

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ACUAKIT COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA EN ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ACUAKIT COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA EN ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ.**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ACUAKIT COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA  
LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO CALIDAD ECOLÓGICA DEL  
AGUA EN ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN  
BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ.**

**JHON ÉDISON VIRGUEZ DELGADO**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de  
Licenciado en Biología**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA  
BOGOTÁ  
2016**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ACUAKIT COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA  
LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO CALIDAD ECOLÓGICA DEL  
AGUA EN ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN  
BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ.**

**JHON ÉDISON VIRGUEZ DELGADO**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de  
Licenciado en Biología**

**FRANCISCO ALBERTO MEDELLIN CADENA**

**Director**

**GABRIEL H. CADAVID MARIN**

**Co-Director**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**BOGOTÁ**

**2016**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**BOGOTÁ DC.**

**Febrero, 2016**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la vida por permitirme vivir, experimentar, aprender y superar todos los obstáculos que se me han presentado hasta el momento.

A mis padres (María Yazmín Delgado Bustos y Arnoldo Virguez Beltrán) por su apoyo incondicional, por su amor, por su confianza y por todas sus enseñanzas; pues gracias a eso soy la persona que soy hoy en día, por ser mis ídolos y mi ejemplo a seguir.

A mi hermana y sobrino (Katerine Virguez Delgado Y Damian David Vallares Virguez) por ser mi motor y motivarme a ser mejor cada día, por creer en mí y hacer que quiera ser un ejemplo para ellos.

A toda mi familia (abuelos, tíos y primos) en especial a mis tíos (Juvenal, Uriel, Neyla - Virguez Beltrán) y (Vernon y Maicie - Delgado Bustos) por apoyarme y guiarme cuando lo necesité.

A mis compañeros y amigos de la infancia por haber compartido su tiempo conmigo divirtiéndonos, jugando y aprendiendo.

A mis compañeros y amigos de la Universidad Pedagógica Nacional por acompañarme en este camino y por los momentos vividos y compartidos, en especial a Laura Gutiérrez, Zuleny Aguilera y Federico Segura con los que siempre compartí y viví momentos inolvidables, quienes se interesaban y preocupaban por mí no solo en lo académico.

A Olga Leonor Vázquez Muñoz mi mejor amiga y consejera, gracias por tus palabras de aliento y no dejarme rendir nunca, por tu apoyo, por tu cariño y preocupación, por tus enseñanzas y tu ejemplo, por hacerme ver el verdadero significado de la amistad.


A los maestros que hicieron parte de mi formación y quienes me enseñaron a lo largo de mi vida escolar.

A los docentes de la Licenciatura en Biología que me brindaron sus enseñanzas y compartieron conmigo sus conocimientos.

A mi director Francisco Medellín por su acompañamiento, por su disposición y sus consejos, por guiarme y compartir conmigo sus ideas.

A mi co-director Gabriel Cadavid por su dedicación y disponibilidad, por su interés y entrega, por poner sus conocimientos y experiencia en el tema a disposición.

A la Universidad Pedagógica Nacional por brindarme sus instalaciones y los conocimientos que esta alberga, por ponerlos a disposición y facilitar el acceso a estos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Facultad de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 25-02-2016	Página 7 de 104	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Diseño e implementación de acuakit como recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá.
<b>Autor(es)</b>	Virgüez Delgado, Jhon Édison
<b>Director</b>	Francisco Alberto Medellín Cadena – Director Gabriel H. Cadavid Marín - Co-Director
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2016. 104 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional (UPN).
<b>Palabras Claves</b>	ACUAKIT, RECURSO DIDÁCTICO, ENSEÑANZA-APRENDIZAJE, CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA.

<b>2. Descripción</b>
<p>Trabajo de grado que se propone diseñar acuakit como recurso didáctico que permita la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua, para ello se realizan una serie de fases en las que se diseña, se pone a prueba y se implementa el acuakit para evaluar su importancia y pertinencia así como su utilidad, esto debido a que la construcción de recursos que permitan un acercamiento más tangible al conocimiento es de vital importancia, especialmente en una carrera como la de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional ya que dicha carrera cuenta con una metodología de enseñanza muy importante como lo son las salidas de campo. Con la elaboración de los acuakit como recursos didácticos se pretende atacar y atender esta imperiosa necesidad en los estudiantes.</p>

### 3. Fuentes

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition.
- AUSBEL, D. 1983. Significado y Aprendizaje Significativo. Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Trillas, México. Extraído el 10 de Enero del 2016 desde [http://www.arnaldomartinez.net/docencia\\_universitaria/ausubel02.pdf](http://www.arnaldomartinez.net/docencia_universitaria/ausubel02.pdf)
- Bonilla, E; Rodríguez, P. 2007. Más allá de los métodos. La investigación en ciencias sociales. Editorial Norma. Colombia. 1997. Extraído el 12 de enero del 2016 desde <http://es.scribd.com/doc/26062421/Mas-alla-del-dilema-de-los-metodos#scribd>
- BUELTA, A; MARTINEZ, R. 2011. Guía básica de control de calidad de agua. Extraído el 10 de Diciembre del 2015 desde <http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
- CONDORCHEM ENVITECH. 2010. Historia sobre el tratamiento del agua potable. Extraído el 28 de Mayo del 2015 desde <http://blog.condorchem.com/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/>

...

### 4. Contenidos

El trabajo de grado constó de una serie de pasos fundamentales para su realización y el cumplimiento de los objetivos y la pregunta problema propuesta, los pasos más destacados fueron la adaptación de protocolos estandarizados a nivel nacional con la intención de adecuarlos para los acuakit que se diseñaron, en segunda instancia se diseñó el recurso didáctico acuakit y finalmente se sometió a prueba con estudiantes tanto en clase tradicional como en salidas de campo. A continuación se muestran los objetivos planteados:

#### OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar e implementar acuakit como recurso didáctico que permita un acercamiento a la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Adaptar para los acuakit los protocolos de Oxígeno disuelto, Dureza total, Acidez y Alcalinidad de análisis de agua propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA.
- Enriquecer los espacios experienciales como las salidas de campo del Departamento de Biología que permitan la comprensión del concepto de calidad ecológica del agua.



- Afianzar el trabajo en grupo en los estudiantes de tercer semestre del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá por medio de la implementación de los acuakit.

También fue necesaria la consulta de fuentes que dieran soporte al documento y que brindaran información sobre su estructuración, del mismo modo fue necesario realizar la conveniente revisión de conceptos que se trabajarían en el documento y que permitieron brindar una mayor claridad y entendimiento respecto al direccionamiento, intencionalidad y razón de ser del trabajo de grado.

Finalmente se plantea la ruta metodológica así como los análisis y conclusiones correspondientes a estas y al desarrollo del trabajo, las cuales permitieron dar cuenta del cumplimiento de los objetivos planteados.

### 5. Metodología

Para este apartado se escogió cómo metodología de investigación el enfoque mixto ya que el trabajo presenta características tanto cuantitativas como cualitativas, adicionalmente y debido a las características del trabajo se relacionó este con el aprendizaje significativo. en esta parte del trabajo se designaron una serie de pasos o fases que permitieran lograr la consecución y cumplimiento de los objetivos planteados, a continuación se muestran las fases planteadas y abordadas:

Fase de revisión bibliográfica y elaboración del documento

Fase de laboratorio

Fase de diseño y elaboración del recurso didáctico (acuakit)

Fase de prueba del acuakit

Fase de implementación del acuakit

Para la recolección de datos se utilizó la implementación de un taller de ideas previas, así como la utilización de diario de campo.

### 6. Conclusiones

- Debido a que los acuakit van dirigidos a estudiantes, la forma en que la metodología de estos se presenta debe ser clara y entendible para que de esta forma se facilite y enriquezca la experiencia de los estudiantes a la hora de utilizar estos recursos.
- Ya que el proceso de adaptación y ajuste de protocolos de análisis de agua para los acuakit se debe basar en protocolos estandarizados y aceptados a nivel mundial se hace necesario recurrir a los propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA los cuales tienen la aceptación de la comunidad científica en general, este proceso de ajuste de los protocolos para los acuakit requiere de un cuidadoso estudio y un constante trabajo de revisión, así como de experimentación y prueba, por lo que la supervisión y colaboración de personas

conocedoras del tema es de vital importancia. es por ello que este proceso es tan importante puesto que es aquí donde se tiene que buscar el mayor grado de exactitud entre los resultados arrojados por las mediciones con los protocolos y los ajustes para los acuakit, tratando así de que el rango de error sea el mínimo posible.

- La simple elaboración de recursos que le permitan al estudiante experimentar en campo de forma más directa, vivencial y tangible el conocimiento, presenta ya de por sí un enriquecimiento en cuanto a las salidas de campo ya que de esta forma se logra aprovechar todas las ventajas que brindan las salidas de campo en cuanto al abordaje de temáticas y a la facilidad de permitirle tanto al estudiante como al docente aclarar dudas que van surgiendo por el camino.
- El efecto que tiene el Acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional es el efecto de un recurso facilitador y potenciador en el proceso de enseñanza ya que los acuakit brindan la posibilidad al docente de abordar la temática de la calidad ecológica del agua de una manera más práctica y fuera de lo convencional, permite abordar en campo el tema calidad ecológica del agua lo que contribuye en el proceso de enseñanza ya que permite aclarar de forma inmediata y experiencial las dudas que surgen. Por ello, la pregunta ¿Cómo influye la implementación de acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá? Se contesta en la medida en que los estudiantes valoran y exaltan la importancia y pertinencia del acuakit como recurso mediador que fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje frente al concepto calidad ecológica del agua. Además si se tiene en cuenta que la simple implementación de un recurso didáctico en una clase genera ya de por sí alguna influencia, sea esta de carácter positivo o negativo.

<b>Elaborado por:</b>	Virgüez Delgado, Jhon Édison.
<b>Revisado por:</b>	Medellín Cadena, Francisco Alberto.

