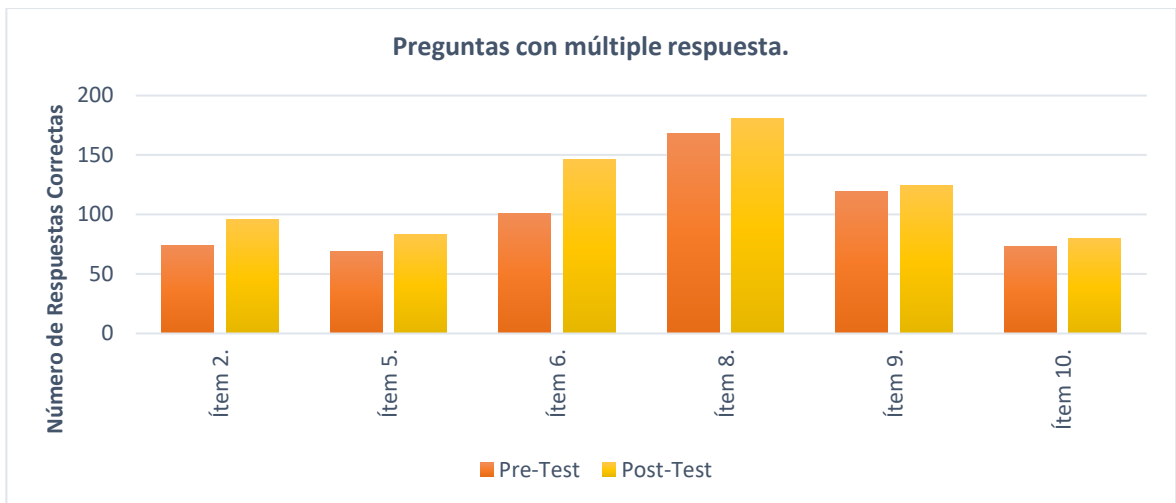


Figura 63. Resultados de preguntas con múltiple respuesta entre prueba de entrada y salida.



Elaboración propia.

En las Figuras 62 y 63 se puede observar el crecimiento en respuestas correctas en las preguntas de única y múltiple respuesta que componían el taller tipo cuestionario.

Los primeros cuatro ítems (1, 1.1.,2 y 3) presentan un incremento medianamente significativo en respuestas correctas en el contraste de la prueba de entrada y la prueba de salida. A través de los vídeos facilitados, el Tag Cloud, el DOFA desarrollado y la salida de campo los alumnos aplicaron la base teórica y se apropiaron del conocimiento adquirido a partir de diversas representaciones. Aunque, se siguen presentando errores conceptuales con respecto a la designación de humedales como aguas con único comportamiento estancado y dulce en un porcentaje aproximado del 21,7% de los alumnos.

Los siguientes tres ítems, 4,5 y 6 también presentaron una mediana mejoría con respecto a la prueba cuestionario de entrada. Mediante la experiencia desarrollada previamente con los vídeos visualizados, el taller cuantitativo de análisis de propuestas y la construcción de los proyectos de humedales artificiales, se evidencia un buen nivel de reconocimiento de las variables fisicoquímicas requeridas para la caracterización de cuerpos hídricos por su calidad, los tipos de tratamiento para su mejora y los parámetros generales requeridos en la construcción de un humedal artificial. Algunos alumnos presentan problemáticas de comprensión de lectura y razonamiento, lo que conlleva a la elección de respuestas incorrectas a las preguntas formuladas.

En el ítem 7 se observa un progreso significativo de casi el 100%, pero se evidencian en un 43,4% de los estudiantes errores conceptuales relacionados con la definición de fitorremediación confundiendo propiedades naturales propias de la fisiología del vegetal (Nuñez, Meas, Ortega, y Olgúin, 2004), con procesos biogénicos, procesos de nutrición y una aplicabilidad única en aguas. Por el contrario, el ítem 8 presenta resultados favorables ya que se mantiene en buena medida la categorización de las macrófitas en emergentes, sumergidas y flotantes, comportamiento presentado desde la prueba de entrada.

El ítem 9 y 10 está enfatizado en la síntesis de hipótesis y juicios de valor con respecto a las desventajas, ventajas y características que presentan los humedales artificiales. Algunos alumnos, no consideran que la fauna doméstica y silvestre





















represente un riesgo para un humedal artificial, pero de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2015), los materiales, las condiciones del sistema y las macrofitas podrían verse afectados por la presencia de estas especies, lo cuál, hace primordial la construcción de un cercado.

7.2.4. Instrumentos de Evaluación del Modelo FLIPPED.

7.2.4.1. Cuestionario de Gilboy.

El Cuestionario de Gilboy, permite evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes con respecto al modelo FLIPPED. A Continuación, se presentan los resultados consolidados de este cuestionario a partir de la evaluación de cinco premisas en una escala de juicio de valor por parte de los alumnos.

Tabla 34. Resultados de Cuestionario de Gilboy.

	1	2	3	4	5
ME GUSTA LA POSIBILIDAD DE VER UN VÍDEO U OTRO MATERIAL EN VEZ DE TENER UNA CLASE TRADICIONAL CON LOS TEMAS PLANTEADOS.		3 	6 	12 	2 
PREFIERO LA CLASE TRADICIONAL DEL PROFESOR EN VEZ DE REALIZAR TRABAJOS ACTIVOS Y GRUPALES COMO LOS QUE SE LLEVARON A CABO.		10 	11 		2 
EL USO DE VÍDEOS Y OTROS INSTRUMENTOS ME PERMITE APRENDER EL MATERIAL DE ESTUDIO MÁS EFICAZMENTE QUE HACER LAS LECTURAS EN SOLITARIO.		3 	1 	10 	9 
APRENDÍ MÁS CUANDO UTILICÉ EL MÉTODO DE APRENDIZAJE INVERTIDO (LECTURAS CORTAS, TALLERES DE APLICACIÓN, VÍDEOS Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE ACTIVO EN CLASE) EN COMPARACIÓN CON EL MÉTODO TRADICIONAL DEL DOCENTE (EXPOSICIONES Y CLASES MAGISTRALES).	1 	2 	6 	10 	4 
ME SENTÍA DESCONECTADO SIN UN PROFESOR PRESENTE DURANTE LOS VÍDEOS Y LAS ACTIVIDADES VIRTUALES.	3 	10 	8 		2 

1: Muy en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: Neutral; 4: De acuerdo; 5: Muy de acuerdo.

Adaptado de: Opazo, Acuña, y Rojas (2016)

Aproximadamente el 60,87% de los estudiantes del Énfasis Disciplinar I en Calidad de Aguas considera que sintió agrado con la utilización de vídeos o materiales digitales para el proceso de aprendizaje de la temática planteada, en comparación con las clases tradicionales enmarcadas en la memorización. El modelo FLIPPED permite que los alumnos tengan acceso al material brindado por el docente en cualquier momento y espacio, lo que facilita que tengan el control de su propio ritmo de aprendizaje. (Berenguer Albaladejo, 2016).

El 43,48% del curso prefiere realizar actividades de trabajo activo y grupal en vez de desarrollar una clase con metodología tradicional. De acuerdo con Berenguer Albaladejo (2016) implementar el FLIPPED en el aula de clase permite convertir este espacio en una oportunidad para compartir saberes y plantear y resolver dudas, lo que permite fortificar la interacción entre el docente y el alumno y fomentar el trabajo colaborativo entre pares.

Un porcentaje de 82,61% de los alumnos consideró que el aprendizaje de contenidos es más eficiente por medio de vídeos y herramientas digitales como material de estudio. En el modelo FLIPPED, los docentes como facilitadores y guías del conocimiento deben proporcionar materiales que sean pertinentes para lograr el aprendizaje esperado en los estudiantes. (Monroy y Monroy, 2019).

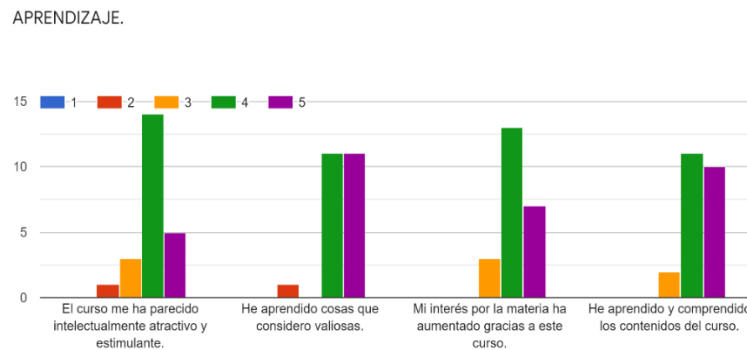
Con respecto a la efectividad del Modelo FLIPPED en el aprendizaje de los alumnos, un 60,87% de ellos consideró que aprendió más a través de talleres de aplicación, trabajos grupales, lecturas cortas, actividades de aprendizaje activo como proyectos e investigaciones y vídeos, en contraste con exposiciones y clases magistrales que fundamentan la educación tradicional. La creatividad y el pensamiento crítico de los alumnos son aspectos que se pueden fomentar a partir de la implementación de FLIPPED en las aulas de clase generando un mayor dinamismo y participación entre los actores de la comunidad educativa. (Berenguer Albaladejo, 2016).

La presencia intermitente del docente en el transcurso del proceso de aprendizaje del alumno cuando se desarrolla un modelo FLIPPED representa otro factor de análisis. En este curso, el 56,52% de los alumnos no se consideraban “desconectados” sin la presencia permanente del docente durante la visualización del material. En el modelo FLIPPED, el aprendizaje y su responsabilidad de obtención radica en el compromiso que el alumno posea para adquirir conocimiento nuevo, convirtiéndolo en el principal protagonista del proceso educativo. (Opazo, Acuña, y Rojas, 2016).

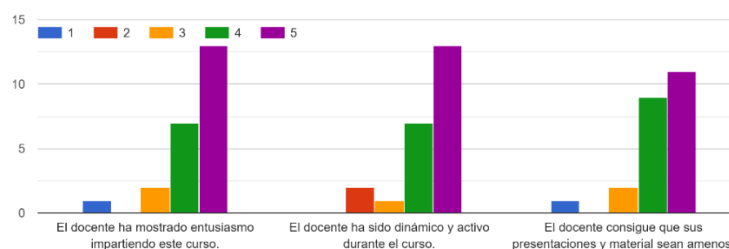
7.2.4.2. Instrumento S.E.E.Q. (Evaluación Estudiantil de Calidad Educativa).

Este instrumento diseñado por Marsh (1982), permitió analizar siete aspectos donde converge la docencia en el ámbito educativo a partir de la percepción de los alumnos. A Continuación, se presentan los resultados obtenidos con respecto al Modelo FLIPPED implementado:

Figura 64. Resultados de S.E.E.Q (Aprendizaje- Entusiasmo)



ENTUSIASMO.

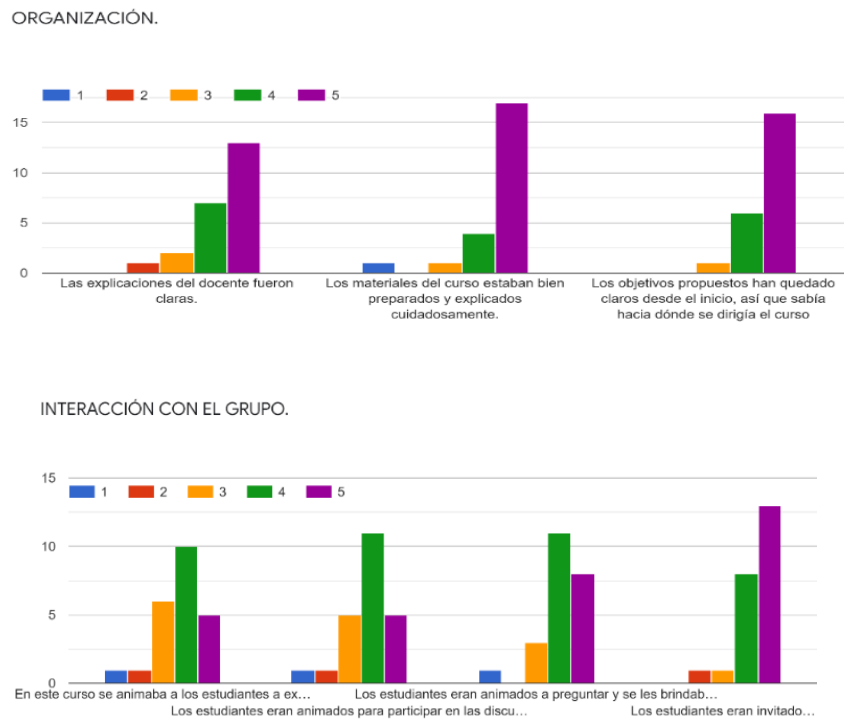


Elaboración propia.

Con respecto a los resultados en los ítems de “Aprendizaje” y “Entusiasmo”, se puede evidenciar que la mayoría de los estudiantes otorgaron una valoración de 4 y 5 en los enunciados propuestos. En cuanto a “Aprendizaje”, los alumnos afirmaron que los contenidos del curso han sido valiosos para su formación académica y son intelectualmente estimulantes, que los han aprendido y comprendido de forma eficiente y que el interés en la asignatura de Énfasis Disciplinar aumentó gracias a la intervención. El modelo FLIPPED permitió que los alumnos se encuentren ampliamente motivados para aprender y no simplemente para completar una tarea, convirtiendo al estudiante en responsable de su aprendizaje.

En el campo de “Entusiasmo”, los estudiantes señalaron que el docente y/o instructor mostró entusiasmo, dinamismo y construcción de material agradable para impartir el curso y el contenido, factores que para Berenguer Albaladejo (2016), se deben mantener en todo el transcurso del modelo FLIPPED, transmitiendo estas actitudes en los alumnos para que no rotulen al proceso educativo como una obligación sino como una oportunidad única para enriquecer su formación y adentrarse en el bello mundo del saber, tal y como lo diría Albert Einstein.

Figura 65. Resultados de S.E.E.Q (Interacción- Organización con el grupo).



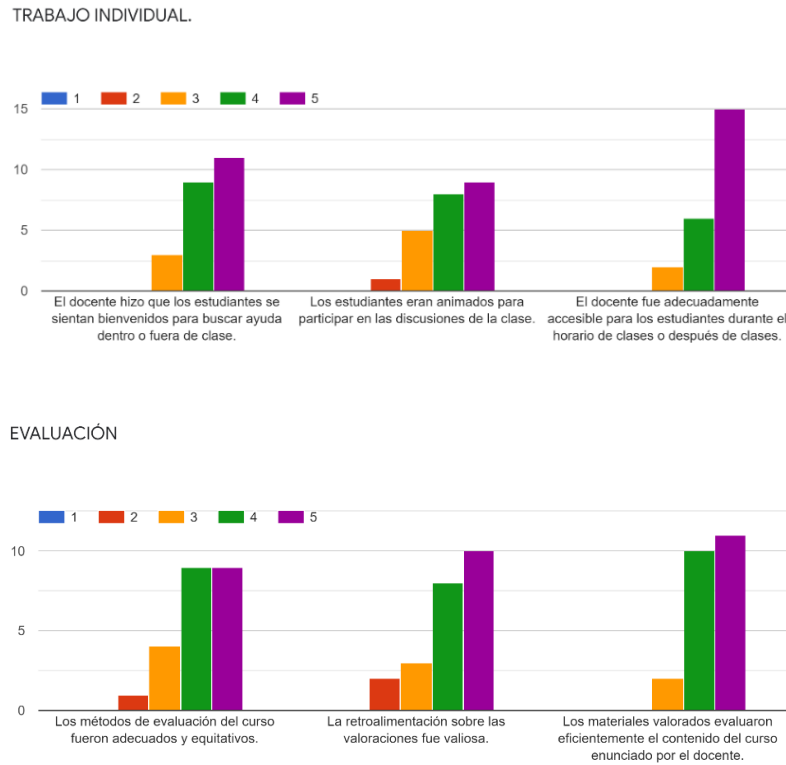
Elaboración propia.

La mayoría de los alumnos brindó niveles de valoración alto y muy alto (4 y 5) en los enunciados de los ítems “Organización” e “Interacción con el grupo”. En cuanto a las explicaciones del docente, los alumnos consideraron que fueron claras y que los objetivos propuestos fueron expuestos desde el inicio de la intervención, señalando que el material construido estaba explicado y preparado con rigurosidad. Todo esto implica que el sistema educativo debe desplegar una renovación de las metodologías de enseñanza y aprendizaje que fomenten la creatividad y el pensamiento crítico a partir de la implementación de herramientas de transmisión de saberes innovadores enfocados en las necesidades de la sociedad actual y las tecnologías de la información. (Opazo, Acuña, y Rojas, 2016).

La intervención animó a los estudiantes para expresar sus conocimientos e ideas, cuestionar críticamente lo expuesto por el docente, preguntar y recibir respuestas y retroalimentaciones oportunas y acordes. El modelo FLIPPED brinda la oportunidad

a los docentes de aprovechar las herramientas tecnológicas para incrementar la interacción con los estudiantes y su participación, fundamentando la profesión no solo para transmitirles contenidos sino también para inspirarlos y escuchar sus puntos de vista en marco de la práctica educativa. (Bergmann y Sams, 2012).

Figura 66. Resultados de S.E.E.Q (Trabajo Individual- Evaluación)

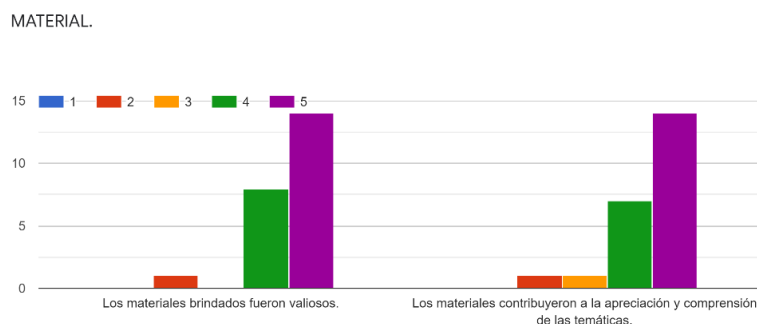


Elaboración propia.

En los ítems “Trabajo Individual” y “Evaluación” se evidenció una valoración favorable por parte de los alumnos. El docente brindó ayuda oportuna a los estudiantes dentro y fuera del aula de clase mediante la accesibilidad que presentan los canales digitales. Además, los alumnos tenían una motivación constante a participar en las discusiones de clase y brindar puntos de vista acerca de la problemática estudiada. La alta participación e interacción que presentaron los alumnos permite al docente brindar una mayor atención al proceso de cada uno de ellos sintetizando una educación personalizada. (Bergmann y Sams, 2012).

Los resultados favorables en el ítem “Evaluación” denotaron que las retroalimentaciones de cada una de las actividades a partir del J.I.T.T., permitieron una mayor equidad en el sistema de evaluación a los alumnos y brindaron aportes significativos para su enriquecimiento profesional y personal. De acuerdo con Novak y Marrs (2004) el aprendizaje requiere de una retroalimentación rápida, donde a partir de los conocimientos previos se brinde un ajuste o aclaración del pensamiento.

Figura 67. Resultados de S.E.E.Q (Material).



Elaboración propia.

Aproximadamente el 96% de los estudiantes afirmaron satisfacción con los materiales de clase construidos por el docente para la apropiación y comprensión de las temáticas vistas. Cabe destacar, qué de acuerdo con EdPuzzle el 100% de los estudiantes ingresaron activamente y gastaron en promedio 1,77 h. en la visualización de los vídeos y la resolución de las preguntas de la plataforma. Se presentó una participación de aproximadamente el 84,6% de los alumnos en los foros de discusión y retroalimentación construidos en Google Classroom. La flexibilidad del material haciendo uso del Modelo FLIPPED permite que este sea consultado por el estudiante con respecto a sus necesidades, ampliando la cobertura educativa y su accesibilidad en diferentes dispositivos. (Opazo, Acuña, y Rojas, 2016).

8. CONCLUSIONES.

- De acuerdo con el análisis de los ICO's, la Quebrada La Salitrosa presentó media y baja calidad en el índice de contaminación por mineralización, el índice de contaminación por sólidos suspendidos y el índice de contaminación trófico. Se analizaron en total doce parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, temperatura, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, metales pesados y fósforo total) para caracterizar este cuerpo de agua. Se construyó una propuesta de descontaminación de la Quebrada La Salitrosa que constó de un sistema de tres humedales artificiales subsuperficiales, empleando propiedades de macrófitas como la *Schoenoplectus californicus*, la *Typha angustifolia*, la *Cyperus papyrus* y la *Eichornia Crassipes* para mejorar la calidad del cuerpo hídrico, especialmente en parámetros como los sólidos suspendidos y el fósforo total.
- La secuencia didáctica diseñada y validada por expertos, estuvo enmarcada bajo los modelos FLIPPED/J.I.T.T. a través de la implementación de vídeos, páginas web, aplicaciones de celular y foros como cimientos teóricos de las sesiones de clase y oportunidades de retroalimentación del proceso de aprendizaje.
- La secuencia didáctica enfocada en la Investigación Acción Participativa y constituida por medio del modelo FLIPPED, permitió un comportamiento ascendente en el desarrollo de todas las competencias científicas propuestas para los estudiantes, presentando mayor significancia en la competencia de Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC). Así mismo, las actividades planteadas permitieron generar estudiantes propositivos, activos y reflexivos a partir de la generación de 17 proyectos de humedales artificiales, que podrán contribuir a la descontaminación de diversos cuerpos hídricos a nivel distrital y departamental.

- Se demostró que los modelos FLIPPED/J.I.T.T facilitan los canales de comunicación e interacción entre docente-alumno y fomentan la autonomía en el cuerpo estudiantil. Aproximadamente el 90% de los alumnos del Énfasis Disciplinar I en Calidad de Aguas, consideró como valioso el aprendizaje a partir de estos modelos, lo que representa una congruencia para estudiar a fondo la efectividad de los modelos de enseñanza tradicional que se imparten en la educación de nivel universitario actualmente.

RECOMENDACIONES.

- Es considerable implementar a mayor escala la propuesta de humedal artificial a través de convenios con entes gubernamentales por cuestión de costos y adquisición de terrenos, para evaluar la eficiencia real que ejerce el sistema en la descontaminación de la Quebrada La Salitrosa y diversos cuerpos hídricos.
- Los análisis de los parámetros fisicoquímicos de la Quebrada La Salitrosa representan un insumo para futuras investigaciones de caracterización de la zona debido a que al desarrollar una revisión bibliográfica no se presentan estudios recientes para su consulta.
- Se invita a los docentes de todas las disciplinas que ejecuten modelos pedagógicos como el FLIPPED, brinden protagonismo a la innovación y enriquezcan su ejercicio profesional.
- Los vídeos educativos sintetizados son de acceso libre y se sugiere que puedan ser empleados en diversas instituciones educativas y contextos como material guía de contenidos que involucren a los ecosistemas de humedal.
- La aplicación ANDROID desarrollada puede ser empleada por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente como base informativa para recorridos guiados y actividades de concientización ambiental en el Parque Ecológico humedal La Conejera.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.

- Arteaga, V. (2018). *Propuesta Metodológica para la construcción de Humedales Artificiales*. [Tesis Doctoral, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas]. Repositorio Instituto de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. <https://www.biopasos.com/biblioteca/Propuesta-metodologica-construccions-humedales-artificiales.pdf>
- Berenguer Albaladejo, C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o Flipped classroom. *XIV Jornadas de Redes de Investigación en docencia universitaria.*, 1466-1480.
- Bergmann, J., y Sams, A. (2012). *Flip your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Washington D.C: International Society for Technology in Education.
- Bergmann, J., y Sams, A. (2014). *What Is Flipped Learning? Flipped Learning Network*. Obtenido de Flipped Learning Network Web Site.: http://www.Flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domain/46/FLIP_h
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación. Tercera Edición*. Bogotá: Pearson Educación.
- Cano, M. (1997). Investigación Participativa: Inicios y Desarrollos. *Ciencia Administrativa Nueva Época*(1), 86-91.
- Chacón, R. S. (2014). Del maestro como investigador: ¿reto y necesidad? *Itinerario Educativo*(64), 249-257.
- Chamizo, J., y Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique* 51, 9-19.
- Coaquira, A. (2018). *Determinación de la eficacia en humedades artificiales de flujo subsuperficial con totora en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad San Antonio de Chujura*. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio de Tesis Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3344>
- Colmenares, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115.
- Convención RAMSAR sobre los humedales. (2018). *PERSPECTIVA MUNDIAL SOBRE LOS HUMEDALES. Estado de los humedales del mundo y de los*

servicios que prestan a las personas. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2011). *Humedales del Territorio CAR: Consolidación del Sistema de Humedales*. Bogotá D.C.: CAR.

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).

Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (2006). *Política de Humedales del Distrito Capital*. Obtenido de Ambiente Bogotá: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=b3186a1c-c2a6-4cae-8e85-3eaecfee4fb7ygroupId=55886

Falicoff, C., Odetti, H. S., y Domínguez, J. (2014). Competencia científica de estudiantes que ingresan y egresan de la universidad. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.*, 133-154.

Flipped Learning Network (FLN). (2014). *The Four Pillars of FL.I.P.* FLN.

Formica, S., Easley, J. L., y Spraker, M. C. (2010). Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching. *PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - PHYSICS EDUCATION RESEARCH* 6.

Gilboy, M. B., Heinerichs, S., y Pazzaglia, G. (2015). Enhancing Student Engagement Using the Flipped Classroom. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 47(1), 109-114.

Gómez, Y. (2017). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE HUMEDALES ARTIFICIALES VERTICALES EMPLEANDO Cyperus alternifolius Y Chrysopogon Zizanioides PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2875>

González, J., y Acevedo, J. (2018). *Evaluación de un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales del macroproyecto Ciudad Florecer, en el municipio de Mosquera - Cundinamarca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14035>

- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Editorial McGRAW- HILL.
- Jiménez, M. d. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Editorial GRAÓ.
- Latorre, A. (2007). *La investigación- acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Grao.
- Laverde, J. D., y Salazar, Y. V. (2017). *Utilización de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Borreras generadas en estaciones de servicio en el departamento de Córdoba*. Montería: Universidad de Córdoba.
- López, M., y Madroñero, S. (2015). ESTADO TRÓFICO DE UN LAGO TROPICAL DE ALTA MONTAÑA: CASO LAGUNA DE LA COCHA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21-42.
- Luján, D. (2019). *Desarrollo de Competencias Científicas en maestros y maestras de la ciudad de Medellín que participaron en la feria CT+1 Ediciones 2012 a 2017. Un análisis desde la formación docente*. Manizales.: Universidad de Manizales.
- Márquez, A., y Barrero, M. I. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en el Humedal La Conejera, localidad 11 de Suba*. [Tesis de Tecnología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22587>
- Marsh, H. (1982). SEEQ: A reliable, valid, and useful instrument for collecting students' evaluations of university teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 52(1), 77-95.
- Mena, J. (2008). *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos*. Obtenido de Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible IX: http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2643_JMena.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Se firma decreto que designa el complejo de humedales de Bogotá como sitio Ramsar*. Obtenido de MINAmbiente Sitio Oficial.: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4091-se-firma-decreto-que-designa-el-complejo-de-humedales-de-bogota-como-sitio-ramsar>

- Monroy, M., y Monroy, P. (2019). The Flipped classroom versus traditional method: On the quality of learning. *Revista Electrónica sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad.*, 1-17.
- Mora, B., y Hernández, C. (2017). Las aulas invertidas: una estrategia para enseñar y otra forma de aprender física. *Revista Inventum*, 12(22), 42-51.
- Morán, M. (2020). *ODS 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Obtenido de UN Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Novak, G. M. (2011). Just-in-Time Teaching. *NEW DIRECTIONS FOR TEACHING AND LEARNING.*, 63-73.
- Novak, G., y Marrs, K. (2004). Just-in-Time Teaching in Biology: Creating an Active Learner Classroom Using the Internet. *Cell Biology Education*, 3(1), 49-61.
- Nuñez, R., Meas, Y., Ortega, R., y Olgún, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y Aplicaciones. *Revista Ciencia*, 69-82.
- Ocelli, M., García, L., Valeiras, N., y Quintanilla, M. (2018). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Volumen I: Fundamentos y Reflexiones*. Santiago de Chile: Editorial Bellaterra Ltda.
- OCDE. (2017). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo : Lectura, matemáticas y ciencias*. París.: OECD Publishing.
- Ooi, E. D., y O'Leary, J. (2018). Tourism in changing natural environment. *Tourism Geographies* 20, 193-201.
- Opazo, A., Acuña, J. M., y Rojas, M. P. (2016). Evaluación de metodología Flipped classroom: primera experiencia. *INNOEDUCA. INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY AND EDUCATIONAL INNOVATION*, 2(2), 90-99.
- Ortíz, C. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes*. [Tesis de Maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://repositorio.escolaing.edu.co/handle/001/114?locale-attribute=en>
- Pandiella, S., Macías, A., y Quevedo, Á. (2013). Competencias Lingüísticas-Científicas en la formación de docentes de ciencias. Un estudio exploratorio. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*, 4(2), 78-93.

- Paz, A. (2018). *Los humedales urbanos de Bogotá ahora son sitio Ramsar*. Obtenido de MONGABAY: Periodismo Ambiental Independiente de Latinoamérica: <https://cutt.ly/sGKSPCD>
- Peña Salamanca, E., Madera-Parra, C., Sánchez, J., y Medina- Vásquez, J. (2013). BIOPROSPECCIÓN DE PLANTAS NATIVAS PARA SU USO EN PROCESOS DE BIORREMEDIACIÓN: CASO HELICONA PSITTACORUM (HELICONIACEA). *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 469-481.
- Pérez, A., y Rodríguez, L. (2006). La salida de campo: una manera de enseñar y aprender geografía. *Geoenseñanza*, 11(2), 229-234.
- Pérez, R., Alfaro, C., Sasa, J., y Agüero, J. (2013). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de Aguas Residuales. *Uniciencia*, 27(1), 332-340.
- Pérez-Reveles, M. d., Topete-Barrera, C., y Rodríguez-Salazar, L. M. (2014). MODELO PARA LA FORMACIÓN Y EL FORTALECIMIENTO DE INVESTIGADORES EN LAS UNIVERSIDADES. *Investigación Administrativa.*, 82-94.
- Ponce, H. (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 12(1), 113-130.
- Porras, Y. (2014). *Retos y oportunidades de la educación ambiental en el siglo XXI*. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Pulido, V., y Olivera, E. (2018). Aportes pedagógicos a la educación ambiental: una perspectiva teórica . *Journal of High Andean Research*, 333-346.
- Quintana, R. (2018). *Humedales, biodiversidad y servicios ecosistémicos. ¿Hacia dónde vamos?* Buenos Aires: UNSAM Edita.
- Ramírez, A., Restrepo, R., y Viña, G. (1999). ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIMIENTOS. FORMULACIONES. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(5), 89-99.
- Ramírez, A., Restrepo, R., y Viña, G. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. . *Ciencia Tecnología y Futuro*, 135-153.
- Rivas, L. A. (2011). LAS NUEVE COMPETENCIAS DE UN INVESTIGADOR. *Investigación Administrativa.*, 34-54.