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	25	02	2016
--	----	----	------

CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
OBJETIVOS.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	18
ANTECEDENTES.....	20
MARCO TEÓRICO.....	23
CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	23
CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA.....	23
RECURSO DIDÁCTICO.....	24
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO.....	25
OXÍGENO DISUELTO.....	26
DUREZA.....	26
ALCALINIDAD.....	27
ACIDEZ.....	27
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.....	27
DIARIO DE CAMPO.....	29
APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.....	29
TRABAJO EN GRUPO.....	31
METODOLOGÍA.....	33
FASE DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO.....	36
FASE DE LABORATORIO.....	36
FASE DE DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL RECURSO DIDÁCTICO (ACUAKIT).....	36
FASE DE PRUEBA DEL ACUAKIT.....	38
FASE DE IMPLEMENTACIÓN DEL ACUAKIT.....	39
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	40
PROCESO DE AJUSTES DE LA METODOLOGÍA DE LOS PROTOCOLOS ESTANDAR PARA LOS ACUAKIT.....	40
PROCESO DE AJUSTE DE CANTIDADES PARA LA PREPARACIÓN DE LOS REACTIVOS.....	40
PROCESO DE PRUEBA DEL ACUAKIT.....	41
PROCESO DE VALORACIÓN DEL ACUAKIT E IMPLEMENTACIÓN POR PARTE DE ESTUDIANTES.....	43
AFIANZAR EL TRABAJO EN GRUPO EN LOS ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ACUAKIT.....	56
ENRIQUECER LOS ESPACIOS EXPERIENCIALES COMO LAS SALIDAS DE CAMPO DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA QUE PERMITAN LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA.....	61
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	68
ANEXOS.....	73

FIGURAS	PÁGINA
FIGURA 1 FASE METODOLÓGICA.....	35
FIGURA 2 ¿QUÉ DEFINE LA CALIDAD DEL AGUA? .....	43
FIGURA 3 ¿QUÉ ES LA POTABILIDAD? .....	44
FIGURA 4 ¿CÓMO INFLUYE EL HOMBRE EN LA CALIDAD DEL AGUA? .....	45
FIGURA 5 ¿QUÉ OTROS FACTORES ALTERAN LA CALIDAD DEL AGUA? .....	46
FIGURA 6 ¿DE QUÉ MANERA LA CALIDAD DEL AGUA AFECTA LA SALUD HUMANA? .....	48
FIGURA 7 ¿CÓMO AFECTA LA CALIDAD DEL AGUA A LOS ECOSISTEMAS DONDE ESTA SE ENCUENTRA? .....	49
FIGURA 8 ¿QUÉ ES LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA? .....	50
FIGURA 9 ¿EN QUÉ SE DIFERENCIA LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA, CON LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO? .....	51
FIGURA 10 ¿ES NECESARIO MEDIR TODOS LOS PARÁMETROS (FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS) PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA?.....	52
FIGURA 11 ¿QUÉ CONTAMINANTES ALTERAN LA CALIDAD DEL AGUA? .....	54
FIGUR 12 ¿QUÉ ES LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA? .....	59
FIGURA 13 ¿QUÉ OPINIÓN LES GENERA LOS ACUAKIT? PRIMERA SALIDA DE CAMPO .....	62
FIGURA 14 ¿QUÉ OPINION LES GENERA LOS ACUAKIT? SEGUNDA SALIDA DE CAMPO .....	63

TABLAS	PÁGINA
TABLA 1 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTTO EN UNA MUESTRA DE AGUA .....	41
TABLA 2 CONCENTRACIÓN DE DUREZA TOTAL EN UNA MUESTRA DE AGUA .....	41
TABLA 3 CONCENTRACIÓN DE ACIDEZ EN UNA MUESTRA DE AGUA .....	41
TABLA 4 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD EN UNA MUESTRA DE AGUA .....	42
TABLA 5 GRUPO DE SUSTANCIAS Y SUS RIESGOS PARA LA SALUD (OMS. 2006) .....	47

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como fin facilitar la comprensión del concepto calidad ecológica del agua utilizando principalmente algunos factores físico-químicos, para ello se ha escogido algunos que permitan realizar un análisis que conlleve a visualizar de manera general el estado del agua de algún lugar determinado. Para lo cual se han planteado como objetivo general “Desarrollar e implementar acuakit como recurso didáctico que permita la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá”, esto debido a la importancia del agua y la incidencia de esta en la vida del hombre y todas las demás especies de organismos.

En un país tan rico hídricamente como lo es Colombia existen lugares y momentos en los que se dificulta el acceso a este preciado recurso, o bien, la calidad del mismo no lo hace apto para el consumo; Aunque los factores contaminantes son variados, uno de los más influyentes es la contaminación generada por el hombre, ya sea por su actividad agrícola al momento de utilizar insumos químicos para abonar o para combatir plagas, a la actividad ganadera que deforesta para plantar pastizales que alimentan el ganado generando que las lluvias arrastren mucho más sedimento a las fuentes de agua contaminándolas, o también debido a la contaminación producida por los desechos humanos como lo son las aguas servidas por nombrar algunos casos puntuales. Por lo tanto, Con este trabajo se pretende valorar la importancia del acuakit como recurso didáctico en la enseñanza del concepto calidad ecológica del agua.

Para ello se diseñaron 4 acuakit que posteriormente fueron implementados en una población de 20 estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología. Los 4 factores seleccionados para realizar una aproximación y crear una visión del estado ecológico del agua son: el Oxígeno disuelto, la dureza total, la acidez y la alcalinidad, estos 4 factores se escogieron debido a que brindan una panorámica del posible estado del agua gracias a que poseen una estrecha relación el uno con el otro permitiendo extrapolar los resultados y realizar conjeturas del posible estado de otros factores del agua. Cabe aclarar que para brindar una perspectiva más completa de la calidad ecológica del agua es necesario medir muchos más parámetros, sin embargo, la intención de los 4 parámetros medidos por los acuakit no es enseñar por si solos el concepto calidad ecológica del agua, sino mediar y facilitar el acercamiento de los estudiantes a este concepto, para luego, con la ayuda y la labor del docente, este amplíe, profundice y complemente lo concerniente a lo que es la calidad ecológica del agua.

En cuanto al diseño de los acuakit, se revisaron los protocolos estandarizados por APHA para cada uno de los ya mencionados 4 factores, esto con el fin de realizar los ajustes de dichos protocolos para adaptarlos a los acuakit, también se realizó una revisión de kits para aguas de Merck con el fin de observar su metodología de uso y así tener más información para la elaboración de los acuakit.

El término acuakit es un término asignado a una serie de kits que permiten medir algunos parámetros físico-químicos del agua que permitan observar aspectos de la calidad del agua realizando inicialmente una revisión de algunos protocolos ya establecidos y aceptados por la comunidad científica, los cuales se utilizan normalmente en estudios de potabilidad del agua. A estos protocolos se les hizo un ajuste y adaptación de las cantidades y concentraciones de las sustancias y reactivos que se deben utilizar para cada prueba, esto debido a que el acuakit debe presentar características que permitan implementarlo en campo, tales como la portabilidad y la fácil manipulación, también con el fin de ahorrar reactivos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La globalización ha traído consigo no solo cosas benéficas, sino también algunas nocivas, principalmente con el medio ambiente en cuanto a contaminación se refiere; la humanidad actualmente se encuentra en la imperiosa necesidad de empezar a actuar de forma decisiva y urgente en muchos aspectos de la naturaleza, por ello, “la educación ambiental se ha configurado como una de las necesidades más importantes de la formación de los ciudadanos, que en un sentido más amplio surgió cuando el hombre comprendió su relación con la biosfera y empezó a cuestionarse más su papel en la conservación y degradación del entorno” (HUNGERFOR; PEYTON, 1992). De ahí que la enseñanza de la ecología actualmente tenga tanta importancia y sea tan urgente y pertinente abordarla para contribuir a mitigar y buscar soluciones a las problemáticas ambientales.

Uno de los casos más representativos y llamativos de las problemáticas ambientales es la contaminación del agua, el hecho de vivir en un planeta cuya superficie en su mayoría es agua, que los seres que lo habitan están conformados mayormente por agua y que es el agua vital para todo ser vivo, logra tener un impacto y llamar la atención de manera especial sobre las personas. De ahí, que

*“exista una gran reacción y rechazo frente a los actos que se traducen en contaminación que altera la calidad del agua especialmente en Colombia ya que es uno de los países del mundo con mayor cantidad de ecosistemas que producen agua (sin incluir los mares) que podría distribuirse beneficiando a la población y a la industria, puesto que la disponibilidad del recurso para los colombianos es escasa, pues cerca del 80% de la población y las actividades económicas del país están localizadas en cuencas con déficit natural de agua” (IDEAM, 2014).*

Por otro lado, el hecho de que el Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá Colombia cuente con implementos que no se encuentran en un estado óptimo por cuestiones de tiempo o falta de uso, esto debido a que algunos estudiantes desconocen su existencia o bien, no se arriesgan a la posibilidad de dañar dichos implementos debido a que algunos de ellos son muy frágiles o a su elevado valor. En el caso de implementos menos costosos, como los kits para aguas de Merck, el problema radica en que debido a su antigüedad, algunos de estos se encuentran en condiciones decadentes y por lo tanto esta opción se pierde, esto limita las opciones de los estudiantes privándolos en ocasiones de experiencias tangibles en campo, destinándolos solo a prácticas de laboratorio.

La enseñanza de la ecología, así como sus avances y logros en lo pedagógico y educativo para atender las necesidades ambientales que hacen frente a la contaminación requiere y necesita que continuamente se estén generando nuevas alternativas que permitan continuar con esta labor, de ahí que la elaboración e implementación de los acuakit cobre importancia como recurso didáctico ya que permite determinar el estado de algunos parámetros fisicoquímicos del agua, permitiendo así tener un mayor panorama del grado de contaminación de esta, basados en los niveles aceptables de algunas sustancias en el agua enriqueciendo la enseñanza del concepto de calidad ecológica del agua y posibilitando una mayor comprensión de dicho concepto. De allí que se haya planteado el siguiente interrogante ¿Cómo influye la implementación de acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá? Para establecer el grado de importancia y pertinencia de los acuakit como recurso didáctico.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar e implementar acuakit como recurso didáctico que permita un acercamiento a la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Adaptar para los acuakit los protocolos de Oxígeno disuelto, Dureza total, Acidez y Alcalinidad de análisis de agua propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA.
- Enriquecer los espacios experienciales como las salidas de campo del Departamento de Biología que permitan la comprensión del concepto de calidad ecológica del agua.
- Afianzar el trabajo en grupo en los estudiantes de tercer semestre del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá por medio de la implementación de los acuakit.

## JUSTIFICACIÓN

Debido al incremento en las últimas décadas del interés por el estado de los cuerpos acuáticos y su evolución en el tiempo con el fin de encontrar estándares de juicio de “Calidad de Agua” que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso, “es importante valorar y evaluar la calidad del agua de las distintas fuentes, especialmente en un país tan rico hídricamente como Colombia” (FIGUEROA, 2000). Puesto que “la cantidad de agua que hay en la tierra es del orden de 1.385 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales menos del 1% es agua dulce, fácilmente utilizable. De este limitado porcentaje el 38% corresponde a la humedad del suelo; el 52% a los lagos; el 8% de vapor atmosférico, el 1% de organismos vivos y 1% en ríos” (MÁRQUEZ, 1996). Además de ello, el 81% del total se encuentra en forma sólida de glaciares y capas de hielo en la Antártida, zonas polares y cumbres nevadas. Y “ya que ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas” (ORREGO, 1999).