- Romero, V., Romero, M., Castro, T., Castro, J., Pin, Á., Campozano, Y., y Gruezo, O. (2019). *El Flipped Learning, Aprendizaje Colaborativo y las herramientas virtuales en la educación*. Alcoy: Editorial Área de Innovación y Desarrollo.
- Salazar, J. C. (2019). *Aula invertida como metodología educativa para el aprendizaje de la química en educación*. Soledad.: Universidad de la Costa.
- Santa Montoya, C. (2014). *Estrategia didáctica para la enseñanza del equilibrio químico utilizando la metodología The Flipped Classroom y la plataforma Moodle*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21933/98658752.2014.pdf>
- Sarango, O., y Sánchez, J. (2016). *Diseño y construcción de 2 biofiltros con Eichhornia Crassipes y Lemna Minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. "Planta la Comuna", Quinindé*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4930>
- Secretaria de Ambiente de Bogotá. (2020). *Caminata por uno de los humedales con mayor biodiversidad de Bogotá: La Conejera*. Obtenido de Secretaria Distrital de Ambiente Sitio Web: <https://cutt.ly/dGKPhTv>
- Secretaria de la Convención RAMSAR. (2010). *Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales*. Gland (Suiza): RAMSAR.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales- Humedales Artificiales*. México D.F.: Comisión Nacional del Agua.
- Secretaría Distrital de Ambiente: Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad. (2021). *Informe de Gestión Anual: Periodo 2021*. Bogotá.: Secretaría Distrital de Ambiente.
- Soto Fuster, J. (2016). *Estudio de aplicabilidad de humedales artificiales para la calidad de agua en los meandros abandonados del Río Segura*. [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Universitat Politècnica de València: <https://riunet.upv.es/handle/10251/70818>
- Tobón, S., Pimienta, J., y García, J. A. (2009). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México.

- Torres Harker, M. (2016). *HUMEDALES CONSTRUIDOS: UNA ALTERNATIVA PARA RECUPERAR FUNCIONES ECOLÓGICAS DE LOS HUMEDALES NATURALES DE BOGOTÁ D.C.* [Tesis de Pregrado, Universidad de Ciencias Ambientales]. Repositorio Universidad UDCA: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/644>
- Tous, C., y Zapata, N. (2011). El blog en el aula. Relato de una experiencia en la FPyCS-UNLP. *I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el Aula*. La Plata. Obtenido de Educa RED.
- Uliana, A. S., Prieto, M., Bergesse, A., Camiletti, O., Mariani, E., y Valentinuzzi, M. C. (2020). ESTRATEGIA DE AULA INVERTIDA CON MODALIDAD VIRTUAL. ESTUDIO DE CASO EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN CIENCIAS NATURALES. *Nexo Agropecuario*, 8(2), 80-85.
- Veeduría Distrital. (2021). *¿CUÁL ES EL ESTADO DE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ?* Obtenido de Veeduría Distrital Página Oficial: <https://cutt.ly/fGKP1E4>
- Villaroel, C. (2005). Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales El Cortijo para uso agrícola con humedades construidos de flujo superficial. *Ciencia y Tecnología*(1), 23-45.
- Xiaong, Y., Mingju, E., Mingyang, Z., Zhensnan, X., Xianguo, L., Ming, J., . . . Zou. (2018). Wetland recreational agriculture: Balancing wetland conservation and agrodevelopment. *Environmental Science and Policy* 87, 11-17.

ANEXOS.

Anexo 1. Factores que contribuyen a la contaminación en el PEDH La Conejera.



Presencia de residuos sólidos en el PEDH La Conejera. **Elaboración propia.**



Construcciones ilegales dentro del humedal PEDH La Conejera como resguardo de habitantes de calle. Incrementa procesos de inseguridad y actividades de microtráfico. **Elaboración propia.**



Procesos de eutrofización por exceso de nutrientes como fósforo y nitrógeno en el PEDH La Conejera. **Elaboración propia.**

Anexo 2. Punto de muestreo seleccionado: Entrada del afluente (Quebrada La Salitrosa), al PEDH La Conejera.

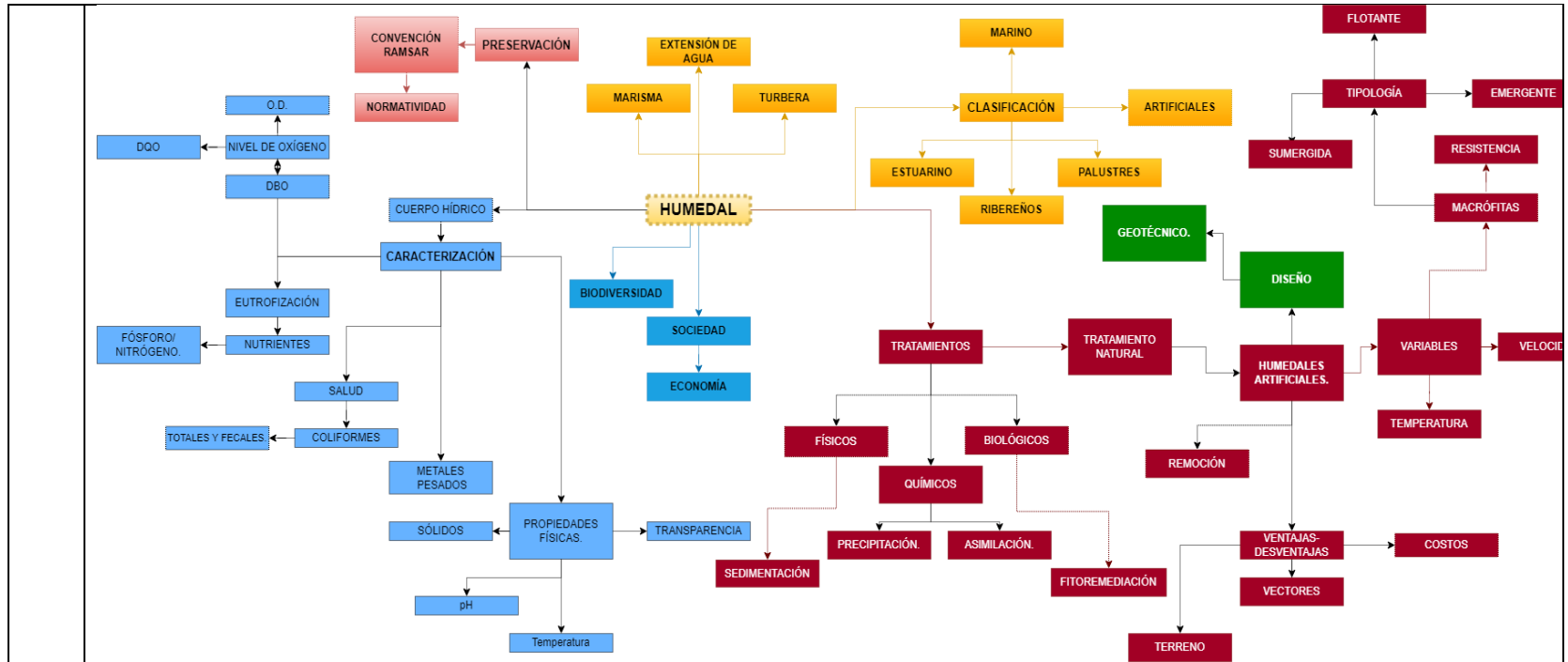


Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Secuencia Didáctica: Humedales Artificiales como alternativa de tratamiento de cuerpos hídricos.

SECUENCIA DIDÁCTICA: HUMEDALES ARTIFICIALES COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE CUERPOS HÍDRICOS.		
Institución: Universidad Pedagógica Nacional.	Facultad de Ciencia y Tecnología- Departamento de Química	
Asignatura: Énfasis Disciplinar I. Calidad de Aguas.	Semestre: IX.	Semestre: 2022-1
Número de Sesiones: 6	Enfoque: Química en Contexto.	
	Modelo: Flipped/J.I.T.T	
Eje Problema: Contaminación de Cuerpos hídricos.		
Pregunta Orientadora: ¿Cómo se pueden desarrollar competencias científicas a partir del estudio de los humedales artificiales como alternativa de tratamiento de cuerpos hídricos?		
COMPETENCIAS	INDICADORES	
Explicar fenómenos científicamente (EFC)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Integra de forma adecuada el conocimiento científico para la interpretación y explicación de la importancia de los humedales como íconos ambientales y sociales. ➤ Genera modelos representativos y explicativos para argumentar la importancia que presentan los entes gubernamentales y la sociedad en general en la preservación de los humedales como territorios de vida. ➤ Plantea la trascendencia que poseen los conocimientos científicos para la preservación de cuerpos hídricos a partir de parámetros fisicoquímicos y tecnologías de descontaminación. ➤ Contextualiza su entorno y diario vivir para la formulación de hipótesis y alternativas de solución en casos de contaminación hídrica presentes en su territorio por medio del conocimiento científico. 	

<p>Interpretar datos y pruebas científicamente (IDPC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Categoriza argumentos y pruebas científicas provenientes de diversas fuentes de información. ➤ Esquematiza datos a partir de diferentes representaciones. ➤ Analiza e interpreta datos que puedan generar efectos negativos o positivos en la construcción de humedales artificiales como alternativas de descontaminación de cuerpos hídricos. ➤ Correlaciona una serie de datos para la generación de conclusiones y recomendaciones haciendo uso de pruebas científicas.
<p>Evaluar y diseñar la investigación científica. (EDIC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fundamenta a los humedales artificiales, como propuestas de descontaminación de cuerpos hídricos a partir de estudios de factibilidad y referentes investigativos. ➤ Diseña propuestas de construcción de humedales artificiales a partir de la investigación, incentivando su conocimiento epistemológico, procedimental y conceptual. ➤ Gestiona alternativas de análisis para la experimentación y ejecución de cuestiones socio ambientales como la descontaminación de cuerpos hídricos a partir de sistemas de tratamiento. ➤ Evalúa las variables esenciales para la construcción de humedales artificiales, teniendo en cuenta su viabilidad y posibles efectos negativos a futuro.
<p>CONTENIDOS.</p>	



Elaboración propia.

	Sesión.	Actividad	Duración	Material Flipped.	Material Adicional.
F A	1	Presentación de y Plataformas	15 min.	Aula virtual Google Classroom. Plataforma EdPuzzle.	Presentación de Power Point.

S E S I O N I N I C I A L		Presentación de Prueba de Entrada	35 min.		Plataforma Google Forms.
	2	<p>En marco de la IAP, estas actividades buscaban generar motivación y un primer acercamiento con la población. Cabe destacar que los estudiantes deben visualizar y desarrollar el material FLIPPED antes de la sesión.</p> <p>Tag Cloud de “Concepto Humedal”.</p> <p>Se solicita a los alumnos que sintetizen la mayor cantidad de términos relacionados con “Humedal” en una nube de palabras a partir de la organización y forma de su preferencia. Deben tener en cuenta los conocimientos adquiridos a partir del Vídeo 1. Humedales: Generalidades y su conocimiento cotidiano.</p>	45 min.	<p>Previo a la sesión: Vídeo 1 y Vídeo 2 en Plataforma EdPuzzle. (Autoría propia) Foros en Plataforma Classroom.</p>	<p>Durante la sesión PRESENCIAL. Hoja de papel, lápiz y colores.</p>

		<p>DOFA. (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) de la Convención RAMSAR.</p> <p>Se organizan grupos de trabajo para el desarrollo de la elaboración de una matriz DOFA en conjunto acerca de las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que presenta la Convención RAMSAR: el tratado internacional encargado de la protección de los humedales. Se construye un mural general para que los estudiantes escriban sus ideas y argumentos.</p>		<p>Durante la sesión PRESENCIAL. Mural. Marcadores.</p>
	3	En marco de la segunda fase de la IAP, esta actividad permite definir las acciones y variables necesarias para solventar la problemática propuesta por medio del análisis de	1 h.	<p>Previo a la sesión: Vídeo 3, 4 y 5 en Plataforma EdPuzzle.</p> <p>Durante la sesión. PRESENCIAL. Miniprototipo de humedal artificial con material reciclable (autoría propia).</p>




<p style="text-align: center;">F A S E D E S A R R O L</p>		<p>datos. Cabe destacar que los estudiantes deben visualizar y desarrollar el material FLIPPED antes de la sesión.</p> <p>Taller Cuantitativo. Fundamentos: Diseño y Construcción de Humedales Artificiales.</p> <p>Inicialmente se solucionan dudas y preguntas con respecto al material FLIPPED visualizado como base teórica. Posteriormente, se muestra a los estudiantes un miniprototipo de humedal artificial construido con material reciclable para el reconocimiento de sus partes y su funcionamiento. Se brinda a los estudiantes una guía de trabajo compuesta de los apartados (A y B) para el análisis de factibilidad de dos propuestas de construcción de humedales artificiales para</p>		<p>(Autoría propia) Foros de Google Classroom.</p>	<p>Guía de taller cuantitativo.</p>
---	--	---	--	--	-------------------------------------

L O		la descontaminación de la Quebrada La Salitrosa del Humedal La Conejera, contemplando el análisis de datos de carácter cuantitativo para la formulación de hipótesis, juicios de valor y conclusiones.			
	4	<p>La etapa 3 de una IAP, corresponde a la ejecución de planes de acción para la solvencia de la problemática planteada.</p> <p>Propuesta de Construcción de Humedales Artificiales- Infografía.</p> <p>¡Es hora de proponer! Se les facilita a los estudiantes una guía de trabajo con todos los requerimientos solicitados para la formulación de la propuesta de construcción de un humedal artificial enfatizado en la descontaminación de un</p>	Asincrónica.	<p>Los estudiantes tienen acceso a un catálogo virtual- sitio web de las macrófitas que pueden ser empleadas para los diferentes tipos de humedales artificiales. (Autoría propia).</p> <p>Igualmente, podrán ver de nuevo los vídeos construidos</p>	Plataforma o formato de entrega deseado por el alumno.

		<p>cuerpo hídrico cercano a su residencia. Deben tener en cuenta factores como: las actividades desarrolladas en el sector, población, viabilidad, macrófitas, etc.</p>		<p>para la fundamentación teórica de las actividades anteriores.</p>	
C I E R R E	5	<p>Salida de Campo/ Álbum Diario.</p> <p>La IAP requiere de reflexión constante, donde el conocimiento tenga la capacidad de transformar la realidad a partir del diálogo.</p> <p>Los estudiantes son invitados a una salida de campo al PEDH La Conejera por parte de la Secretaría de Ambiente y los docentes. Se desarrolla una charla educativa por parte de un experto de la SDA acerca de la relevancia que posee este ecosistema para la educación ambiental del país, sus características, su biodiversidad y los agentes que contribuyen a su contaminación. Se</p>	2h. / Asincrónico.	<p>Los estudiantes tienen acceso a una aplicación (.apk) ANDROID (autoría propia) de tipo informativa con datos relevantes acerca del Humedal La Conejera como material FLIPPED.</p>	<p>Salida al PEDH La Conejera PRESENCIAL. Plataforma o formato de entrega deseado por el alumno.</p>

	propone la construcción de un álbum de fotografías en formato de diario de campo (con su respectiva guía), donde a partir de la observación se desarrolle un análisis de la situación del ecosistema a partir de la reflexión y los factores que convergen en él (flora, fauna, vecinos, vertimientos).			
6	<p>Presentación de Prueba de Salida.</p> <p>Presentación de Cuestionario Gilboy para evaluación de Metodología FLIPPED.</p> <p>Presentación de Prueba S.E.E.Q para evaluación de la labor docente implementando el Modelo FLIPPED.</p>	1 h.	Aula Virtual Google Classroom	Plataforma Google Forms.
EVALUACIÓN.				

La evaluación se desarrollará de forma cuantitativa y cualitativa por medio de rúbricas de evaluación con diseño en colores evaluando tres factores esenciales en cada una de las competencias. Cabe destacar, que esta metodología será manejada en las actividades de la sesión 3, 4 y 5, ya que las actividades de la sesión 1, 2 y 6 serán de motivación, diagnóstico y percepción con los estudiantes.

	Nivel Alto (Rendimiento 80%-100%) 	Nivel Medio (Rendimiento 60%-79%) 	Nivel Bajo (Rendimiento 10%-59%) 
Contexto.	El estudiante emplea el conocimiento científico para la comprensión del mundo natural, asociándolo a su contexto personal, local y nacional.	El estudiante articula y emplea sutilmente el conocimiento científico en situaciones acordes con la investigación científica.	El estudiante no articula la ciencia y la tecnología con la resolución de problemas propios de su contexto.
Conocimiento.	El estudiante argumenta y propone a través de conceptos, hechos y teorías explicativas, forjándolos como base de sus conocimientos científicos.	El estudiante reconoce conceptos, hechos y teorías, pero no los emplea para generar propuestas que articulen el conocimiento científico con su utilidad.	El estudiante no identifica conceptos, hechos y teorías científicas de forma adecuada. No las percibe relevantes para su formación.
Actitudes.	El estudiante genera percepciones acerca de problemáticas científicas a través de la reflexión, la crítica y la investigación.	El estudiante identifica sutilmente el papel que cumple la ciencia y la tecnología para la sociedad actual.	El estudiante no demuestra interés por la ciencia y la tecnología.

Elaboración propia

Las rúbricas por competencia están diseñadas de la siguiente manera:

Competencia Científica: Explicar fenómenos científicamente.			
Indicadores de Competencias.	Contexto.	Conocimiento.	Actitudes.
Integra de forma adecuada el conocimiento científico para la interpretación y explicación de la importancia de los humedales como íconos ambientales y sociales.	□	□	□
Genera modelos representativos y explicativos para argumentar la importancia que presentan los entes gubernamentales y la sociedad en general en la preservación de los humedales como territorios de vida.	□	□	□
Plantea la trascendencia que poseen los conocimientos científicos para la preservación de cuerpos hídricos a partir de parámetros fisicoquímicos y tecnologías de descontaminación.	□	□	□
Contextualiza su entorno y diario vivir para la formulación de hipótesis y alternativas de solución en casos de contaminación hídrica presentes en su territorio por medio del conocimiento científico.	□	□	□

Competencia Científica: Interpretar datos y pruebas científicamente.			
Indicadores de Competencias.	Contexto.	Conocimiento.	Actitudes.
Categoriza argumentos y pruebas científicas provenientes de diversas fuentes de información.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Esquematiza datos a partir de diferentes representaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Analiza e interpreta datos que puedan generar efectos negativos o positivos en la construcción de humedales artificiales como alternativas descontaminación de cuerpos hídricos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correlaciona una serie de datos para la generación de conclusiones y recomendaciones haciendo uso de pruebas científicas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Competencia Científica: Evaluar y diseñar la investigación científica.			
Indicadores de Competencias.	Contexto.	Conocimiento.	Actitudes.

Fundamenta a los humedales artificiales, como propuestas de descontaminación de cuerpos hídricos a partir de estudios de factibilidad y referentes investigativos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseña propuestas de construcción de humedales artificiales a partir de la investigación, incentivando su conocimiento epistemológico, procedimental y conceptual.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestiona alternativas de análisis para la experimentación y ejecución de cuestiones socio ambientales como la descontaminación de cuerpos hídricos a partir de sistemas de tratamiento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Evalúa las variables esenciales para la construcción de humedales artificiales, teniendo en cuenta su viabilidad y posibles efectos negativos a futuro.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Elaboración propia.

En cada uno de los factores y dependiendo la competencia y su respectivo indicador se le será brindado al estudiante un porcentaje de rendimiento y un color (azul, amarillo o rojo) que representa el nivel en que se encuentra.

ANEXOS.

Vídeo 1: Autoría Propia. <https://edpuzzle.com/media/626cd2b2bb255b42aeb425ff>

Vídeo 2: Autoría Propia. <https://edpuzzle.com/media/626cd2e8d7428c429f8aac5d>

Vídeo 3: Autoría Propia. <https://edpuzzle.com/media/626cd32dda2e2142b79351e9>

Vídeo 4: Autoría Propia. <https://edpuzzle.com/media/626cd3ad5bb54842ead8cb9b>

Vídeo 5: Autoría Propia. <https://edpuzzle.com/media/626cd3ffaeee3742c7084d34>

Catálogo de Macrófitas empleadas en Humedales Artificiales. Autoría Propia. <https://humedales-artificiales--macrofitas-0.webnode.com.co/>

Prueba de Entrada y Salida Tipo Cuestionario: <https://forms.gle/3TFHuQfRXJNQLJJP9>

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.

Arteaga, V. (2018). Propuesta Metodológica para la construcción de Humedales Artificiales . Obtenido de Respositorio Instituto de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas: <https://www.biopasos.com/biblioteca/Propuesta-metodologica-construccions-humedales-artificiales.pdf>

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).

Colmenares, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115.

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Editorial McGRAW- HILL.

Latorre, A. (2007). *La investigación- acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Grao.

Mena, J. (2008). *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos*. Obtenido de Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible IX: http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2643_JMena.pdf

Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., y Olguín, E. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y Aplicaciones*. *Revista Ciencia*, 69-82.

OCDE. (2017). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias*. París.: OECD Publishing.

Ooi, E. D., y O'Leary, J. (2018). *Tourism in changing natural environment*. *Tourism Geographies* 20, 193-201.

Ortíz, C. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes*. Obtenido de Repositorio Escuela Colombiana de Ingeniería:

<https://studylib.es/doc/2098585/factibilidad-del-diseno-de-un-humedal-de-flujo-subsuperfi...>

Pérez, A., y Rodríguez, L. (2006). La salida de campo: una manera de enseñar y aprender geografía. *Geoenseñanza*, 11(2), 229-234.

Paz, A. (2018). Los humedales urbanos de Bogotá ahora son sitio Ramsar. Obtenido de MONGABAY: Periodismo Ambiental Independiente de Latinoamérica: <https://es.mongabay.com/2018/08/humedales-de-bogota-ramsar-colombia/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales- Humedales Artificiales*. México D.F.: Comisión Nacional del Agua.

Secretaría Distrital de Ambiente: Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad. (2021). Informe de Gestión Anual: Periodo 2021. Bogotá.: Secretaría Distrital de Ambiente.

Secretaría de la Convención RAMSAR. (2010). *Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales*. Gland (Suiza): RAMSAR.

Xiaong, Y., Mingju, E., Mingyang, Z., Zhensnan, X., Xianguo, L., Ming, J., . . . Zou. (2018). Wetland recreational agriculture: Balancing wetland conservation and agrodevelopment. *Environmental Science and Policy* 87, 11-17.

Elaborada por: Juan Sebastián Martínez

Anexo 4. Instrumento de Validación de la Secuencia Didáctica.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	
Facultad de Ciencia y Tecnología- Departamento de Química.	
Instrumento de Validación de Secuencia Didáctica.	
Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.	
Directora: Doc. Dora Luz Gómez A.	Co-director: Mg. Diego A. Blanco.

Apreciado (a) Docente, Cordial Saludo. Por su amplia experiencia ha sido seleccionado (a) para evaluar la secuencia didáctica construida en marco del proyecto de grado para optar por el título de Licenciado en Química: **“MODELO FLIPPED/ J.I.T.T. PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTIFICAS: PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL TRAMO DE LA QUEBRADA LA SALITROSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA EMPLEANDO HUMEDALES ARTIFICIALES”** del grupo de investigación “Didáctica y sus Ciencias” del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Sus contribuciones enriquecen el trabajo de investigación y la profesión docente, siendo indispensables para el desarrollo y la implementación del proyecto. La información suministrada será única y exclusivamente empleada para fines investigativos.

“Agradecemos su admirable labor y valiosa colaboración”

Inicialmente, es de sumo interés que diligencie información básica con respecto a su formación académica y experiencia en el ámbito educativo e investigativo.

NOMBRE.	Docente Experto 1.
OCUPACIÓN.	Docente de Ciencias Naturales
FORMACIÓN ACADÉMICA.	Licenciado en Química Magister en Docencia de la Química Universidad Pedagógica Nacional
AÑOS DE EXPERIENCIA DOCENTE.	6 años y 4 meses.
CORREO ELECTRÓNICO.	-

A continuación, encontrará la rúbrica de evaluación planteada como instrumento de validación de la secuencia didáctica mediante un valor de 1(bajo) a 5 (alto). Marque con una X de acuerdo con su criterio y genere las observaciones que considera pertinentes:

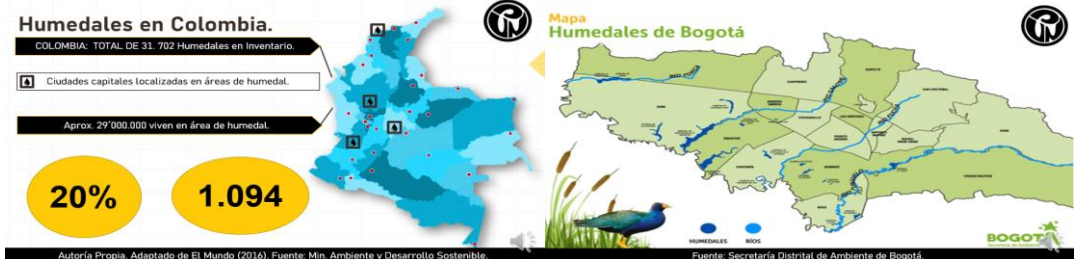
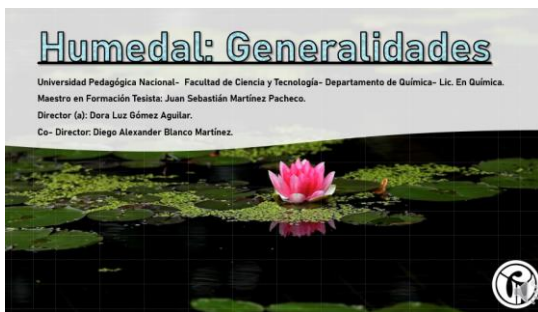
FACTOR	#	Enunciado	1	2	3	4	5	Observación (si se presenta).
CONTENIDO	1	El contenido presentado en la secuencia didáctica es pertinente con la resolución de la pregunta orientadora y el eje problema.					X	
	2	El contenido seleccionado es novedoso y de interés para los estudiantes de Énfasis Disciplinar I en calidad de Aguas.				X		
	3	El contenido que enmarca la secuencia didáctica permite el desarrollo de competencias científicas en los alumnos.					X	
ACTIVIDADES	1	Las actividades planteadas en la secuencia didáctica presentan coherencia con la adquisición y desarrollo de competencias científicas en marco de una Investigación Acción Participativa.				X		
	2	Las actividades son coherentes y claras.					X	
	3	En marco de una Investigación Acción Participativa y el modelo FLIPPED las actividades permiten desarrollar aprendizaje activo en los estudiantes.					X	

	4	Las sesiones y el tiempo planteado en la secuencia son suficientes para el desarrollo de las actividades.				X		Considero que en la sesión 2 se podría ampliar un poco el tiempo, ya que en la construcción del mural se podría tardar un poco más del tiempo estimado, sumado a la “nube de palabras” y al DOFA que realizarán en grupo.
Material FLIPPED/JiTT	1	El material FLIPPED está bien construido y es pertinente con las actividades planeadas.					X	
	2	El material FLIPPED construido contribuye y es significativo en el aprendizaje de los estudiantes.					X	
	3	La metodología de retroalimentación por medio de foros es una buena alternativa de comunicación entre docente-alumno.				X		
MATERIAL ADICIONAL.	1	El material adicional empleado es pertinente y necesario para el desarrollo de las actividades.					X	Considero que se evidencia una gran dedicación al material elaborado por el docente en formación, ya que es notorio el dominio de las herramientas virtuales. Además, me llamó mucho la atención de que al momento de los videos elaborados por el docente, el estudiante tenga la oportunidad de solucionar algunas preguntas relacionadas al tema en la misma plataforma. Felicitaciones por el material elaborado, me parece muy pertinente.
EVALUACIÓN.	1	La metodología de evaluación a partir del contexto, el conocimiento y las actitudes es clara.				X		

	2	Los indicadores de competencias planteados son acordes con los contenidos y las actividades planteadas.						
PERTINENCIA	1	La secuencia didáctica es pertinente para estudiantes de nivel universitario.					X	
	2	La secuencia didáctica es significativa para la aplicación de la IAP en un aula de clase					X	
	3	La secuencia didáctica puede ser aplicada en un currículo de Educación Ambiental.					X	
Observaciones Generales								
<p>Sería pertinente que, en la descripción de la secuencia didáctica, se mencione la modalidad en la cual se va a trabajar, ya que, desde mi perspectiva, fue un poco confuso entender si se realizará de manera sincrónica (virtual) o asincrónica (presencial), debido a que en algunas actividades si se especifica, y en otras no, por lo que puede llegar a generar confusión.</p> <p>Finalmente, la herramienta del "Padlet", podría llegar a ser útil en la actividad de la nube de palabras o en algunas de las actividades propuestas en la secuencia didáctica. Adjunto el link de dicha plataforma. https://es.padlet.com/</p>								
La secuencia didáctica es APROBADA.	X	La secuencia didáctica es aprobada si se corrigen las observaciones.					La secuencia didáctica NO ES APROBADA.	

Anexo 5. Vídeo 1: Generalidades de los Humedales.

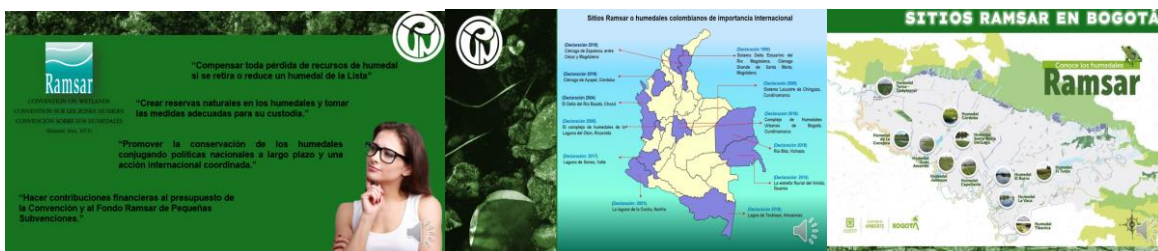
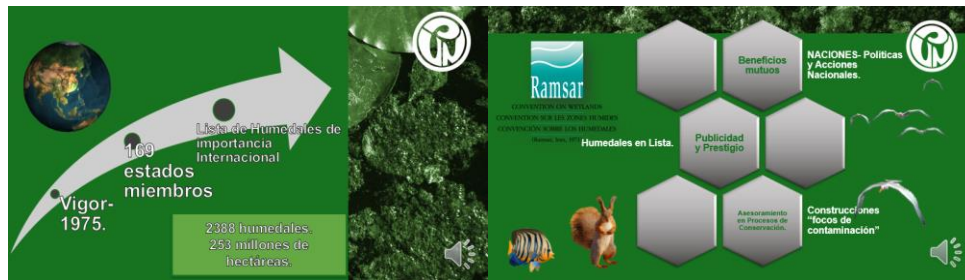
Link: <https://edpuzzle.com/media/626cd2b2bb255b42aeb425ff>



Elaboración propia.

Anexo 6. Vídeo 2: Convención RAMSAR.