Colombia es uno de los países del mundo con mayor cantidad de ecosistemas que producen agua (sin incluir los mares) que podría distribuirse a la población y a la industria, la disponibilidad del recurso para los colombianos es escasa, pues “cerca del 80% de la población y las actividades económicas del país están localizadas en cuencas con déficit natural de agua” (IDEAM, 2014). Hay contaminación que es muy evidente, tal es el caso de ríos de las grandes ciudades como Bogotá, a los cuales los delata su mal olor y la cantidad de residuos que se vierten en ellos, por otro lado, existen fuentes con una contaminación imperceptible a nuestros sentidos. Adicionalmente el grado de dificultad con el que se explican los protocolos establecidos para las mediciones de algunos parámetros físico-químicos, hace que sean complicados de entender por parte de los estudiantes dificultando así su entendimiento y replicación, la cual está ligada prácticamente a aulas como laboratorios. Con estos kits se pretende trasladar a campo estas pruebas para realizarlas a un bajo costo y de manera entendible y manipulable por estudiantes, contribuyendo a la enseñanza del concepto calidad ecológica del agua.

Por otro lado, permitió desarrollar y potenciar en ellos actitudes tales como trabajo en grupo, haciendo que estos acuakit sean una buena alternativa como recurso didáctico

para la enseñanza del concepto calidad del agua. En cuanto al trabajo en grupo, su importancia recae en que debido a que se realizarán varios acuakit cada uno especializado en la determinación de un parámetro físico-químico del agua, los estudiantes deberán conformar grupos de trabajo y repartirse los kits con el fin de facilitar y agilizar el trabajo y la obtención de resultados, esto debido a que el número de estudiantes supera el número de acuakit, además, debido a que cada grupo obtendrá datos únicos dependiendo del kit que les corresponda, deberán compartir sus resultados con los demás grupos para que todos obtengan la totalidad de los datos de los demás grupos.

*“La ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las físico-químicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso” (IDEAM, 2014).*

Con la realización de este trabajo se beneficiarán principalmente estudiantes universitarios de la licenciatura en biología en cualquiera de las áreas en las que se aborde la temática de calidad de agua o parámetros físico-químicos del agua, también se verán beneficiados los maestros que deseen realizar actividades de medición de dichos parámetros en campo ya que su realización será más práctica. Adicionalmente esto facilitará la enseñanza del concepto de calidad ecológica del agua y posibilitará un mayor afianzamiento de dicho concepto. Además, el poder realizar las mediciones en campo permitirá aclarar dudas e interrogantes que surgen en campo y que al postergarlas pueden perder valor desaprovechando en parte el trabajo en campo, ya que al aclarar dudas en campo pueden surgir nuevos interrogantes así como también se puede recurrir directamente a la fuente de los interrogantes para aclararlas de forma más directa e ilustrativa, adicionalmente facilitaría la obtención de datos y se minimizarían factores que podrían alterar las muestras y por ende los resultados. Cabe aclarar que este trabajo se puede proyectar a muchas otras instancias o grupos de estudiantes.

De igual forma, el hecho que los estudiantes no hagan uso de implementos electrónicos tales como oxigenómetros, pH-metro entre otros para la medición de estos parámetros principalmente por temor a dañarlos debido a su alto costo, o porque implementos como algunos de los kits para aguas de Merck que hay en el laboratorio del departamento de Licenciatura en Biología de la universidad Pedagógica a la fecha no

se encuentran en un estado óptimo por su antigüedad o falta de uso y los que hay no dan abasto para atender la demanda y necesidades de las distintas salidas de campo de la licenciatura de Biología hace que el desarrollo de los acuakit como recurso didáctico para la enseñanza sea necesario. Su campo de aplicación es tan extenso como aprovechable.

## **ANTECEDENTES**

Como marco de referencia para el desarrollo del presente trabajo, se realizó una revisión de la temática y conceptos que están asociados al desarrollo de dicho trabajo, de los cuales se escogieron los siguientes referentes:

El trabajo “recursos didácticos, motivación y rendimiento académico un estudio cuasi-experimental con estudiantes que cursan la asignatura de salud y nutrición de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, de Tegucigalpa MCD. Honduras” (ARGUETA, 2008). Es un trabajo de investigación se centra en la incidencia que tiene el uso de recursos didácticos en la motivación y el rendimiento de los estudiantes que cursan la asignatura de salud y nutrición de dicha universidad puesto que esta es una institución de gran importancia en la educación hondureña, su principal función es formar los futuros docentes del país, en este sentido se hace necesario procurar los medios para que esta formación sea de calidad.

Este trabajo contribuyó en la comprensión de cómo los recursos didácticos proporcionan una solución viable a la hora de facilitar la enseñanza ya que motiva a los estudiantes a aprender, logrando que su rendimiento académico mejore. Es importante reconocer el recurso didáctico como un recurso de gran importancia y relevancia en el proceso de enseñanza dirigido y orientado por los maestros pues es evidente que en ocasiones el proceso de enseñanza se torna monótono y tedioso debido a la falta de creatividad e innovación por parte de los maestros dificultando de esta forma que los estudiantes se interesen por lo que se enseña, esto solo frena y retrasa el aprendizaje de los estudiantes, por ello, el diseño y/o implementación de recursos didácticos para la enseñanza.

Así mismo se revisó el trabajo “Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de Palestina, Colombia” (HAHN-VONHESSBERG; TORO; GRAJALES; DUQUE; SERNA, 2009). Este trabajo busca demostrar cómo las actividades humanas, en este caso la piscicultura, altera el estado natural y la calidad del agua de las fuentes hídricas usadas, esto se puede observar en la producción acuícola con el aumento de materia orgánica producida por las excreciones de los peces, por el alimento y por otros

insumos adicionados en los estanques de cultivo, puesto que todas las dinámicas biológicas y microbiológicas alteran los factores fisicoquímicos del agua y por ende su calidad. De igual forma se pretende demostrar como la integración de la aplicación de indicadores biológicos (macroinvertebrados), junto con análisis microbiológicos y fisicoquímicos, en lo referente a la evaluación de la calidad de agua, se convierte en una alternativa altamente efectiva en la búsqueda de un mayor control y buen uso de la misma.

Este trabajo brindó una noción más completa de lo que es la calidad de agua así como su importancia ya que pese a que es un recurso abundante en el planeta, es un recurso escaso si se mira desde la perspectiva de su disponibilidad como agua de calidad, este preciado líquido además es muy delicado ya que puede ser contaminado muy fácilmente y su descontaminación por el contrario requiere muchos esfuerzos, costos y tiempo, por ello, el adecuado uso y cuidado no solo del agua sino del suelo es de vital importancia. Así mismo se pudo evidenciar cómo, mediante factores fisicoquímicos podemos realizar un acercamiento al estado de la calidad del agua de alguna fuente, debido a que estos parámetros fisicoquímicos tienen una estrecha relación con los factores biológicos y microbiológicos que alteran de alguna forma las concentraciones de sustancias presentes en el agua dándonos información no solo del estado del agua sino de la vida en ella.

También se revisó el trabajo “Guía básica de control de calidad de agua” (BUELTA; MARTINEZ, 2011). Esta guía nace con el propósito de dar unas claves sencillas de calidad del agua y de medición de algunos indicadores; se pretende proponer un abordaje sencillo y que aplica a entornos rurales y semi-urbanos de países en vía de desarrollo. La presente guía se basa en experiencias en diversos países de África subsahariana. A pesar de circunstancias muy diferentes en dichos países, se cree que las recomendaciones planteadas aquí a continuación responden a las necesidades que suelen encontrar los diferentes actores que abordan el agua, su gestión y su calidad. Este ámbito de la calidad del agua que abordamos en este documento debe completarse con otras actividades y tareas ligadas a la promoción de higiene, desarrollo de infraestructuras adecuadas, sensibilización y capacitación en derechos humanos, etc.

Este trabajo permite evidenciar cómo la implementación de kits para medición de parámetros físico-químicos del agua es una viable alternativa para cuando no se cuenta con el montaje de laboratorio requerido, o cuando se necesita realizar dichas pruebas en campo directamente desde la fuente, además, el poder realizar el estudio directamente en campo permite realizar la replicación de estas pruebas tantas veces como sea necesario disminuyendo así el margen de error al tener más resultados para evaluar, todo esto es gracias a la disponibilidad de muestra, pues al realizar el muestreo

directamente de la fuente, es posible realizar varias tomas de dicha muestra a estudiar. Otro beneficio que presentan los kits a la hora de realizar los estudios a muestras de agua es que al utilizar pequeñas cantidades no solo de muestra sino también de reactivos, el impacto ambiental es considerablemente menor que si se realizaran los grandes montajes en laboratorio.

De igual forma se revisó el trabajo “control de calidad del agua, métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua” (GUEVARA, 1996). Este trabajo tiene como fin orientar e informar sobre las técnicas y el protocolo que se debe seguir a la hora de realizar estudios enfocados en la determinación de la calidad del agua, abarca tanto el proceso de recolección de muestras, así como su debida preservación y el traslado de estas, igualmente del proceso de estudio al que debe ser sometidas dichas muestras, de igual forma, aclara los aspectos y parámetros físico-químicos necesarios a la hora de realizar dichos estudios de calidad del agua.

Es por ello que se revisó este trabajo ya que permite comprender cuáles son los parámetros más pertinentes a la hora de realizar un estudio de calidad del agua y con ello aclarar el por qué se escogen los parámetros de los acuakit (oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad) ya que estos parámetros son de gran relevancia tanto en estudios de calidad del agua para consumo como para estudios de calidad ecológica del agua.

Por último se revisó el documento que a través del contrato de consultoría 543 de 2012 con recursos provenientes del crédito IDS cuyo objetivo es realizar un “diagnóstico nacional de salud ambiental” (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2012). Tal y como su título lo expresa, este trabajo se enfoca en demostrar el estado de la salud ambiental del país, para ello se realizan estudios sobre la calidad del aire, la contaminación del agua, la contaminación atmosférica, los residuos, los desechos sólidos y tóxicos por nombrar algunos. Esto se realiza con la intención de encontrar posibles soluciones para mitigar o solucionar definitivamente estas situaciones ya que “la acción conjunta de la degradación ambiental y la injusticia social son los determinantes más importantes de la salud humana, teniendo entre sus manifestaciones el crecimiento poblacional, la contaminación del agua y del aire, la deforestación, el calentamiento global, las prácticas agrícolas y de pesca no sostenibles, el exagerado consumo de bienes, la desigualdad en el ingreso, las crisis económicas, la militarización y las guerras” (DONOHOE, 2003).

Este trabajo proporcionó una mirada holística de los factores contaminantes y sus raíces antrópicas, permitió vislumbrar cómo muchos de estos factores contaminantes o

todos tienen efecto directo sobre la salud ambiental o simplemente sobre la calidad del agua.

## **MARCO TEÓRICO**

En este apartado se definirán conceptos relevantes para el proyecto los cuales ayudarán a orientar y establecer el posicionamiento de dicho trabajo. Estos conceptos son los siguientes: parámetros fisicoquímicos (los relevantes y pertinentes para los intereses del proyecto), calidad del agua (una mirada histórica), calidad del agua para consumo, calidad ecológica del agua y recurso didáctico.

### **CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

El agua de consumo inocua (agua potable), es aquella agua que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. “Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos” (OMS, 2006).

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. No obstante puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. “Las personas con inmunodeficiencia grave posiblemente deban tomar precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de consumo normalmente no sería preocupante” (OMS, 2006).