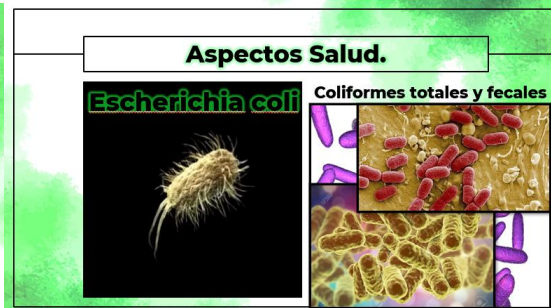
Link: <https://edpuzzle.com/media/626cd2e8d7428c429f8aac5d>



Elaboración propia.

Anexo 7. Vídeo 3: Parámetros fisicoquímicos en el estudio de la calidad de las aguas.

Link: <https://edpuzzle.com/media/626cd32dda2e2142b79351e9>



Elaboración propia.

Anexo 8. Vídeo 4: Fundamentos de Humedales Artificiales.

Link: <https://edpuzzle.com/media/626cd3ad5bb54842ead8cb9b>

Humedal Artificial como alternativa para Tratamiento de Agua.

Universidad Pedagógica Nacional-
Facultad de Ciencia y Tecnología-
Departamento de Química
Lic. En Química.

Maestro en Formación Tesista:
Juan Sebastián Martínez Pacheco.
Director (a): Dora Luz Gómez Aguilar.
Co-Director: Diego Alexander Blanco Martínez.

Humedal Artificial como alternativa de Tratamiento de Agua.

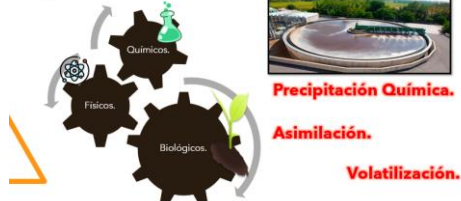
Universidad Pedagógica Nacional-
Facultad de Ciencia y Tecnología-
Departamento de Química
Lic. En Química.

Maestro en Formación Tesista:
Juan Sebastián Martínez Pacheco.
Director (a): Dora Luz Gómez Aguilar.
Co-Director: Diego Alexander Blanco Martínez.

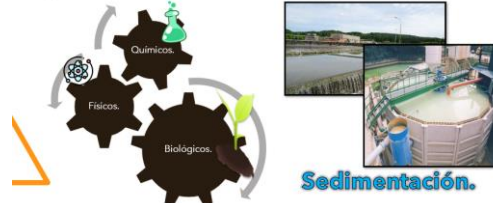
¿Qué tratamientos pueden ser empleados para el saneamiento de cuerpos de agua?



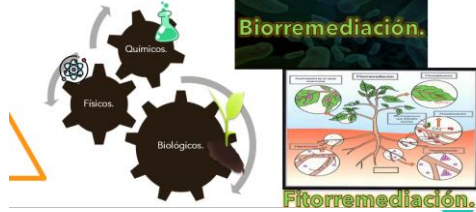
¿Qué tratamientos pueden ser empleados para el saneamiento de cuerpos de agua?



¿Qué tratamientos pueden ser empleados para el saneamiento de cuerpos de agua?



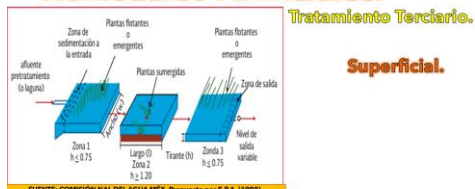
¿Qué tratamientos pueden ser empleados para el saneamiento de cuerpos de agua?



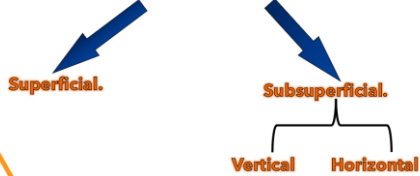
Humedales Artificiales.



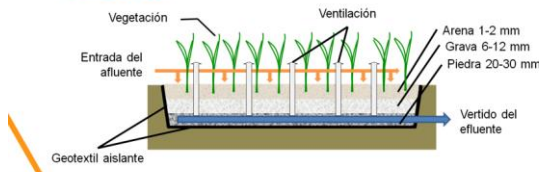
Humedales Artificiales.



Humedales Artificiales.

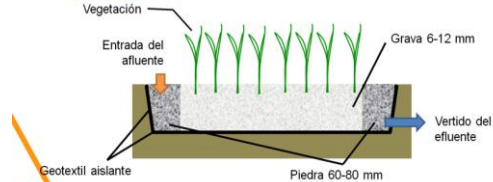


Humedal Artificial Subsuperficial Vertical.



Humedal construido de flujo subsuperficial vertical

Humedal Artificial Subsuperficial Horizontal.

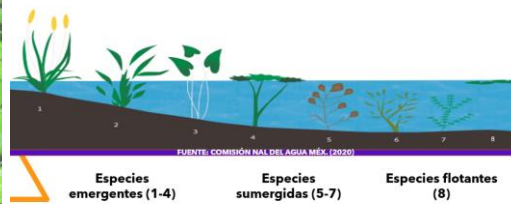


Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

¿Qué condiciones deben cumplir las macrófitas empleadas en los humedales artificiales?

- Tipo de Humedal.
- Asimilación de altas cargas contaminantes.
- Resistencia a enfermedades e insectos.
- Uso de especies locales.
- Alta velocidad fotosintética.
- Buen transporte de oxígeno.
- Facilidad de Control.
- Tolerancia a condiciones climáticas.
- Profundidad de instalación.

Clasificación de especies vegetales.



Desventajas de los humedales artificiales.

- Amplios costos de inversión (por extensión de terreno).
- Generación de malos olores (por mala operación).
- Espacios de terreno amplios para construcción.
- Reducción de capacidad.
- Generación de moscas y mosquitos.

Ventajas de los humedales artificiales.

- Baja consumo de energía eléctrica.
- Operación sencilla/ No presenta ruido.
- En humedales de flujo subsuperficial no se presentan vertidos.
- Remoción de nutrientes.
- Operación silenciosa.

Elaboración propia.

Anexo 9. Vídeo 5: Diseño Cualitativo y Cuantitativo de Humedales Artificiales.

Link: <https://edpuzzle.com/media/626cd3ffae3742c7084d34>



¿Qué parámetros se van a tener en cuenta para el diseño de los humedales artificiales?

Caracterización del agua a tratar. (Caudal, extensión del cuerpo hídrico, distancia)

Extensión del terreno. (Accesibilidad, Ancho y Largo).

Costos. (Material, Construcción)

Especies vegetales a emplear. (acuáticas).

¿Qué parámetros se van a tener en cuenta para el diseño de los humedales artificiales?

Número de habitantes.

Tipo de suelos.

Normatividad.

Alcantarillado.

Selección del Sitio.

Fuente de agua residual cercana.

No zona inundable.

SUFICIENTE TERRENO.

¿Dónde construir?

Dirección del viento.

Distancia a habitantes.

Aspectos Geotécnicos.

1. Reconocimiento/ Exploración.

2. Muestreo de Suelos.

3. Laboratorio de Suelos. [Análisis Gravimétricos]

MATERIALES. ¡CALIDAD!

TUBERÍA. PRUEBA DE FLUJO.

BORDOS. VOLUMEN SUFICIENTE.

REJILLA. DESARENADOR.

BYPASS. DERIVACIÓN DE CAUDAL.

CERCADO DE SISTEMA.

Impermeabilización

"Evitar fugas".
Material Sintético.

Geometría.

Rectangulares (relación largo-ancho).
Presentan mayor eficiencia en comparación con los humedales de diseño cuadrado.

Cuantificación de datos.

Vamos a diseñar un humedal artificial de tipo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales, presenta un caudal de $3,0 \frac{m^3}{d}$ ($259,2 \frac{m^3}{d}$).

Se presentan los siguientes datos:

- Temperatura media que presenta el mes más caluroso: 28°C.
- Temperatura media que presenta el mes más frío: 16°C.
- Constante cinética: $K_{20} = 1,104 d^{-1}$
- Planta seleccionada: *Filipendula australis* (Carrizo).
- Profundidad de la raíz: 0,6 m
- Separación entre planta, $d = 3,0$ m
- Propuesta de profundidad del agua en zona inicial de tratamiento, $D_{w_i} = 0,6$ m
- Propuesta de profundidad del agua en zona final de tratamiento, $D_{w_f} = 0,6$ m

¡Ojo! La profundidad del agua depende directamente de la profundidad de raíz que alcance la planta.

I. Propuesta de profundidad de lecho $D_L = 0,6$ m
 J. Pérdida de carga máxima en zona inicial $\Delta H_i = 0,06$ m

Conductividad hidráulica.

Diámetro de grava media (Dg=25 mm)

$$K_s = 12600(Dg)^{1,9}$$

$$K_s = 12600 \left(\frac{25}{10}\right)^{1,9} = 71854,93 \frac{m^3}{m^2 d}$$

Efecto de la Temperatura en la Constante Cinética.

$$K_{V,T} = K_{V,20} \theta^{T-20}$$

$\theta = 1,06$
 $K_{V,20} = 1,104 d^{-1}$

Temperatura del mes más caluroso.

$$K_{V,T} = (1,104 d^{-1})(1,06)^{(28-20)} = 1,7596 d^{-1}$$

8

Determinación del área superficial.

POROSIDAD (n=0,43)

$$A_s = \left(\frac{Q(\ln C_0 - \ln C_f)}{K_{V,T}(D_M)n}\right)$$

C_0 DBO=140 mg/L C_f DBO=30 mg/L

Área Superficial para mes más caluroso.

$$A_s = \left(\frac{259,2 \left(\frac{m^3}{d}\right) (\ln C_0 - \ln C_f)}{K_{V,T}(D_M)n}\right) = \left(\frac{259,2 \left(\frac{m^3}{d}\right) (\ln(140 \frac{mg}{L}) - \ln(30 \frac{mg}{L}))}{1,7596 d^{-1} (0,6)(0,43)}\right) = 879,52 m^2$$

Área para zona inicial y zona final.

Zona inicial ocupa 30% de área de tratamiento Zona final ocupa 70% de área de tratamiento

$$A_I = 0,3(879,52) = 263,86 m^2 \quad A_F = 0,7(879,52) = 615,66 m^2$$

Determinación del ancho mínimo necesario.

$$W = \left(\frac{Q(A_I)}{K_{s,1\%} d h_i D_{w0}}\right)^{0,5}$$

$$W = \left(\frac{259,2 \left(\frac{m^3}{d}\right) (530,91 m^2)}{(718,55) \left(\frac{m^3}{m^2 d}\right) (0,06 m)(0,6 m)}\right)^{0,5} = 73 m$$

Longitud de la zona inicial y final.

Longitud de zona inicial. **Longitud de zona final.**

$$L_I = \frac{A_I}{W} = \frac{263,86 m^2}{73 m} = 3,61 m \quad L_F = \frac{A_F}{W} = \frac{615,66 m^2}{73 m} = 8,43 m$$

Determinación de pérdida de carga (Final)

$$d_{hp} = \left(\frac{Q(L_p)}{K_{s,10} W D_{w,p}} \right)$$

$$d_{hp} = \left(\frac{259,20(17\text{ m})}{7185(73\text{ m})(0,6)} \right) = 0,01\text{ m}$$

Longitud TOTAL DEL HUMEDAL:

$$L = L_i + L_f = 24,3\text{ m}$$

CONCENTRACIÓN ESTIMADA DE NITRÓGENO TOTAL CUANDO SALE DEL EFLENTE:

$$C_e, N = ((0,52)(C_0, N)) + 3,1$$

$$= 14,8\text{ mg/L}$$

NT (afluente)=22,5 mg/L

CONCENTRACIÓN ESTIMADA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES CUANDO SALE DEL EFLENTE:

SST (afluente)=96 mg/L

$$C_{e,SST} = C_{0,SST} (0,1058 + 0,0011 \left(\frac{100Q}{A} \right))$$

$$C_{e,SST} = 96 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) (0,1058 + 0,0011 \left(\frac{100(259,20 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right))}{1769,71} \right)) = 11,70\text{ mg/L}$$

Número de Macrófitas Requeridas. (Nv)

$$Nv = \left(\frac{L}{d_{M-M}} - 1 \right) \left(\frac{W}{d_{M-M}} - 1 \right)$$

$$Nv = \left(\frac{24,3\text{ m}}{1,0\text{ m}} - 1 \right) \left(\frac{73\text{ m}}{1,0\text{ m}} - 1 \right) = 1677,6\text{ macrófitas}$$

Elaboración propia.

Anexo 10. Cuestionamientos a Estudiantes en Plataforma EdPuzzle.

¿Qué parámetros se van a tener en cuenta para el diseño de los humedales artificiales?



Caracterización del agua a tratar.
(Caudal, extensión del cuerpo hídrico, distancia)



Extensión del terreno.
(Accesibilidad, Ancho y Largo).



Costos. (Material, Construcción)



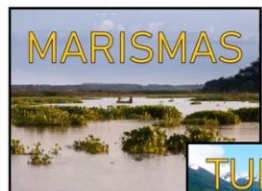
Especies vegetales a emplear.
(acuáticas).

PREGUNTA ABIERTA


¿Por qué es recomendable emplear plantas (macrófitas) propias del lugar donde se va a construir el humedal artificial?

Volver a ver
Enviar


¿Qué es un humedal?



MARISMAS



TURBERAS



EXT. AGUA

PREGUNTA DE OPCIÓN MÚLTIPLE

Teniendo en cuenta las siguientes afirmaciones:

- I. Los marismas representan el 50% de los humedales a nivel mundial por que son ampliamente utilizados para la agricultura.
- II. Las turberas presentan acumulación de material orgánico de tipo superficial.
- III. Los marismas se presentan únicamente en ciudades costeras y son de tipo artificial.

II es verdadera y III es verdadera.
 II es verdadera y III es falsa.
 I es falsa y III es verdadera.
 I y III son verdaderas.

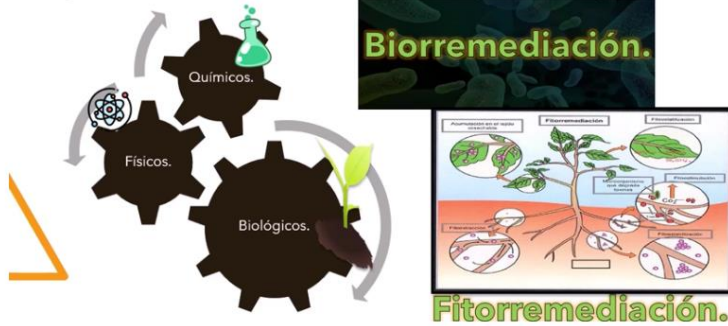


PREGUNTA DE OPCIÓN MÚLTIPLE

¿Qué tipo de tratado es la Convención RAMSAR?

- Nacional, empleado para la preservación de todos los recursos que posee un humedal.
- Multilateral e intergubernamental, empleado para la preservación de todos los recursos que posee un humedal.
- Intergubernamental, empleado solamente para la preservación del hábitat de las especies vegetales.
- Departamental, empleado para el desarrollo de estrategias de conservación de los humedales.

¿Qué tratamientos pueden ser empleados para el saneamiento de cuerpos de agua?



PREGUNTA DE OPCIÓN MÚLTIPLE

En la fitorremediación: ¿Cuál es el proceso en dónde con ayuda de los tallos de las plantas, los contaminantes de tipo sólido se convierten en tipo líquido?

- Acumulación
- El enunciado es erróneo. Aunque los tallos si participan en los procesos de fitorremediación, este tipo de proceso NO se lleva a cabo.
- Fitoestimulación
- El enunciado es falso por que los tallos no participan en el proceso de fitorremediación de las plantas.

Elaboración propia.

Anexo 11. Prueba Tipo Cuestionario.

Prueba de Entrada. Humedales Artificiales.

Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.

Directora: Doc. Dora Luz Gómez Aguilar. Doctora en Desarrollo Sostenible.

Co-director: Mg. Diego Alexander Blanco Martínez. Magíster en Ciencias Química.

***Obligatorio**

Correo electrónico *

laura19quintero@gmail.com

Nombre del Alumno (a) *

Laura Ximena Quintero Duque

Código *

2017215052

Preguntas del cuestionario

Responda con total honestidad la prueba de entrada, sin ayuda de fuentes externas. Recuerde que el principal objetivo de la misma es caracterizar el conocimiento inicial que posee. ¡No se haga trampa a sí mismo!

1. ¿Qué es un humedal? *

- Un humedal es un bioma exclusivo de las grandes zonas urbanísticas del centro del país empleado como ecosistema de especies animales y vegetales.
- Un humedal es una superficie de agua con comportamiento estancado, que puede albergar únicamente agua dulce.
- Un humedal es una extensión cubierta por agua, empleada como filtrador natural, que puede contener agua dulce o salada.
- Un humedal es una zona de tipo marítimo, localizada exclusivamente en cercanía a lagunas y lagos.

1.1. ¿Cuántos humedales reconocidos posee la ciudad de Bogotá? *

- 22 humedales.
- 15 humedales.
- 7 humedales.

2. ¿Qué entes se encargan del control y preservación ambiental de los humedales en Colombia?. Seleccione los que crea que desarrollan esta labor en el país. *

- Ministerio de Vivienda.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).
- Alcaldías por medio de las Secretarías de Ambiente.
- Ministerio de Comercio y Relaciones Exteriores.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Empresas de Acueducto y Alcantarillado.
- Juntas de Acción Comunal (JAC).
- Fundaciones y Centros de Investigación.

3. ¿Qué es la Convención RAMSAR? *

- La Convención RAMSAR es una organización con fines de lucro encargada de la defensa de los sistemas bióticos de los humedales.
- La Convención RAMSAR es un ministerio constituido por la Organización Mundial de la Salud, encargado de la defensa del derecho del libre acceso al agua para la población menos favorecida.
- La Convención RAMSAR es un tratado internacional para la preservación de los humedales bajo principios de sostenibilidad ambiental.
- La Convención RAMSAR es un impuesto dado a las empresas y/o industrias que vierten desechos tóxicos a cuerpos hídricos como los humedales.

4. ¿Qué parámetros fisicoquímicos cree que deben ser analizados para categorizar la calidad de un cuerpo hídrico? *

- pH, color, olor, alcalinidad, cantidad de habitantes, conductividad, dureza, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos y coliformes totales.
- Demanda bioquímica de oxígeno, pH, conductividad, alcalinidad, color, dureza, cantidad de empresas del sector y sólidos suspendidos.
- Conductividad, alcalinidad, color, pH, dureza, coliformes totales, conductividad, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y olor.

5. El Humedal La Conejera es uno de los centros pioneros en educación ambiental de la ciudad, y de ahí radica ^{*} su preservación. ¿Cuáles de los siguientes tratamientos consideraría usted más viables para el tratamiento de aguas residuales que pueden ingresar al humedal?:

- Tratamientos químicos como la precipitación.
- Uso de metales pesados como cromo y mercurio para desinfección.
- La filtración y la sedimentación.
- Tratamientos biológicos mediante el uso de microorganismos.
- Tratamientos biológicos mediante el uso de especies vegetales.
- Uso de cianuro para contribuir a la mortandad de bacterias presentes en el agua residual.
- Implementación de riego de hidrocarburos como alternativa de solución ambiental.
- Humedal Artificial de tipo subsuperficial o superficial.
- Vertimiento de diferentes sectores industriales para contribuir a la mejora.
- Creación de políticas públicas de preservación.
- Proceso de eutrofización en el agua.

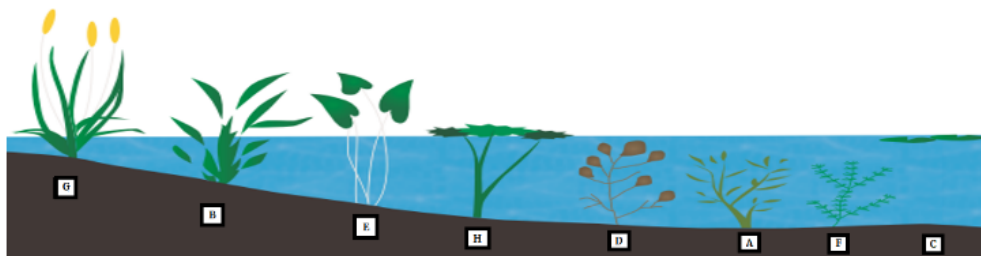
6. Seleccione los parámetros a tener en cuenta para la construcción y diseño de un Humedal Artificial. ^{*}

- Caudal del cuerpo hídrico.
- Especies de animales y aves de la zona.
- Clima de la zona.
- Número de habitantes de la zona.
- Rellenos sanitarios cercanos.
- Especies vegetales terrestres.
- Calidad del aire de la zona destinada para la construcción.
- Presencia de peces susceptibles a la contaminación.
- Salinidad del suelo a emplear.
- Costo.
- Especies vegetales acuáticas.
- Olor y color del cuerpo hídrico.
- Ancho y largo de la zona a emplear.
- Especies de macroinvertebrados presentes en el cuerpo hídrico.
- Tipo de residuos sólidos más desechados por los habitantes de la zona.
- Extensión del cuerpo hídrico.

7. ¿Qué es la fitorremediación? *

- Es la propiedad química que poseen algunas especies vegetales para absorber contaminantes a través del proceso de fotosíntesis.
- Es la propiedad que poseen algunas plantas para absorber y/o metabolizar contaminantes con aplicabilidad única en aguas.
- Es una alternativa de bajo costo, que consiste en la volatilización y absorción de contaminantes por parte de especies vegetales.
- Es un proceso biogénico donde se alteran las propiedades de las especies vegetales para ser utilizadas como absorbentes de contaminantes.

8. Las macrófitas empleadas en los humedales artificiales son primordiales para su eficiencia, ¿Cómo las categorizaría? Observe la imagen y relacione según corresponda. *



	Especie Sumergida	Especie Flotante	Especie Emergente
(G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(B)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(E)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(H)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(D)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(A)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(F)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(C)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Asigne juicio de valor V o F, con respecto a cada uno de los siguientes razonamientos. *

	Falso	Verdadero
Un humedal artificial puede ser empleado como un tratamiento primario de aguas residuales.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Las macrófitas empleadas no deben cumplir con unas condiciones específicas.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los humedales artificiales son empleados para la reducción de nutrientes como nitrógeno y fósforo.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Se requiere de áreas amplias para la construcción de un humedal artificial.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los humedales pueden ser designados como aguas residuales.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las heladas como condición climática, pueden generar una mejora en la reducción de contaminantes.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

10. En el Centro Empresarial de Santa Bárbara ubicado en la localidad de Usaquén con ayuda de las empresas del sector se invirtieron 70.000 millones de pesos para la construcción de un humedal artificial en la plazoleta principal de esta exclusiva zona. (Fuente: Cívico). ¿Qué posibles desventajas podría traer a corto y largo plazo tal humedal si no es operado correctamente?



- Generación de malos olores.
- Altos costos de operación y deudas por construcción.
- Sanciones gubernamentales por apropiación del espacio público.
- Tolerancia a altas y bajas temperaturas.
- Embellecimiento de la zona de construcción.
- Mejora en la calidad del aire, agua y suelo de la localidad.
- Impacto arquitectónico.
- Presencia de vectores como mosquitos.
- Desborde de agua lluvia almacenada en el humedal artificial.
- Presencia de fauna silvestre que puede alterar el equilibrio y estructura del humedal artificial.
- Políticas para su preservación por parte de los habitantes de la zona de la UPZ Santa Bárbara.

Elaboración propia.

Anexo 12. Instrumento de Validación de la Prueba Tipo Cuestionario.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL	
Facultad de Ciencia y Tecnología- Departamento de Química.	
Instrumento de Validación de Prueba Tipo Cuestionario.	
Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.	
Directora: Doc. Dora Luz Gómez A.	Co-director: Mg. Diego A. Blanco.

Apreciado (a) Docente, Cordial Saludo. Por su amplia experiencia ha sido seleccionado (a) para evaluar la prueba Tipo Cuestionario construida en marco del proyecto de grado para optar por el título de Licenciado en Química: **“MODELO FLIPPED/ J.I.T.T. PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTIFICAS: PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL TRAMO DE LA QUEBRADA LA SALITROSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA EMPLEANDO HUMEDALES ARTIFICIALES”** del grupo de investigación “Didáctica y sus Ciencias” del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Sus contribuciones enriquecen el trabajo de investigación y la profesión docente, siendo indispensables para el desarrollo y la implementación del proyecto. La información suministrada será única y exclusivamente empleada para fines investigativos.

“Agradecemos su admirable labor y valiosa colaboración”

Inicialmente, es de sumo interés que diligencie información básica con respecto a su formación académica y experiencia en el ámbito educativo e investigativo.

NOMBRE.	Docente Experto 2.
OCUPACIÓN.	Docente Ocasional Asistente Departamento de Biología
FORMACIÓN ACADÉMICA.	Licenciado en Química Magister en Bioenergía Doctor en Química (Analítica)
AÑOS DE EXPERIENCIA DOCENTE.	6 años.
CORREO ELECTRÓNICO.	-

A continuación, encontrará la rúbrica de evaluación planteada como instrumento de validación de la prueba Tipo Cuestionario mediante un valor de 1(bajo) a 5 (alto). Marque con una X de acuerdo con su criterio y genere las observaciones que considera pertinentes:

FACTOR	#	Enunciado	1	2	3	4	5	Observación (si se presenta).
ESTRUCTURA.	1	La prueba Tipo Cuestionario presenta ítems con instrucciones coherentes.					x	
	2	La prueba Tipo Cuestionario presenta interrogantes y respuestas bien redactadas y con un lenguaje entendible.					x	
	3	La prueba Tipo Cuestionario parte del conocimiento general de los estudiantes al particular.					x	
	4	La estructura de la prueba no es susceptible a confusiones debido a que se encuentra organizada.					x	
	5	Los gráficos e imágenes empleados son acordes a las preguntas planteadas.					x	
TEMÁTICAS.	1	Los contenidos evaluados en la prueba son los necesarios.					x	
	2	Los contenidos descritos en la prueba permiten evaluar las preconcepciones que poseen los estudiantes.				x		
	3	Las preguntas expuestas presentan intencionalidad y son acordes a los contenidos de contaminación de humedales y sus alternativas de tratamiento.					x	
UTILIDAD.	1	La Prueba Tipo Cuestionario puede ser empleada para contrastar los conocimientos del estudiante antes y después de la intervención pedagógica.					x	
EVALUACIÓN.	1	La Prueba Tipo Cuestionario permite evaluar las concepciones que poseen los estudiantes con respecto a la contaminación de					x	

		humedales y sus alternativas de tratamiento.						
	2	Las preguntas de selección múltiple con única y múltiple respuesta permiten evaluar en mayor medida los conocimientos y juicios de valor de los alumnos.				X		
Observaciones Generales								
La prueba tipo cuestionario es APROBADA.	X	La prueba tipo cuestionario es aprobada si se corrigen las observaciones.				La prueba tipo cuestionario NO ES APROBADA.		

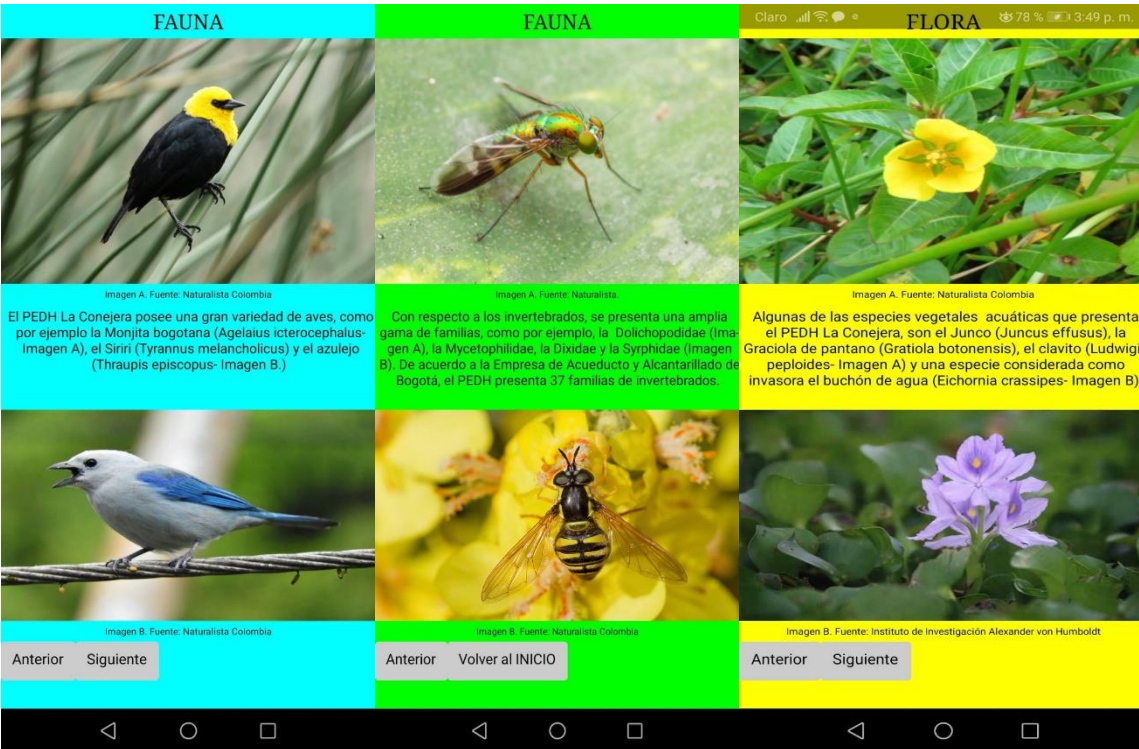
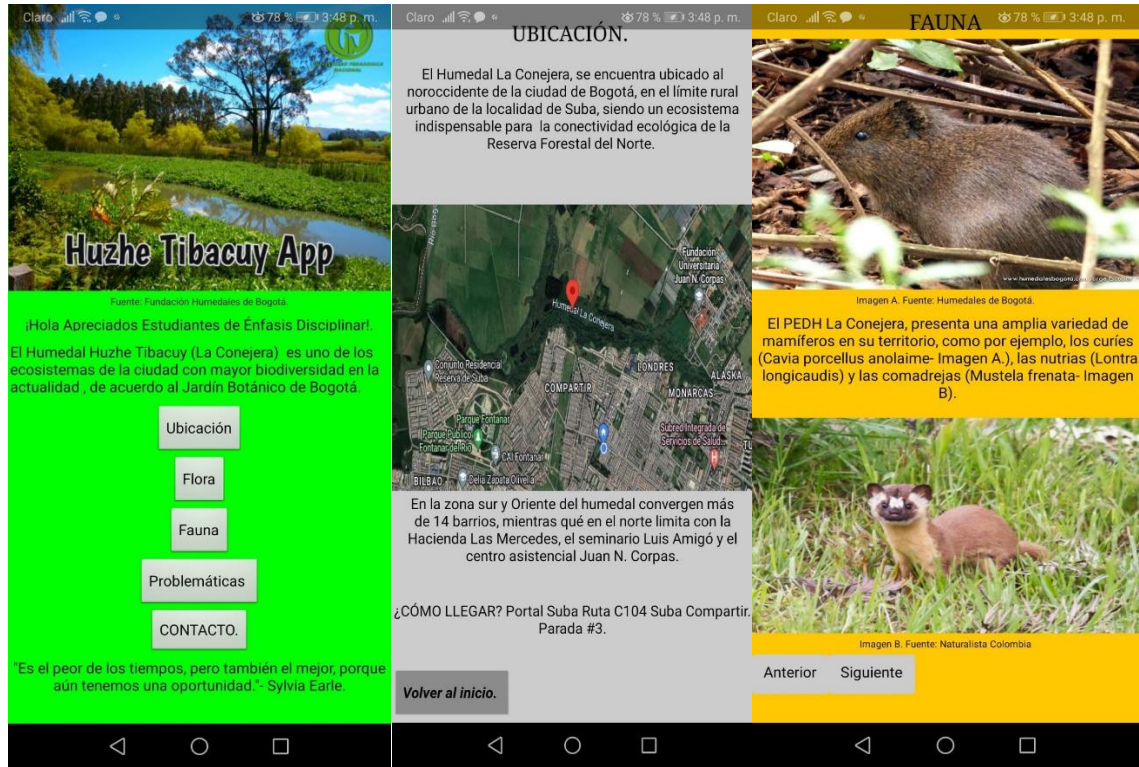
Anexo 13. Aula virtual en Google Classroom