El agua de consumo puede considerarse de buena calidad cuando es salubre y limpia; es decir, cuando no contiene ningún tipo de sustancia capaz de afectar adversamente la salud de los consumidores. Nuestro país cuenta con abastecimientos de alta calidad



y rigurosos sistemas de vigilancia y de control analítico como el ICA, que permiten que el agua llegue en buenas condiciones a nuestros hogares y sea consumida con seguridad.

Para ello, el agua se somete previamente a un tratamiento de potabilización y a diversos controles sanitarios.

## **CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA**

La calidad es un concepto que depende estrechamente del uso que va a tener el sistema a evaluar. “La calidad ecológica abarca componentes físicos, químicos, biológicos y descriptivos de la zona, al momento de evaluar un ecosistema acuático, no es solo la determinación de la calidad del agua, es en un sentido más amplio la red de relaciones e interdependencias de todos los componentes ya mencionados” (JARAMILLO, 2002).

En relación con lo anterior, “evidenciar la calidad ecológica del agua ayuda a definir algunos de los posibles problemas existentes en una cuenca que incluyen la sedimentación, la eutrofización y la contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, los cuales han persistido durante décadas” (ROLDAN, 2000).

El estado ecológico es una expresión de la calidad, de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia, Para poder clasificar el estado ecológico de las masas de agua, es preciso contar con los valores de los elementos de calidad biológicos en condiciones inalteradas. “Estas condiciones se dan cuando no existen alteraciones antropogénicas de los valores de los elementos de calidad fisicoquímica e hidromorfológica correspondientes al tipo de masa de agua superficial, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas” (TORREZ, 2009). Una vez obtenidos estos valores, sirven de referencia para poder compararlos con los resultados de los programas de seguimiento y dependiendo de dichos datos y su cercanía a lo esperado, se puede inferir que entre más cerca a los datos predeterminados y establecidos se encuentren los datos obtenidos, el estado del agua será de mejor calidad.

Para la determinación de la calidad ecológica del agua se puede utilizar algunos indicadores tanto físicos, químicos y biológicos, es muy común la utilización de macroinvertebrados o peces para la determinación del estado ecológico del agua, esto debido a que dichos organismos son susceptibles a cambio o alteraciones de los cuerpos de agua indicando mediante su presencia o usencia la calidad del agua estudiada.



## RECURSO DIDÁCTICO

“Un recurso didáctico es cualquier material que se ha elaborado con la intención de facilitar al docente su función y a su vez la del alumno, resulta útil para cumplir un objetivo o que favorece la formación, la capacitación, la instrucción o la enseñanza. Los recursos didácticos, por lo tanto, son aquellos materiales o herramientas que tienen utilidad en un proceso educativo. Haciendo uso de un recurso didáctico, un educador puede enseñar un determinado tema a sus alumnos” (APARICI; GARCÍA, 1988).

Esto quiere decir que los recursos didácticos ayudan al docente a cumplir con su función educativa. A nivel general puede decirse que estos recursos aportan información, sirven para poner en práctica lo aprendido y, en ocasiones, hasta se constituyen como guías para los alumnos.

*“Los recursos didácticos suelen apelar a la creatividad y a la motivación del alumno. El proceso de enseñanza-aprendizaje, de este modo, resulta más valioso con estos recursos que si sólo se emplearán libros de texto.*

*A continuación lo resumiremos en seis funciones.*

- *Los recursos didácticos proporcionan información al alumno.*
- *Son una guía para los aprendizajes, ya que nos ayudan a organizar la información que queremos transmitir. De esta manera ofrecemos nuevos conocimientos al alumno.*
- *Nos ayudan a ejercitar las habilidades y también a desarrollarlas.*
- *Los recursos didácticos despiertan la motivación, la impulsan y crean un interés hacia el contenido del mismo.*
- *Evaluación. Los recursos didácticos nos permiten evaluar los conocimientos de los alumnos en cada momento, ya que normalmente suelen contener una serie de cuestiones sobre las que queremos que el alumno reflexione.*
- *Nos proporcionan un entorno para la expresión del alumno. Como por ejemplo, rellenar una ficha mediante una conversación en la que alumno y docente interactúan.*

*(APARICI; GARCÍA, 1988).*

## PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

*“Se consideran parámetros fisicoquímicos todos aquellos factores de carácter físico o químico que se pueden medir y monitorear y que brindan una mayor información de las características físicas y las propiedades químicas del agua. Sin embargo Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico” (OROZCO; PÉREZ; GONZÁLES; RODRÍGUEZ; ALFAYATE, 2005).*

Sin embargo, se decidió escoger únicamente la medición de parámetros fisicoquímicos para realizar un acercamiento al estado de la calidad del agua puesto que los parámetros fisicoquímicos tienen como ventaja que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia permitiendo realizar de esta forma comparaciones entre distintos muestreos llegando de esta forma a aproximaciones y conclusiones mediante análisis por parte de los estudiantes desarrollando y potencializando en ellos dicha cualidad, adicionalmente permiten una evaluación para diferentes tipos de uso.

A continuación se definirán algunos de los parámetros fisicoquímicos más relevantes para determinar el estado de la calidad del agua de algún lugar

**Oxígeno Disuelto:** El oxígeno es muy importante en la respiración celular y el metabolismo. Las plantas, peces, y muchos microorganismos necesitan oxígeno para algunas de sus funciones vitales. Existen dos fuentes para la incorporación de éste a las aguas superficiales: la atmósfera; y la fotosíntesis. “El oxígeno presente en la atmósfera puede ser captado por los cuerpos de agua superficiales que están en contacto directamente con esta mediante un intercambio de gases por un procedimiento llamado aireación, el cual consiste en atrapar el aire y por ende el oxígeno presente en este e incorporarlo al agua, ejemplo de ello se puede observar en el oleaje o en cascadas. Por otro lado, el oxígeno producido por la fotosíntesis de organismos y microorganismos acuáticos fotosintéticos lo fijan en el agua” (IDEAM, 2015).

El oxígeno disuelto (OD) es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida aerobia. No obstante, el oxígeno es ligeramente soluble en el agua; la cantidad real de oxígeno que puede estar presente en la solución está determinada por la solubilidad del gas, la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura, y la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos). “La interrelación de estas variables debe ser consultada en textos apropiados para conocer

los efectos de la temperatura y la salinidad sobre la concentración de OD ya que a mayor saturación de sales y a mayor temperatura del agua, la concentración de oxígeno en esta será inversamente proporcional” (GAITAN, 2004).

Las concentraciones de OD en aguas naturales dependen de las características fisicoquímicas y la actividad bioquímica de los organismos en los cuerpos de agua. El análisis del OD es clave en el control de la contaminación en las aguas naturales y en los procesos de tratamiento de las aguas residuales industriales o domésticas.

**Dureza:** “Hace referencia a la concentración de cationes (iones metálicos positivos). Los más abundantes son el Ca y Mg. En la práctica se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones” (RODRIGUEZ, 2007).

En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, “un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta” (RODRIGUEZ, 2007).

*“El límite para dureza en agua potable es de 160 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Para aguas de caldera de presión intermedia el límite es 1 mg/L y de presión alta, 0.07 mg CaCO<sub>3</sub>/L, en aguas de enfriamiento 650 mg CaCO<sub>3</sub>/L Este método es aplicable a aguas potables, superficiales, contaminadas y aguas residuales. El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirlo a las soluciones de algunos cationes metálicos.*

*Cuando se añade EDTA al agua que contiene calcio y magnesio, aquél se combina primero con el calcio. De acuerdo con los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio, en miligramos por litro. La nitidez del punto final en el método volumétrico de EDTA, aumenta con los incrementos de pH. Sin embargo, el pH no puede aumentar indefinidamente debido al peligro de precipitación de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) o hidróxido magnésico, Mg (OH)<sub>2</sub>, y porque la titulación cambia de color a pH alto” (APHA. 2005)*

**Alcalinidad:** La alcalinidad del agua es su capacidad de neutralizar ácidos, y es la suma de todas las bases titulables; el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final empleado. “La alcalinidad es una medida de una propiedad agregada del agua y se puede interpretar en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra. Debido a que la alcalinidad de muchas aguas superficiales es primariamente una función del contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido, se toma como un indicador de la concentración de estos constituyentes. Los valores medidos también pueden incluir contribuciones de boratos, fosfatos, silicatos, u otras bases que estén presentes” (BOJACÁ, 2005).

“En otros casos los hidróxidos y el amoníaco también pueden contribuir a la alcalinidad total. Aunque son muchos los materiales que pueden contribuir a la alcalinidad, en aguas naturales o tratadas' ésta es primariamente una función del contenido de Carbonatos, Bicarbonatos e Hidróxidos” (LONDOÑO; GIRALDO; GUTIÉRREZ, 2010).

*“Las mediciones de alcalinidad se emplean en la interpretación y control de los procesos de tratamiento de aguas. Las aguas residuales domésticas tienen una alcalinidad menor, o ligeramente mayor, que la del agua de suministro. Los iones hidroxilo presentes en una muestra como resultado de disociación o hidrólisis de solutos reaccionan con adiciones de ácido estándar. En consecuencia la alcalinidad depende del pH de punto final empleado. La alcalinidad de una muestra se determina mediante el volumen de un ácido estándar requerido para titular una porción a un pH seleccionado. La titulación se efectúa a temperatura ambiente con un pH metro o un titulador automático calibrados, o mediante indicadores coloreados. En este último caso, se debe preparar y titular un blanco del indicador” (BOJACÁ, 2005).*

#### **Acidez:**

*La acidez de un agua es una medida de su capacidad para reaccionar con bases fuertes a determinado pH, o sea, es la capacidad para donar protones. Los valores de la medición pueden variar significativamente con el punto final, la acidez es una medición de las propiedades agregadas del agua y puede ser interpretada en términos de las sustancias específicas, sólo cuando se conoce la composición química de la muestra. Los ácidos minerales fuertes; los ácidos débiles tales como carbónico, acético y las sales hidrolizadas como las ferrosas o sulfatos de aluminio; pueden contribuir a la acidez del agua.*

*El CO<sub>2</sub> es el principal causante de la acidez en aguas naturales, se introduce de la atmósfera cuando la presión parcial del CO<sub>2</sub> en el aire es mayor que su presión parcial en el agua. (LONDOÑO; GIRALDO; GUTIÉRREZ, 2010).*

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion hidrógeno.

También se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea papel indicador, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH. El papel de litmus o papel tornasol es el indicador mejor conocido. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo.

## **ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

“los procesos de enseñanza-aprendizaje se entienden simultáneamente como un proceso de interacción e intercambio regidos por determinadas intenciones en principio destinadas a hacer posible el aprendizaje; y a la vez, es un proceso determinado desde fuera, en cuanto que forma parte de la estructura de instituciones sociales entre las cuales desempeña funciones que se explican no desde las intenciones y actuaciones individuales, sino desde el papel que juega en la estructura social, sus necesidades e intereses” (CONTRERAS, 1990 en MENESES, G. 2007).