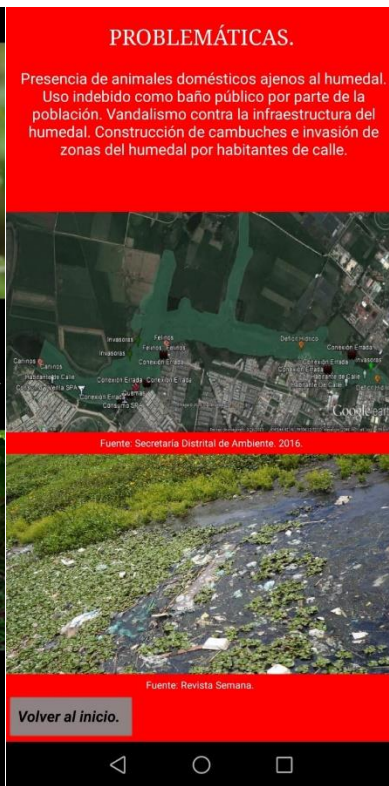
The screenshot shows the top part of a Google Classroom page. At the top, there is a navigation bar with the class name 'Chupqua: Alternativas de sanea...' and tabs for 'Tablón', 'Trabajo de clase', 'Personas', and 'Calificaciones'. On the right, there are icons for settings, a grid, and a profile picture. Below the navigation bar is a large banner image of a forest with the text 'Chupqua: Alternativas de saneamiento de aguas.' and a 'Personalizar' button. Underneath the banner are three main sections: 'Código de clase' (4gavrqm), 'Anuncia algo a tu clase' (with a profile picture and a refresh icon), and 'Próxima entregas' (stating 'No tienes ninguna tarea para esta semana') and a post from 'Juan Sebastián Martínez Pacheco' dated '3 mar' with the text 'Buen Día Apreciados Estudiantes, Tener en cuenta los siguientes compromisos.'

This screenshot shows the main content area of the Google Classroom page. At the top, there is a '+ Crear' button and links for 'Google Calendar' and 'Carpeta de Drive de la clase'. Below this is a list of sessions and assignments. The sessions listed are: 'Sesión 6. Prueba de Salida.', 'Sesión 1. Sesión de...', 'Sesión 2. Fundame...', 'Sesión 3. Fundame...', 'Sesión 4. Asincróni...', and 'Sesión 5. Salida de...'. The assignments listed are: 'PRUEBA DE SALIDA.' (due 11 mar, 0:00), 'Presentación Parámetros Generales de la In...' (published 15 feb), and 'Prueba de Entrada.' (due 17 feb, 10:...). The bottom of the screenshot shows the start of 'Sesión 2. Fundamento de Humedal y Convenci...'.

Elaboración propia.

Anexo 14. Aplicación ANDROID Huzhe Tibacuy. Humedal La Conejera.





Elaboración propia.

Anexo 15. Web Catálogo de Macrófitas empleadas en Humedales Artificiales.



¡Bienvenidos (as)!

A continuación encontrarán un breve bosquejo con respecto a aquellas especies vegetales que pueden ser empleadas para Humedales Artificiales Superficiales.

¡OJO, ESTAS ESPECIES SUELEN SER INVASORAS EN CUERPOS HÍDRICOS!

ESPECIE A.

Eichornia crassipes. (Lirio acuático)

> Clima: Tropical y Subtropical.

> Temperatura: 22,5°C- 35°C.



¡Bienvenidos (as)!

A continuación encontrarán un breve bosquejo con respecto a aquellas especies vegetales que pueden ser empleadas para Humedales Artificiales Superficiales.

ESPECIE A.

Phragmites australis. (Carrizo)

> Clima: Frío.

> Temperatura: 12-23°C. Con tolerancia a temperaturas de hasta -5°C.



Elaboración propia.

Anexo 16. Cuestionario de Gilboy.

Cuestionario de Gilboy					
El siguiente cuestionario permitirá conocer su percepción con respecto a la aplicación de la metodología Flipped/J.I.T.T en su proceso de aprendizaje.					
Aplicación de Cuestionario de Gilboy					
Lea atentamente los ítems y categorícelos en la escala de acuerdo a su opinión y percepción.					
	Muy en desacuerdo.	En desacuerdo.	Neutral.	De acuerdo.	Muy de acuerdo.
Me gusta la posibilidad de ver un vídeo u otro material en vez de tener una clase tradicional con los temas planteados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prefiero la clase tradicional del docente en vez de realizar trabajos activos y grupales en clases como los que se llevaron a cabo con la metodología flipped (aula invertida).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El uso de vídeos y otros instrumentos me permiten aprender el material de estudio más eficazmente que hacer las lecturas en solitario.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Aprendí más cuando utilicé el método de aprendizaje invertido (lecturas cortas, talleres de aplicación, videos y actividades de aprendizaje activo en clase) en comparación con el método tradicional del docente (exposiciones y clases magistrales).



Me sentía desconectado sin un profesor presente durante los videos y las actividades virtuales.



Adaptado de: (Opazo, Acuña, y Rojas, 2016).

Anexo 17. Cuestionario S.E.E.Q.

Cuestionario S.E.E.Q
La evaluación estudiantil de calidad educativa, permitirá conocer su percepción con respecto a la labor docente en la aplicación de la metodología Flipped/ J.I.T.T.
<p>Evaluación Estudiantil de la Calidad Educativa.</p> <p>Seleccione entre 1 a 5 para calificar cada uno de los ítems, donde 1 es totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni en acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo.</p>

APRENDIZAJE. *

	1	2	3	4	5
El curso me ha parecido intelectualmente atractivo y estimulante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
He aprendido cosas que considero valiosas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi interés por la materia ha aumentado gracias a este curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
He aprendido y comprendido los contenidos del curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

ENTUSIASMO. *

	1	2	3	4	5
El docente ha mostrado entusiasmo impartiendo este curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El docente ha sido dinámico y activo durante el curso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El docente consigue que sus presentaciones y material sean amenos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ORGANIZACIÓN. *

	1	2	3	4	5
Las explicaciones del docente fueron claras.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los materiales del curso estaban bien preparados y explicados cuidadosamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los objetivos propuestos han quedado claros desde el inicio, así que sabía hacia dónde se dirigía el curso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

INTERACCIÓN CON EL GRUPO. *

	1	2	3	4	5
En este curso se animaba a los estudiantes a expresar sus ideas y cuestionar las expresadas por el docente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los estudiantes eran animados para participar en las discusiones de la clase.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los estudiantes eran animados a preguntar y se les brindaban respuestas acordes y oportunas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Los estudiantes eran invitados a compartir sus ideas y conocimientos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

TRABAJO INDIVIDUAL *

	1	2	3	4	5
El docente hizo que los estudiantes se sientan bienvenidos para buscar ayuda dentro o fuera de clase.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los estudiantes eran animados para participar en las discusiones de la clase.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
El docente fue adecuadamente accesible para los estudiantes durante el horario de clases o después de clases.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

EVALUACIÓN *

	1	2	3	4	5
Los métodos de evaluación del curso fueron adecuados y equitativos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
La retroalimentación sobre las valoraciones fue valiosa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los materiales valorados evaluaron eficientemente el contenido del curso enunciado por el docente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

MATERIAL *

	1	2	3	4	5
Los materiales brindados fueron valiosos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Los materiales contribuyeron a la apreciación y comprensión de las temáticas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

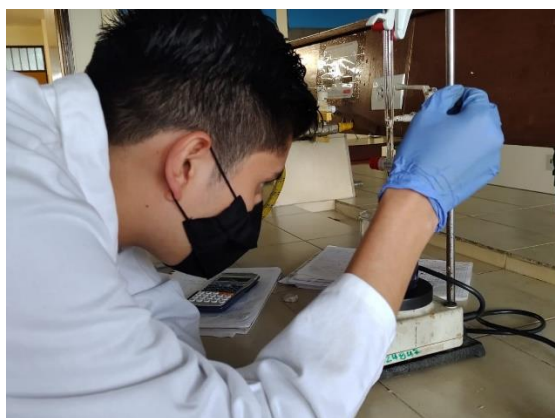
Adaptado de: (Marsh, 1982).

Anexo 18. Estándares y reactivos preparados para la caracterización fisicoquímica.



Elaboración propia.

Anexo 19. Proceso de titulación por parte del autor.



Elaboración propia.

Anexo 20. Uso de Equipo de Espectrofotometría UV-vis por parte del autor.



Elaboración propia.

Anexo 21. Tubos de Análisis de DQO en baño de maría.



Elaboración propia.

Anexo 22. Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AA).



Elaboración propia.

Anexo 23. Participación en el Congreso Internacional de Investigación e Innovación Ambiental 2021.

PROPUESTA DE DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DEL TRAMO DE LA QUEBRADA LA SALITROSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA EMPLEANDO HUMEDALES ARTIFICIALES.

Dora Luz Gómez Aguilar,
Doctora en Desarrollo Sostenible.

Juan Sebastián Martínez Pacheco,
Estudiante Lic. En Química

Universidad Pedagógica Nacional- Bogotá D.C.
Corporación Autónoma Regional C.A.R

24 de Noviembre de 2021

Organiza: Apoya:

rosada del humedal la Conejera empleando humedales artificiales.

"HUMEDAL ARTIFICIAL"

Sistema de Tratamiento Natural.

Remoción M.O. [P, N y K]

Aguas Residuales.

"Humedal Natural" Filtrador Natural de Agua.

Humedal Artificial Subsuperficial & Superficial.

FUENTE: COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA MEX. (2020).

Contexto histórico.

Siglo XXI

1980

1960

Organiza: Apoya:

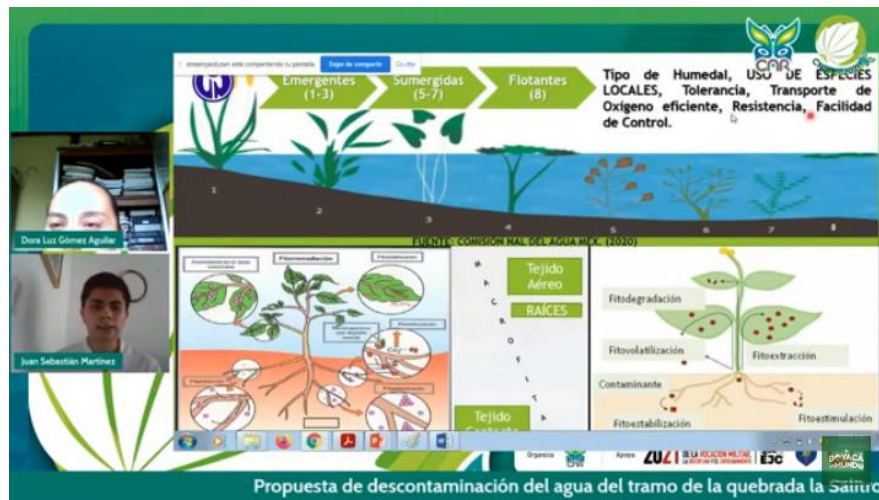
rosada del humedal la Conejera empleando humedales artificiales.

QUEBRADA LA SALITROSA.

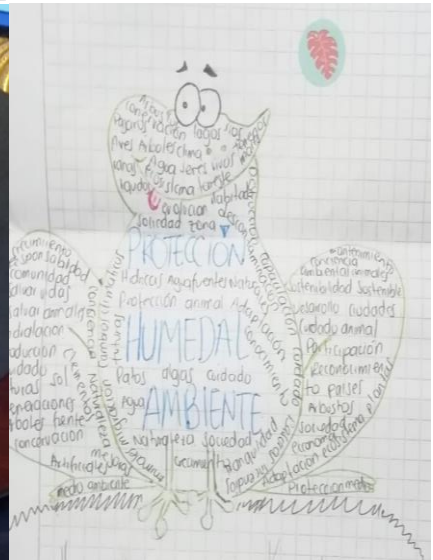
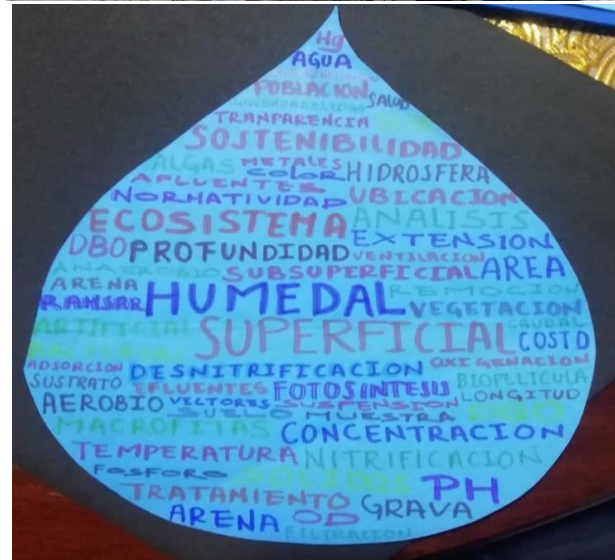
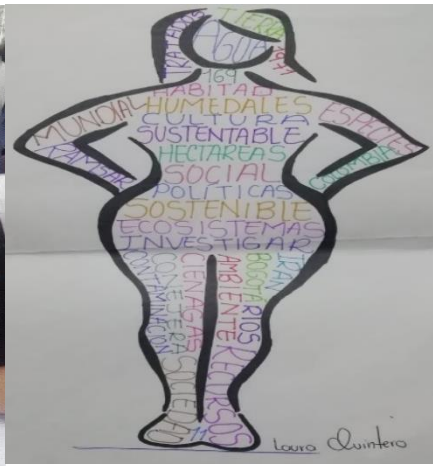
Principal afluente del Humedal La Conejera.

Organiza: Apoya:

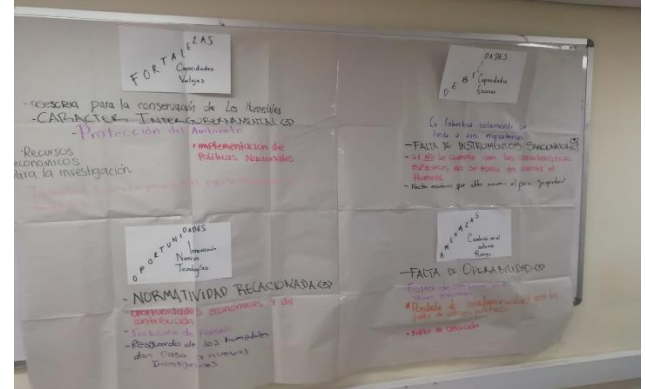
artificiales. Propuesta de descontaminación del agua




Anexo 24. Actividad de TAG CLOUD con los estudiantes.