Con lo anterior se puede considerar el proceso de enseñanza-aprendizaje como un sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en el que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje pero siempre estrechamente relacionado y dependiente del proceso de enseñanza. Con ello se puede inferir que la enseñanza no puede entenderse más que en relación al aprendizaje; y esta realidad relaciona no sólo a los procesos vinculados a enseñar, sino también a aquellos vinculados a aprender, por ello, se considerará este proceso, no como procesos aislados, sino como un proceso de interdependencia en los que se retroalimentan constantemente.

## **DIARIO DE CAMPO**

El Diario de Campo es uno de los instrumentos que día a día nos permite sistematizar nuestras prácticas investigativas; además, nos permite mejorarlas, enriquecerlas y transformarlas. “el diario de campo debe permitirle al investigador un monitoreo permanente del proceso de observación. Puede ser especialmente útil [...] al investigador, en él se toma nota de aspectos que considere importantes para organizar, analizar e interpretar la información que está recogiendo” (BONILLA; RODRÍGUEZ, 2007). El diario de campo permite enriquecer la relación teoría-práctica. “La observación es una técnica de investigación de fuentes primarias, que como ya vimos

necesita de una planeación para abordar un objeto de estudio o una comunidad a través de un trabajo de campo (práctica), la teoría como fuente de información secundaria debe proveer de elementos conceptuales dicho trabajo de campo para que la información no se quede simplemente en la descripción sino que vaya más allá en su análisis" (BONILLA; RODRÍGUEZ, 2007). De esta manera tanto la práctica como la teoría se retroalimentan y hacen que los diarios adquieran cada vez mayor profundidad en el discurso porque, en la investigación existe una relación recíproca entre práctica y teoría.

Por una parte la práctica es la fuente y la raíz del conocimiento, de la teoría, pero, a su vez, la teoría se orienta y sirve a la práctica, para que esta sea más eficaz. "La práctica es pues, la fuente, el fin y el criterio de verificación y comprobación de la veracidad de la teoría. El diario de campo no solo permite recopilar la información sino acceder a la elaboración de un informe con tres aspectos fundamentales: La descripción, argumentación e interpretación" (MARTINEZ, 2007).

## **APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**

*El aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, debe entenderse por "estructura cognitiva", al conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización. En el proceso de orientación del aprendizaje, es de vital importancia conocer la estructura cognitiva del alumno; no sólo se trata de saber la cantidad de información que posee, sino cuales son los conceptos y proposiciones que maneja así como de su grado de estabilidad. Los principios de aprendizaje propuestos por Ausubel, ofrecen el marco para el diseño de herramientas metacognitivas que permiten conocer la organización de la estructura cognitiva del educando, lo cual permitirá una mejor orientación de la labor educativa, ésta ya no se verá como una labor que deba desarrollarse con "mentes en blanco" o que el aprendizaje de los alumnos comience de "cero", pues no es así, sino que, los educandos tienen una serie de experiencias y conocimientos que afectan su aprendizaje y pueden ser aprovechados para su beneficio. (AUSUBEL, 1983).*

Ausubel resume este hecho en el epígrafe de su obra de la siguiente manera: "Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente" (AUSUBEL, 1983).

De acuerdo al aprendizaje significativo, los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno. Esto se logra cuando el



estudiante relaciona los nuevos conocimientos con los anteriormente adquiridos; pero también es necesario que el alumno se interese por aprender lo que se le está mostrando.

***Ventajas del Aprendizaje Significativo:***

- *Produce una retención más duradera de la información.*
- *Facilita el adquirir nuevos conocimientos relacionados con los anteriormente adquiridos de forma significativa, ya que al estar claros en la estructura cognitiva se facilita la retención del nuevo contenido.*
- *La nueva información al ser relacionada con la anterior, es guardada en la memoria a largo plazo.*
- *Es activo, pues depende de la asimilación de las actividades de aprendizaje por parte del alumno.*
- *Es personal, ya que la significación de aprendizaje depende los recursos cognitivos del estudiante.*

***Requisitos para lograr el Aprendizaje Significativo:***

1. *Significatividad lógica del material: el material que presenta el maestro al estudiante debe estar organizado, para que se dé una construcción de conocimientos.*
2. *Significatividad psicológica del material: que el alumno conecte el nuevo conocimiento con los previos y que los comprenda. También debe poseer una memoria de largo plazo, porque de lo contrario se le olvidará todo en poco tiempo.*
3. *Actitud favorable del alumno: ya que el aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en donde el maestro sólo puede influir a través de la motivación.*

(AUSUBEL, 1983)

## **TRABAJO EN GRUPO**

*"un grupo se define como dos o más individuos, interactuantes e interdependientes, unidos para alcanzar determinados objetivos específicos. Los grupos pueden ser formales o informales. Los primeros están definidos por la estructura organizacional y tiene determinadas funciones de trabajo designadas. En ellos, el comportamiento está establecido por las metas organizacionales y dirigidas hacia su cumplimiento. Los miembros que constituyen la tripulación de vuelo de un avión son un ejemplo de un grupo formal. Por el contrario, los grupos informales son alianzas que no estructuradas desde el punto de vista formal ni las determinan las organizaciones. Dichos grupos son formaciones naturales creadas en el ambiente de trabajo, que surgen como respuesta a la necesidad de contacto social. Tres empleados de diferentes departamentos, que tienen la costumbre de almorzar juntos, son ejemplo de un grupo informal" (GOMEZ; ACOSTA, 2003).*

Los conceptos anteriormente definidos aportarán la base para la construcción y desarrollo del documento puesto que cada uno de los conceptos abarca un aspecto crucial del trabajo, por ejemplo los conceptos calidad de agua para consumo humano y calidad ecológica del agua permiten aclarar las semejanzas y diferencias de cada uno de estos tipos de agua y con ello las características que las definen, el concepto de parámetros físico-químicos, así como el de oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad nos brindan una visión y perspectiva de los aspectos que abordarán los acuakit en el trabajo ya que estos parámetros son los escogidos para realizar un análisis del estado del agua realizando un acercamiento al posible estado ecológico del agua seleccionada, evidentemente estos 4 parámetros no podrán brindar una perspectiva completa del estado del agua, sin embargo, si permitirán realizar un acercamiento que posteriormente se irá complementando y profundizando mediante la labor docente, es aquí donde el concepto de recurso didáctico se relaciona con el proyecto ya que aclara que la función y utilidad del acuakit como recurso didáctico es la de facilitar la función docente y ser un recurso que logre captar la atención y el interés del estudiante frente a la temática que se está abordando; y no la de abordar por si solos un tema, pues la labor del docente se deslegitimaría y se haría innecesaria si los recursos didácticos los remplazaran. Aquí el concepto de enseñanza aprendizaje se hace necesario puesto que permite evidenciar cómo el proceso de enseñanza va ligado al de aprendizaje, así como la labor docente va ligada a la de los estudiantes y no se le puede delegar esta función a los recursos que faciliten esta labor.

En cuanto al trabajo en grupo, se abordó este concepto con la intención de aclarar a qué se hace referencia con lo de trabajo en grupo y especificar sus características, diferenciándolo por ejemplo del trabajo en equipo, y ya que las características de los acuakit hace que sea necesario realizar grupos de trabajo para que todos puedan obtener los datos de cada uno de los parámetros abordados por estos acuakit, se hace necesario especificar desde qué perspectiva se aborda el trabajo en grupo. Lo concerniente al aprendizaje significativo radica en que debido a las características de los acuakit como recurso didáctico, se consideró que se relacionaba mucho más con este tipo de aprendizaje, finalmente, el concepto de diario de campo se define con la intención de demostrar cómo el diario de campo funciona como herramienta de recolección de información y datos en un proceso de investigación, y ya que fue necesario la utilización de este para recolectar las apreciaciones de los estudiantes frente a los acuakit, fue necesario establecer la importancia del diario de campo en este labor.



## **METODOLOGÍA**

Dentro del proceso investigativo, los criterios metodológicos permiten estimar en qué medida es viable y factible la realización del estudio. A su vez, orienta al equipo de investigación para prever, planificar, desarrollar y evaluar la forma de recoger los datos que darán respuesta a la pregunta ¿Cómo influye la implementación de acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá?

Por ello y debido a las características del presente trabajo se ha escogido el enfoque mixto como proceso metodológico investigativo, ya que “el enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, en una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema, o

para responder a preguntas de investigación de un planteamiento del problema. Se usan métodos de los enfoques cuantitativo y cualitativo y pueden involucrar la conversión de datos cualitativos en cuantitativos y viceversa” (PEREIRA, 2011).

“Cabe destacar que el enfoque mixto va más allá de la simple recopilación de datos de diferentes modos sobre el mismo fenómeno. Implica desde el planteamiento del problema hasta el uso combinado de la lógica inductiva y la deductiva. Un estudio mixto lo es en el planteamiento del problema, la recolección y análisis de los datos, y el informe del estudio” (TASHAKKORI; TEDDLIE, 2003).

Se relaciona con el concepto de triangulación. La triangulación es el análisis de un fenómeno por diferentes vías y abordajes; es complementaria en el sentido de que una misma investigación mezcla diferentes facetas del fenómeno de estudio. Dicha unión o integración suma profundidad a un estudio y se logra una perspectiva más integral de lo que estamos investigando.

El enfoque mixto ofrece varias ventajas: “se logra una perspectiva más precisa del fenómeno; ayuda a clarificar y a formular el planteamiento del problema, así como las formas más apropiadas para estudiar y teorizar los problemas de investigación; la multiplicidad de observaciones produce datos más ricos y variados, ya que se consideran diversas fuentes y tipos de datos, contextos o ambientes y análisis; se potencia la creatividad teórica con suficientes procedimientos críticos de valoración” (TASHAKKORI; TEDDLIE, 2003).

Gracias a esto se escogió el diseño mixto de triangulado o de triangulación concurrente. El cual consta de una combinación y contrastación de datos provenientes de diferentes fuentes. Esto debido a que inicialmente se realiza un proceso cuantitativo a la hora de adaptar para los acuakit los protocolos de Standard Methods y APHA y luego un proceso cualitativo a la hora de enriquecer los espacios experienciales y afianzar el trabajo en grupo, ya que para ello se realizaron un taller de ideas previas, así como la utilización de los apuntes de diario de campo sobre las percepciones y apreciación de los estudiantes sobre el acuakit.

En la investigación, la observación y fundamentalmente los registros escritos de lo observado, se constituyen en la técnica e instrumento básico para producir descripciones de calidad. “Dichos registros se producen sobre una realidad, desde la cual se define un objeto de estudio. Vale la pena destacar que tanto la observación como el registro se matizan en el terreno, en el que la experiencia y la intencionalidad del investigador imperan sus cuestionamientos. Cuando nos cuestionamos sobre una realidad u objeto, quiere decir que no la estamos mirando simplemente, ese

cuestionamiento nos está indicando, que a esa realidad la estamos observando con sentido de indagación” (MARTINEZ, 2007). En otras palabras “observar, con sentido de indagación científica, implica focalizar la atención de manera intencional, sobre algunos segmentos de la realidad que se estudia, tratando de capturar sus elementos constitutivos y la manera cómo interactúan entre sí, con el fin de reconstruir inductivamente la dinámica de la situación” (BONILLA; RODRÍGUEZ, 2007).