Anexo 25. Actividad DOFA con los estudiantes.



Anexo 26. Taller de Fundamentos.

	Facultad de Ciencia y Tecnología.	Departamento de Química. Trabajo de Grado.
Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.	Director (a): Dora Luz Gómez Aguilar.	Co- director: Diego Alexander Blanco Martínez.
Sesión 2. Fundamentos: Diseño y Construcción de Humedales Artificiales.		

Nombre del Estudiante: _____



Código: _____

¿Qué se va a evaluar?

Competencia: Explicar fenómenos científicamente, Interpretar datos y pruebas científicamente, Evaluar y diseñar la investigación científica.

A Continuación, usted encontrará dos propuestas de construcción de humedal artificial para las aguas residuales que pueden ser arrojadas por barrios vecinos a la Quebrada La Salitrosa (principal afluente del Humedal La Conejera) que se origina en el Cerro La Conejera, ubicado en la Avenida San José de la ciudad de Bogotá.

La primera propuesta consiste en la construcción de un humedal artificial de tipo subsuperficial en la zona de ingreso de la quebrada al humedal para desarrollar una descontaminación de agua, y así prevenir futuros efectos negativos para las especies que residen allí. La población cercana a la Quebrada La Salitrosa y el Humedal La Conejera ronda los 14 barrios; se posee un área aproximada de 100 metros cuadrado para la construcción del humedal artificial por parte de la donación del dueño de un terreno cercano (25% del terreno es propenso a inundarse en época invernal) y se genera un diseño de tipo cuadrado, que se ubica aproximadamente a 500 m del barrio Monarcas y se cuenta con un plan de inversión aproximado a los 3'000.000 de pesos para la compra de materiales. El ente ponente de esta primera propuesta expone dos especies vegetales que podrían conformar el humedal artificial:

Especie Vegetal N°1	Especie Vegetal N°2
 <p>JUNCUS EFFUSUS (Junco) Fuente: https://i0.wp.com/lh5.googleusercontent.com/-VupHULcmgKo/T3Xijb3G-oI/AAAAAAAAACeg/WILG96uup9U/s640/Humedal%2520Hayuelos-68.jpg?ssl=1</p>	 <p>IRIS PSEUDACORUS (Lirio amarillo). Fuente: http://4.bp.blogspot.com/-8w6zXK1sV7M/UuW1vCn-DII/AAAAAAAAACrI/qWgRDJNPoOo/s1600/Iris_pseudacorus.jpg</p>
<p>Profundidad de la raíz: 5 a 15 cm (González y Deas, 2012). ESPECIE PROTEGIDA POR EL HUMEDAL LA CONEJERA. Especie presente en el humedal. Clima: 16°C- 22°C. [Templado].</p>	<p>Profundidad de la raíz: 10-20 cm (González y Deas, 2012). Clima: Frío. Soporta climas de hasta -8°C.</p>

Luego de una reunión con los ediles de la Localidad de Suba, los miembros sugieren como mejor opción la construcción de un humedal artificial de tipo superficial, señalando que la ubicación del mismo debe estar contigua al barrio Monarcas en una distancia menor a 10 m para que la población pueda contar con una nueva intervención arquitectónica que represente una mejora para la calidad del aire de los ciudadanos y que así mismo ellos puedan contar con un parque cercano para desarrollar actividades deportivas y culturales para las familias y sus mascotas. Cabe resaltar que la Alcaldía Local cuenta con un terreno de 600 metros cuadrados de forma rectangular para la construcción del humedal superficial de su propuesta (más del 40% del terreno es propenso a inundarse) y propone un plan de inversión de 65'000.000 de pesos para su operabilidad y compra de materiales.

APARTADO (A). Usted cómo perteneciente a la comunidad científica y educativa:

- I. ¿Qué factores tendría en cuenta para estudiar las dos propuestas? ¿Cómo probaría la efectividad de estos?
- II. ¿Con que hipótesis probaría al ponente de la primera propuesta y a la Alcaldía Local acerca de aquellas ventajas y desventajas que poseen sus respectivos proyectos?

APARTADO (B).

Ahora, es necesario reconocer algunos detalles técnicos:

Calcule el área superficial del humedal artificial que se espera sea necesaria para el tratamiento en el mes más frío y en el mes más caluroso. Inicialmente debe calcular el efecto de la temperatura en la constante cinética ($K_{v,T}$). Tenga en cuenta los siguientes datos:

TEMPERATURA (Madrid y Daza, 2015).	DBO(AFLUENTE) 326 mg/L. (Baquero y Márquez, 2015).	Porosidad= 0,43
MEDIA (frío)= 14°C	DBO (EFLUENTE) 97,8 mg/L.	Profundidad de lecho= 0,6m
MEDIA (caliente)= 16°C	Punto de Muestreo: Puente Corpas- Entrada de la Quebrada La Salitrosa al PEDH La Conejera.	Q= 145,2 L/s. (Madrid y Daza, 2015).

Si la zona inicial ocupa el 30% de la zona de tratamiento y la zona final ocupa el 70%, calcule el área necesaria para la zona inicial y para la zona final.

De acuerdo con los datos obtenidos, ¿Usted considera que alguno de los dos proyectos del APARTADO (A) cumplen como mínimo con el área requerida para la construcción de un humedal artificial que cumpla a cabalidad con las necesidades explícitas en el estudio del cuerpo hídrico en cuanto a los datos de la TABLA 1? Finalmente, desarrolle una cantidad de conclusiones que considere necesaria acerca de la factibilidad que poseen las propuestas expuestas. Tenga en cuenta sus respuestas en los numerales del APARTADO (A).

Referentes Bibliográficos.

Baquero, M.I., Márquez, A. (2015). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL HUMEDAL LA CONEJERA, LOCALIDAD 11 SUBA. [Tecnología en gestión ambiental y servicios públicos, Universidad Distrital]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4299/EVALUACION-CALIDAD-DEL-AGUA-HUMEDAL-LA-CONEJERA-FINAL-3.pdf;jsessionid=2D2D0FAA3E672835C4EA1B7B5474A157?sequence=1>

González Díaz, O., y Deas Valdés, G. (2012). Metodología para el diseño de humedales con flujo subsuperficial horizontal. Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, 32(1), 61–70. Recuperado a partir de <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/32>




















Madrid, N, Daza, D. (2015). DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN AMBIENTAL DEL HUMEDAL LA CONEJERA A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA MATERIA ORGÁNICA. [Tesis de Maestría, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio

Anexo 27. Presentación de Propuesta y Mini-prototipo con material reciclable.




Anexo 28. Rúbrica de Evaluación Estudiante 17. Competencia (1)- Taller de Fundamentos.

Competencia Científica: Explicar fenómenos científicamente.			
Indicadores de Competencias.	Contexto.	Conocimiento.	Actitudes.
Plantea la trascendencia que poseen los conocimientos científicos para la preservación de cuerpos hídricos a partir de parámetros fisicoquímicos y tecnologías de descontaminación.			

Contextualiza su entorno y diario vivir para la formulación de hipótesis y alternativas de solución en casos de contaminación hídrica presentes en su territorio por medio del conocimiento científico.			
Promedio.  53,5% Nivel Bajo.	 55,5%	 55%	 50%
Competencia Científica: Evaluar y diseñar la investigación científica.			
Indicadores de Competencias.	Contexto.	Conocimiento.	Actitudes.
Fundamenta a los humedales artificiales, como propuestas de saneamiento de cuerpos hídricos a partir de estudios de factibilidad y referentes investigativos.			
Gestiona alternativas de análisis para la experimentación y ejecución de cuestiones socio ambientales como la descontaminación de cuerpos hídricos a partir de sistemas de tratamiento.			
Evalúa las variables esenciales para la construcción de humedales artificiales, teniendo en cuenta su viabilidad y posibles efectos negativos a futuro.			
Promedio 	 85%	 93,3%	 79,5%

Anexo 29. Guía para construcción de infografía e Infografía construida por el estudiante 21.

	Facultad de Ciencia y Tecnología.	Departamento de Química. Trabajo de Grado.
Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.	Director (a): Dora Luz Gómez Aguilar.	Co- director: Diego Alexander Blanco Martínez.
Sesión 3. Mini- Proyecto de Diseño de Humedales Artificiales.		

GUÍA DE DESARROLLO DE INFOGRAFÍA.

¿Qué se va a evaluar?

Explicar fenómenos científicamente, Interpretar datos y pruebas científicamente, Evaluar y diseñar la investigación científica.

Es hora de que ustedes como docentes de ciencias formulen una propuesta de construcción de humedales artificiales para la descontaminación de aguas residuales.

¿Qué debo tener en cuenta para el desarrollo de la infografía?

- A.** Debe escoger una zona cercana a su residencia donde se presenten vertimientos de aguas residuales. (Tenga en cuenta, que estos vertimientos pueden ser arrojados a zonas como ríos, quebradas, arroyos...).
- B.** ¿Qué actividades se desarrollan en el sector, qué pueden ser las responsables de los vertimientos de aguas residuales que contaminan un cuerpo hídrico específico de su preferencia (río, quebrada, arroyo...)?
- C.** Población estimada en la zona, y problemáticas que se podrían estar ocasionando a la misma por la contaminación del cuerpo hídrico.
- D.** ¿Usted ve viable la construcción de humedales artificiales en la zona como sistema de tratamiento de aguas? ¿Qué factores y parámetros podrían tener mejora mediante su implementación? (Ej: Sólidos, exceso de nutrientes, calidad de vida de las especies...)
- E.** ¿Dónde podría ser construido? Emplee Google Maps, Bing, etc. para señalar y demarcar la posible zona.
- F.** ¿Qué tipo de humedal artificial va a construir? ¿Por qué?
- G.** Aspectos de diseño: ¿Qué tipo de macrófitas va a emplear (flotantes, emergentes y sumergidas)? ¿Qué profundidad debe tener el humedal artificial de acuerdo con la especie escogida? Tenga en cuenta factores como el clima de la zona, su resistencia, etc.
- H.** Desarrolle un dibujo o diagrama de carácter digital donde se observe un pequeño prototipo de propuesta del humedal artificial que desea construir, señalando el afluente (procedencia de las aguas residuales a tratar) y el efluente (zona final donde se van a regar las aguas tratadas (río, quebrada, arroyo, humedal...)).
- I.** Referentes bibliográficos APA 7ma Versión.

Como material adicional de ayuda tendrán disponible un enlace web que les permitirá ingresar al catálogo de plantas acuáticas empleadas para los humedales artificiales.

<https://humedales-artificiales--macrofitas-0.webnode.com.co/>

Humedal el Burro

OSCAR FABIAN RIAÑO ALVARADO - LIC EN QUÍMICA

Por ensayo pedagógico se selecciona este humedal ya que contaría con las condiciones necesarias para la implementación de un humedal artificial

Característica

Humedal artificial de tipo subsuperficial horizontal esto a causa de la geografía del terreno en donde se emplearía.

Afectaciones

Cercano a vías y viviendas donde es posible un vertimiento de desechos



Entrada de gran cantidad de aguas residuales



Iris pseudacorus (Lirio amarillo)

50 000 habitantes

Aproximadamente estimado por la cantidad de personas que hay en Kennedy y los barrios cercanos al humedal.

Cuenta con una resistencia al frío de hasta -8°C, perfecta para el clima de Bogotá, en una profundidad de 5-15cm

Tipo emergente

Viabilidad

Siendo uno de los humedales mas grande de Bogotá, la implementación de este tipo de medidas podría ayudar al crecimiento de flora y fauna que hay en este, con control de sólidos y exceso de nutrientes (Como residuos fecales)



Construcción

El implemento en uno de los principales ingresos de contaminantes sería una gran ayuda al humedal

Se procuró tener presente en el ingreso del afluente para así establecer la zona en donde se podría implementar el humedal subsuperficial horizontal, el área final y el área inicial, la zona de sedimentación establecida para la retención de cuerpos solidos grandes y el tipo de planta de lirio amarillo, es por esto que el humedal contará con una profundidad aproximada de 5 a 15 cm

Bibliografía

Humedales Artificiales Subsuperficiales. : Humedales Artificiales: Macrófitas. (2022, February 22). Tomado de Humedales Artificiales: Macrófitas. website: <https://humedales-artificiales--macrofitas-0.webnode.com.co/subsuperficiales/>

Humedal El Burro. (2013, November 6). Retrieved February 26, 2022, from Fundación Humedales Bogotá website: <https://humedalesbogota.com/humedal-el-burro/>


(2021). Retrieved February 26, 2022, from Secretaría Distrital de Ambiente website: <https://www.ambientebogota.gov.co/es/web/sda/humedal-el-burro>

Anexo 30. Salida de Campo al PEDH La Conejera.



Elaboración propia.

Anexo 31. Guía Álbum Diario de Campo y Álbumes desarrollados por algunos alumnos.

	Facultad de Ciencia y Tecnología.	Departamento de Química. Trabajo de Grado.
Tesista: Juan Sebastián Martínez Pacheco.	Director (a): Dora Luz Gómez Aguilar.	Co- director: Diego Alexander Blanco Martínez.
SALIDA DE CAMPO. PEDH La Conejera. Álbum de Diario de Campo.		

GUÍA DE DESARROLLO ÁLBUM DE DIARIO DE CAMPO.

Salida de Campo PEDH La Conejera.

¿Qué se va a evaluar? Explicar fenómenos científicamente, interpretar datos y pruebas científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica.

En marco de la salida de campo al PEDH La Conejera, y para reconocer cada uno de los aspectos más relevantes de este ecosistema ubicado en la ciudad de Bogotá y la importancia de su preservación, se debe desarrollar un álbum de fotografías (fomentando su capacidad de observación) de la salida de campo, constituido de la siguiente manera:

- A. Portada.
- B. Ubicación del PEDH.
- C. Factores internos relevantes para la preservación (Fauna, Flora, etc.)
- D. Factores externos que contribuyen a la contaminación del ecosistema (Barrios Aleñados, Mal manejo de basuras y escombros, daños en la red de acueducto y alcantarillado, vertimientos de aguas residuales cercanos, etc.)
- E. Responda las siguientes preguntas:
 - ¿Por qué consideraría relevante el desarrollo de sistemas de tratamiento para evitar la entrada de vertimientos de calidad contaminada al Humedal La Conejera?
 - ¿Un tratamiento como los humedales artificiales podría traer consigo algún tipo de impacto al ecosistema? ¿Cuál? ¿Considera que es un sistema de tratamiento viable?
- F. De acuerdo con lo observado en la salida de campo, ¿por qué cree que el PEDH La Conejera es considerado en la actualidad como uno de los más importantes centros de educación ambiental del país?
- G. Finalmente, y de acuerdo con todo lo visto en las sesiones de intervención: ¿Qué significado tienen los humedales para el ser humano? ¿Qué efectos traerían consigo su degradación? ¿Es importante para un profesor de química conocer acerca de estos ecosistemas? ¿Por qué?
- H. Si emplea bibliografía externa, por favor referenciar en APA 7ma Versión.

Trate de responder los ítems dentro del álbum de diario de campo a través de fotografías. En la parte de abajo de cada una de ellas, escriba una pequeña descripción de máximo 3 renglones. Trate emplear un software de tipo virtual de su preferencia para el desarrollo de su álbum (RECOMENDACIÓN: CANVA, FLIPSNACK). Suba el enlace del álbum construido en la entrega de la asignación de Classroom. Recuerde dejarlo en vista pública para que se pueda observar.

Como material de apoyo tendrá una aplicación de celular con la información más relevante acerca del PEDH La Conejera, desarrollada en formato .apk para ser instalada en dispositivos Android.