Adicionalmente, se ha relacionado el trabajo con el aprendizaje significativo debido a las características de este y a su relación con las del trabajo, esto debido a que como se especifica en el aprendizaje significativo, inicialmente es necesario establecer el grado de conocimiento de los estudiantes frente al tema para posteriormente fortalecer y enriquecer estos conocimientos con una nueva metodología que le permita al estudiante ampliar su conocimiento, para ello se necesita de una metodología que logre captar la atención e interés del estudiante. Ello se evidencia en el trabajo ya que inicialmente se implementó un taller de ideas previas con el fin de determinar el grado de conocimiento de los estudiantes frente a la temática de calidad ecológica del agua y de paso evidenciar sus puntos fuertes y sus falencias para fortalecerlas, luego, se presenta en implementa el acuakit como recurso didáctico mediador en el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo que el estudiante amplíe y complemente su conocimiento frente al tema. Ya en cuanto a lograr captar la atención e interés de los estudiantes por aprender, la metodología del acuakit logra su cometido, esto se evidencia en las confesiones y apreciaciones de los estudiantes frente al acuakit, ya que como aseguran algunos estudiantes, los acuakit presentan una metodología interesante ya que brinda la posibilidad de acercarse de manera experiencial al conocimiento, con ello se puede afirmar que el trabajo está relacionado con el aprendizaje significativo.

Con lo anterior, se plantearon las siguientes fases con el fin de cumplir los objetivos propuestos en este trabajo y con el propósito de continuar con la producción de recursos didácticos que enriquezcan las actividades educativas, y para dar respuesta a la pregunta ¿Cómo influye la implementación de acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá?

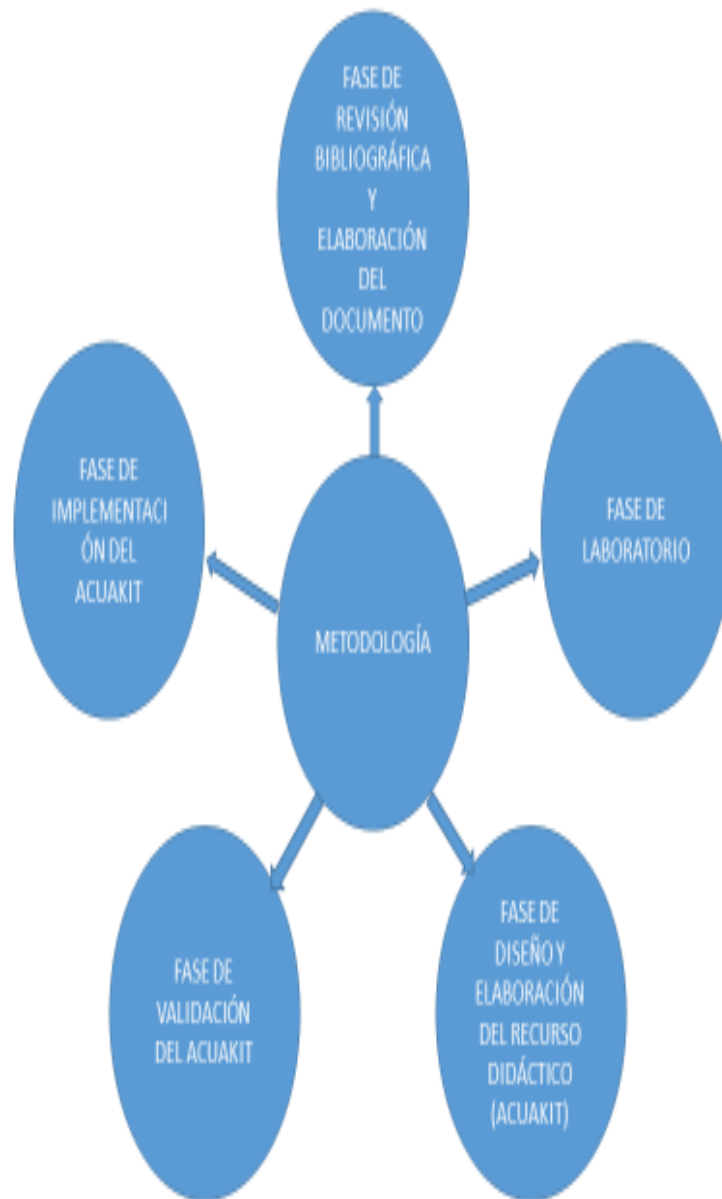


FIGURA 1 FASE METODOLÓGICA

## FASE DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Esta fase fue transversal a la construcción de este proyecto, ya que se hizo necesaria la revisión de bibliografía especializada que permitiera la elaboración y el desarrollo de cada una de las otras fases propuestas. Para ello, se realizó la revisión de distintos documentos que brindarán información confiable en cuanto a los protocolos de medición de parámetros fisicoquímicos del agua que estuvieran avalados,

estandarizados y aceptados por la comunidad científica a nivel mundial. Se revisó de igual forma algunos trabajos relacionados con el desarrollo y elaboración de recursos didácticos enfocados a la enseñanza-aprendizaje

## **FASE DE LABORATORIO**

Durante esta fase se realizó una continua revisión y ajustes de los protocolos revisados para ajustar las cantidades y las concentraciones de las sustancias mencionadas en estos protocolos estandarizados por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA con la finalidad de adaptarlos a los acuakit. Para ello se realizó el montaje en laboratorio de los 4 protocolos que se escogieron (oxígeno disuelto, dureza total, alcalinidad y acidez), aquí fue necesario preparar cada uno de los reactivos e indicadores necesarios para cada protocolo y luego realizar el montaje que se especifica en cada protocolo para cada parámetro.

Posteriormente se procedió a reajustar las cantidades de sustancias, muestras y reactivos utilizados en cada protocolo con el fin de adaptarlo al acuakit; se realizó una reducción de 10 a 1 en la mayoría de las sustancias utilizadas en los protocolos, esto debido a las características del acuakit para su manipulación y portabilidad, también porque de esta forma, los cálculos de las ecuaciones de cada protocolo se podrían abordar de una forma muy similar a como están planteados y establecidos en los protocolos estandarizados por la APHA. Adicionalmente se realizó una comparación de los protocolos propuestos por Standard Methods y la APHA y sus montajes, así como de las reducciones y sus ajustes para el acuakit, con los kits de Merck para aguas, esto con la intención de comparar y proponer una alternativa en cuanto a las cantidades idóneas que se deberían utilizar de cada sustancia para los acuakit.

## **FASE DE DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL RECURSO DIDÁCTICO (ACUAKIT)**

En esta fase se realizó una reutilización de los kit de Merck que se encontraban en el laboratorio del departamento de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, sin uso, debido a que algunos de los reactivos necesarios en ellos se encontraban vencidos o se hallaban agotados por lo que no era posible hacer uso de dichos kit. Para poder hacer uso de estos materiales fue necesario someterlos a un proceso de lavado riguroso así como de una esterilización con agua hervida y finalmente un enjuague con agua destilada para eliminar todo rastro de impureza. Finalmente se dejan secar los recipientes y se ensamblan nuevamente los kit totalmente limpios.

Adicionalmente, para esta fase, se implementaron los protocolos de Standard Methods que fueron adaptados para los acuakit, aquí se realizó tanto una adaptación y ajustes de los reactivos para los acuakit, así como de los protocolos con el fin de hacerlos más entendibles y manipulables por los estudiantes, brindándoles de esta forma un mayor y más fácil acceso al acuakit y mejorando su experiencia al facilitar el uso de estos. De esta forma, también se indagó sobre lo que es un recurso didáctico y sus características con el fin de que el acuakit cumpliera los requisitos que plantea (APARICI; GARCÍA, 1988).

- *Los recursos didácticos proporcionan información al alumno.*
- *Son una guía para los aprendizajes, ya que nos ayudan a organizar la información que queremos transmitir. De esta manera ofrecemos nuevos conocimientos al alumno.*
- *Nos ayudan a ejercitar las habilidades y también a desarrollarlas.*
- *Los recursos didácticos despiertan la motivación, la impulsan y crean un interés hacia el contenido del mismo.*
- *Evaluación. Los recursos didácticos nos permiten evaluar los conocimientos de los alumnos en cada momento, ya que normalmente suelen contener una serie de cuestiones sobre las que queremos que el alumno reflexione.*
- *Nos proporcionan un entorno para la expresión del alumno. Como por ejemplo, rellenar una ficha mediante una conversación en la que alumno y docente interactúan.*

Basado en lo anterior se diseñó el acuakit para que atendiera cada una de las 6 funciones anteriormente mencionadas.

- El acuakit proporciona información al alumno, información en cuanto a la medición de parámetros físico-químicos del agua que permiten interpretar el estado de la calidad del agua desde el punto de vista ecológico de esta.
- El acuakit posibilita la organización de la información necesaria para ofrecer nuevos conocimientos a los estudiantes frente a la calidad ecológica del agua, ya que permite fortalecer aspectos en los que los estudiantes presentan falencias.
- El acuakit permite al estudiante potenciar y desarrollar habilidades ya que permite al estudiante acercarse de una forma experiencial al conocimiento, potenciando así habilidades como la observación y el análisis.
- El acuakit motiva a los estudiantes y les posibilita el acercamiento al conocimiento ya que este presenta una metodología entendible para los estudiantes, así como también diferente y entretenida logrando captar de esta forma su atención e interés.

- El acuakit permite evaluar el grado de conocimiento de los estudiantes luego de la implementación del acuakit ya que este presenta una fórmula que se debe desarrollar para poder interpretar los datos obtenidos, datos que el estudiante debe observar y analizar para comprenderlos mejor.
- Finalmente el acuakit se establece como un recurso que le permite al estudiante experimentar y acercarse al conocimiento de manera tangible, logrando que el estudiante se exprese interactuando de esta forma con el docente.

Con lo anterior se aborda tanto el diseño y elaboración física como la funcional del acuakit como recurso didáctico, diferenciando el acuakit de otros recursos como los kits de Merck ya que el acuakit presenta un diseño enfocado a la enseñanza-aprendizaje con características que posibilitan un mayor entendimiento y manipulación por parte de los estudiantes.

## **FASE DE PRUEBA DEL ACUAKIT**

Esta fase se desarrolló en 3 momentos a lo largo de la elaboración del acuakit, inicialmente se realizó una comparación entre los protocolos propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA, con los protocolos ajustados para los acuakit. Aquí se realizó el montaje de laboratorio para cada uno de los protocolos y se comparó resultados con los obtenidos con la utilización del acuakit.

En segunda instancia se realizó una comparación entre los kit de Merck para cada una de las mediciones de los 4 parámetros escogidos (Oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad) y los acuakit, observando la similitud y proximidad en los resultados obtenidos con cada uno de ellos. Estos 4 parámetros se escogieron debido a que son de los más relevantes y más medidos principalmente en las salidas de campo, también porque el laboratorio del departamento de Licenciatura en biología cuenta solo con una cantidad limitada de kit de Merck que se encuentran en un estado óptimo y en ocasiones las salidas de campo se cruzan haciendo que más de un semestre necesite utilizar instrumentos para la realización de dichos parámetros. Finalmente porque se considera que estos parámetros poseen una estrecha relación y permiten predecir el posible estado de otros que de ellos dependen.

Finalmente en tercera instancia se puso a prueba los acuakit con un grupo de 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá-Colombia en la que se observó el grado de manejo, entendimiento y manipulabilidad del acuakit frente a la experiencia de estos estudiantes con los montajes en laboratorio de los protocolos propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA.

## **FASE DE IMPLEMENTACIÓN DEL ACUAKIT**

En esta fase se realizó la implementación del acuakit como recurso didáctico para la enseñanza del concepto calidad del agua, para lo cual inicialmente se procedió a realizar un taller de ideas previas para evaluar el grado de conocimiento de un grupo de 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá frente al tema calidad ecológica del agua para luego aclarar dudas y complementar los conocimientos adquiridos previamente; inmediatamente después los estudiantes realizaron los montajes en laboratorio de los protocolos propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA y ya habiendo realizado la medición de cada parámetro con dichos protocolos, posteriormente se hizo uso de los acuakit replicando los montajes a menor escala utilizando la metodología del acuakit.

Adicionalmente, los acuakit fueron utilizados en un par de salidas de campo, en una salida de estudiantes de sexto semestre de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, en esta primer salida de campo con los acuakit, estos se sometieron a prueba y se pudo apreciar sus ventajas y desventajas, así como las sugerencias de los estudiantes frente a los acuakit para su mejoramiento. Posteriormente, habiendo acatado las observaciones de los estudiantes en la salida de campo ya mencionada, los acuakit fueron llevados nuevamente a otra salida de campo con estudiantes de tercer semestre de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá donde se pudo observar que los acuakit cumplieron su propósito a la hora de permitir la medición de los parámetros de estos acuakit.

En las salidas en las que se implementaron los acuakit, las muestras de agua estudiadas fueron tomadas directamente de la fuente, en el caso de la salida de sexto semestre las muestras fueron tomadas del río Amazonas o las lagunas que se forman cerca a este, debido a que en sexto semestre se realizan trabajos en los que es necesario determinar algunos factores físico-químicos por lo cual es necesario en ocasiones tomar muestras y preservarlas o utilizar kits que permitan hacer esto en campo como los kits de Merck o en este caso los acuakit y ya que los kits de Merck no alcanzan para atender las necesidades de todos, se implementaron los acuakit para que los estudiantes pudieran realizar dichas mediciones en campo.

Las apreciaciones de los estudiantes frente al acuakit, así como su valoración y la opinión que estos les generaban se anotaron en el diario de campo, el cual, junto a al taller de ideas previas sirvieron para respaldar y comprobar el impacto y la importancia de los acuakit como recurso didáctico para la enseñanza aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua.

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS**



## **PROCESO DE AJUSTES DE LA METODOLOGÍA DE LOS PROTOCOLOS ESTANDAR PARA LOS ACUAKIT**

Debido a que los protocolos estándar presentan una metodología específica, así como una terminología más científica y planteados para laboratorios que cuenten con los implementos necesarios, fue necesario realizar un ajuste de ellos a la realidad del laboratorio de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional Sede Bogotá ya que este no cuenta con la totalidad de instrumentos que se mencionan y se usan según los protocolos estándar. Por ello, se realizaron modificaciones en cuanto a la terminología, los pasos y los instrumentos utilizados, ejemplo de ello se evidencia en que en uno de los protocolos es necesario la utilización de buretas digitales para la medición de la cantidad de titulante gastado en la titulación de una muestra de agua para la determinación de la concentración de un compuesto dentro de una muestra de agua, y debido a que el laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional no cuenta con este instrumento, hubo que omitirlo y cambiarlo por las buretas con las que cuenta el laboratorio. (Ver anexos).

## **PROCESO DE AJUSTE DE CANTIDADES PARA LA PREPARACIÓN DE LOS REACTIVOS**

Para la preparación de los reactivos correspondientes a cada uno de los protocolos escogidos fue necesario realizar un ajuste de cantidades de los reactivos y sustancias utilizados en los protocolos postulados por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA para la adaptación a la metodología del acuakit. Para ello se abordaron 4 protocolos; 2 del IDEAM (oxígeno disuelto y dureza total) y 2 del documento “métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua” (Londoño. A; Giraldo. G; Gutiérrez. A. 2010) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (acidez y alcalinidad) en los cuales se basó y a los cuales se le realizaron los cálculos necesarios para la reducción de cantidades y concentraciones.

Gracias a que muchos de los reactivos en los protocolos se preparan a 1 L, la conversión fue básicamente una reducción de 10 a 1 de las cantidades de cada uno de los reactivos y sustancias utilizadas en su preparación. Ver anexos.

## **PROCESO DE PRUEBA DEL ACUAKIT**

Para efecto de prueba del acuakit, se realizaron mediciones de los 4 parámetros escogidos (oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad) con metodologías diferentes (protocolos estándar y kits de Merck), esto con la intención de comprobar la utilidad de los acuakit y hacerlos lo más confiable posibles. Inicialmente se intentó utilizar para los acuakit muestras de 5 ml como en el kit de Merck, sin embargo el margen de error era muy grande (15% aproximadamente), por lo cual se decidió utilizar muestras de 10 mililitros de agua lo cual redujo el margen de error.

En las siguientes tablas se encuentran los resultados para cada uno de los parámetros medidos con las tres metodologías (protocolos estándar, los kits de Merck y los acuakit) con su respectiva concentración frente a cada prueba. Cabe aclarar que estas cantidades son un promedio ya que se realizaron 5 repeticiones para una mayor exactitud (ver anexos)

OXÍGENO DISUELTO	
Protocolos estándar	8,0645 mg de OD/L
Kits de Merck	7.8120 ml OD/L
Acuakit	7.8793 ml OD/L

TABLA 1 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN UNA MUESTRA DE AGUA

DUREZA TOTAL	
Protocolos estándar	49.6451 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Kits de Merck	50,0455 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Acuakit	48.6442 mg CaCO <sub>3</sub> /L

TABLA 2 CONCENTRACIÓN DE DUREZA TOTAL EN EUNA MUESTRA DE AGUA

ACIDEZ	
Protocolos estándar	14.4 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Kits de Merck	XXXXXXXXXXXX
Acuakit	16 mg CaCO <sub>3</sub> /L

TABLA 3 CONCENTRACIÓN DE ACIDEZ EN UNA MUESTRA DE AGUA

ALCALINIDAD	
Protocolos estándar	21,2 mg CaCO <sub>3</sub> /L

Kits de Merck	24 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Acuakit	24 mg CaCO <sub>3</sub> /L

TABLA 4 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD EN UNA MUESTRA DE AGUA

Como se observa en las tablas anteriores, las concentraciones de las sustancias en el agua para cada uno de los parámetros con las distintas metodologías son muy similares y el rango de error se reduce quedando por debajo del 10% de margen de error, logrando así una mayor fidelidad de los datos y una mayor exactitud de estos. Ver anexos. Cabe aclarar que las pruebas realizadas con los kits de Merck se realizaron con kits que están en buen estado, ya que el laboratorio de la licenciatura en Biología cuenta con 2 juegos de kits, unos en buen estado y otros que no se encontraban en uso ya que no tenían un estado óptimo y no se podía confiar en la veracidad de los resultados que estos arrojaban.

Adicional a esto y debido a que posterior al lavado de los kits de Merck fuera de uso que se utilizarían para los acuakit, las microburetas de estos kit quedaron mal calibradas por lo que se remplazaron por jeringas de 3 mililitros para minimizar el margen de error, inicialmente se compararon las gotas tanto de las microburetas como de las jeringas, pero como las cantidades eran notoriamente diferentes se optó por dejarles las agujas a las jeringas ya que de esta forma las gotas de microburetas y jeringas eran prácticamente iguales ya que el orificio de la aguja de la jeringa se asemeja al de la microbureta. Para realizar las pruebas anteriormente mencionadas en las tablas se utilizó agua potable tomada directamente de la llave, esto con la intención de observar la reacción de los acuakit y su utilidad a la hora de estudiar muestras de agua con contenidos de cloro puesto que los acuakit para acidez y alcalinidad presentan una metodología alterna en presencia de cloro por lo que fue necesario someterlo a prueba, puesto que la intención de los acuakit es para realizar estudio en campo en donde generalmente las concentraciones de cloro no son tan altas.

## PROCESO DE VALORACIÓN DEL ACUAKIT E IMPLEMENTACIÓN POR PARTE DE ESTUDIANTES

Para efecto de valoración del acuakit por parte de los estudiantes y la implementación de este, se abordó inicialmente una población de 20 estudiantes de tercer semestre de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, para ello se realizó un taller de 10 puntos (ver anexos), correspondientes a ideas previas frente a la temática de la calidad ecológica del agua, también se plantearon 2 puntos correspondientes a procedimientos y metodología del acuakit y 2 puntos correspondientes a apreciaciones, valoración y recomendaciones (ventajas y desventajas del acuakit) por parte de los estudiantes para el acuakit.

Para el primer punto, la pregunta ¿Qué define la calidad del agua? Se obtuvo los siguientes resultados:

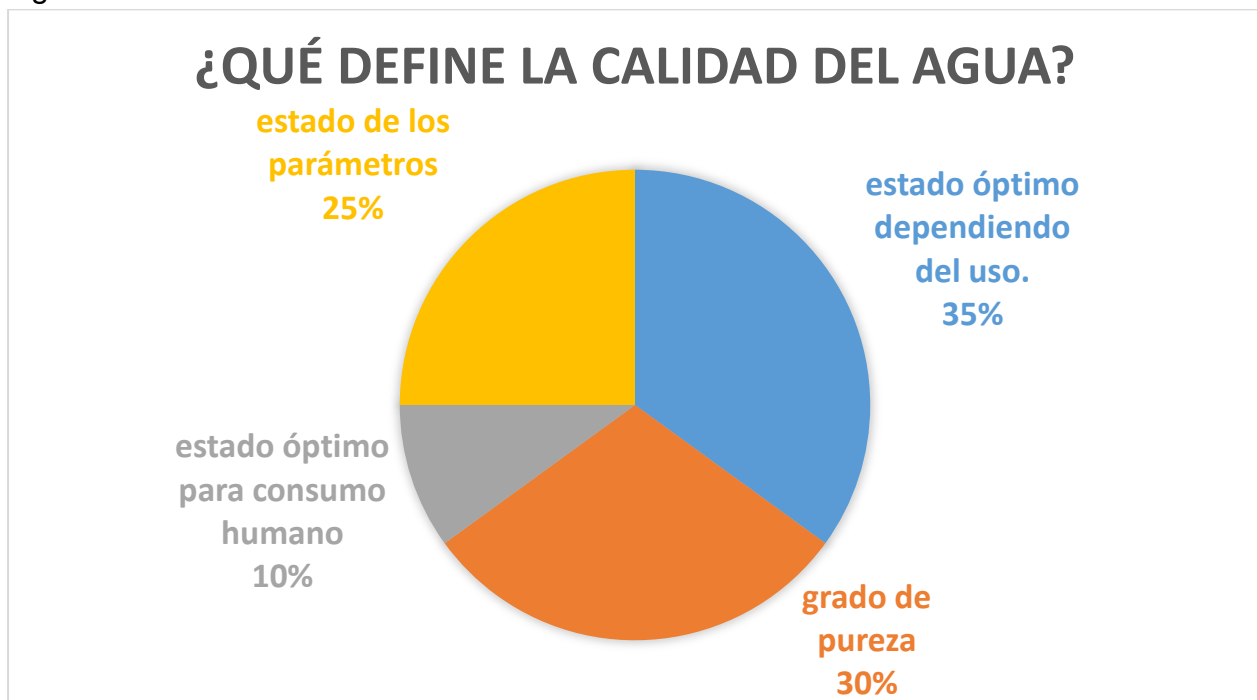


FIGURA 2 ¿QUÉ DEFINE LA CALIDAD DEL AGUA?

Como se observa en la figura anterior, basados en las respuestas de los estudiantes se plantearon las categorías mencionadas, es claro que tienen una idea general de lo que es la calidad de agua, sin embargo encasillan o delimitan lo que es calidad del agua y la definen simplemente por alguna o algunas de sus características y no lo perciben como algo más amplio. Por ejemplo, una de las respuestas más comunes de los estudiantes consiste en percibir la calidad del agua dependiendo del uso que se le vaya a dar a esta ya sea para consumo o recreación pues cada una tiene características específicas y un

margen de tolerancia distinto de parámetros fisicoquímicos de ellas. Todo esto evidencia la necesidad de crear en los estudiantes una mayor cultura del agua como se menciona en la guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo, “La cultura del agua forma parte de la información, la concientización y la actitud que se debe desarrollar en la comunidad estudiantil. Tal cultura permitirá acciones simples pero concretas que involucran pautas culturales que tienen como meta el agua segura”. (SOLSONA, 2003).

Para el segundo punto ¿Qué es la potabilidad? se obtuvo los siguientes resultados:

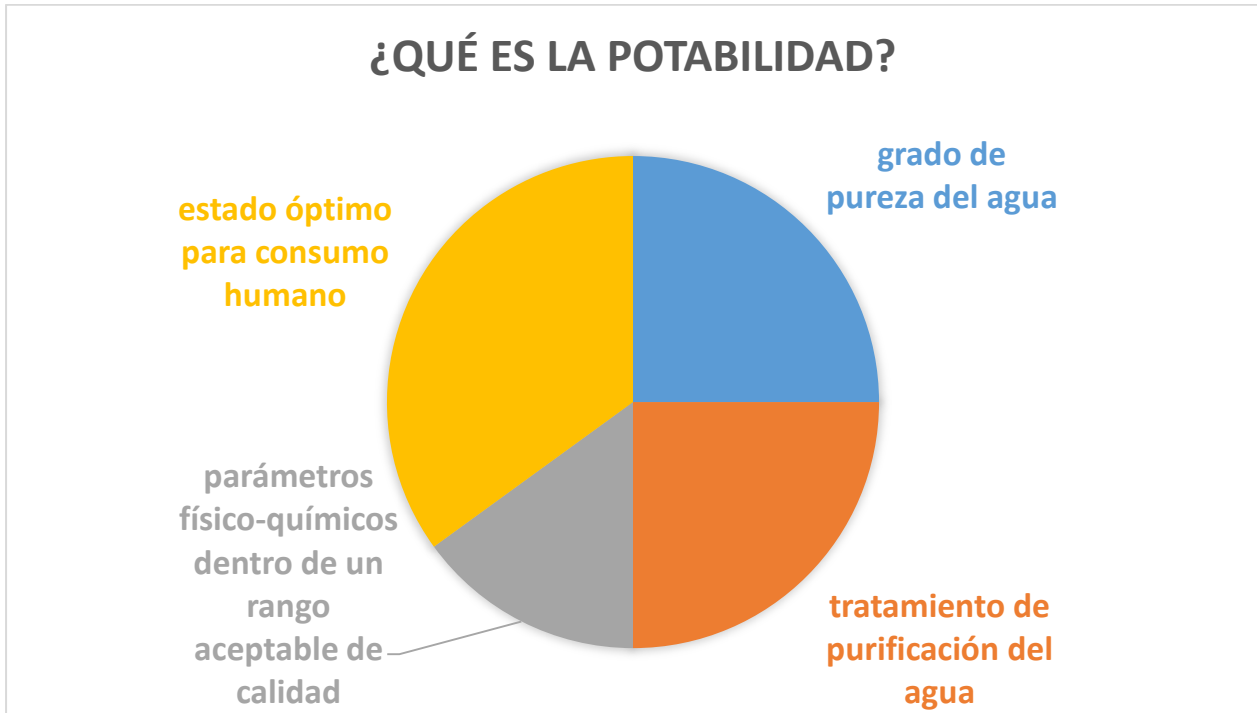


FIGURA 3 ¿QUÉ ES LA POTABILIDAD?

Basados en la anterior figura se puede observar las percepciones de los 20 estudiantes, aquí se evidencia que si bien poseen ideas muy claras y concernientes a lo que es la potabilidad del agua, al igual que en el punto anterior, insisten en verlo como características aisladas y no como algo que reúne todas las características que mencionaron, sin embargo, esto puede deberse a la manera en que se informa este tipo de temas en los medios de comunicación ya que allí muchas veces no se profundiza o se amplían estas perspectivas puesto que la mayoría de las veces la relación que se le da al agua es directamente con relación a la salud humana, posiblemente por ello una de las respuestas más recurrentes de los estudiantes era que la potabilidad del agua consiste en el tratamiento que se le da al agua para hacerla bebible, pero aun así la información que posee la población al respecto es escasa y limitada, por ello “A pesar del interés y la preocupación que el vínculo agua-salud ha despertado en las

autoridades de los países en desarrollo, es innegable que el conocimiento de esa relación es escaso e inadecuado en la población. Ello ha contribuido a que la modificación de pautas culturales respecto al agua segura sea todavía una tarea incipiente”. (SOLSONA, 2003).

Para el tercer punto ¿Cómo influye el hombre en la calidad del agua? se obtuvo los siguientes resultados:

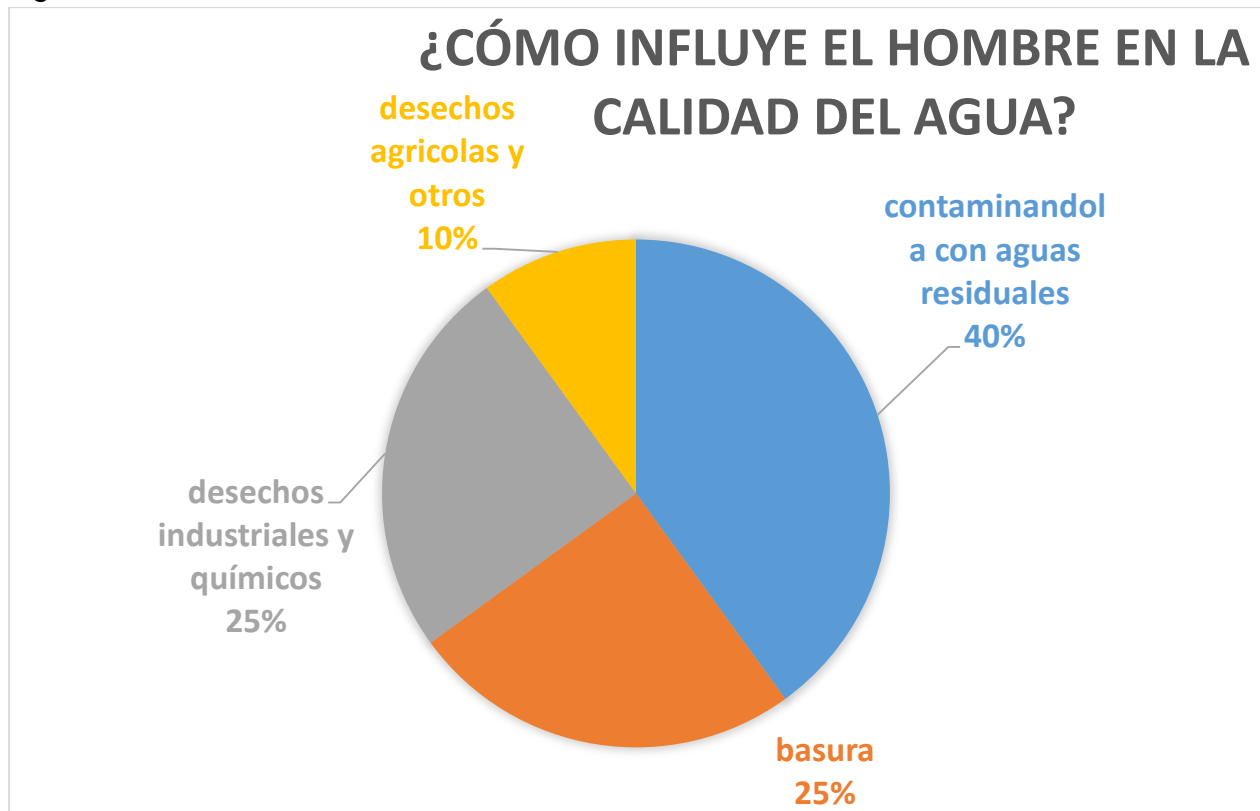


FIGURA 4 ¿CÓMO INFLUYE EL HOMBRE EN LA CALIDAD DEL AGUA?

Aquí se observa que se repite el hecho de que las percepciones de los estudiantes sobre este punto al igual que los dos puntos anteriores, es muy diverso y continúan fragmentando las respuestas sin lograr comprender o percibirlo como algo que abarca todas las distintas respuestas de los 20 estudiantes sobre este punto. Ya que no están del todo mal, sino que más bien requieren de una percepción más global y amplia para crear una percepción más completa de este punto, puesto que todos los seres vivos y en especial los seres humanos debido a sus acciones son potenciales contaminantes del agua. Algunas de sus respuestas fueron las siguientes: “una de las principales formas en las que el hombre influye en la contaminación del agua es mediante el mal uso de esta, ya que se arrojan en las fuentes de agua desechos de las actividades humanas como las aguas negras”, “la contaminación por desechos sólidos o basuras

son una de las principales formas en que el hombre influye en la contaminación del agua”

Ya que “desde las grandes empresas a los agricultores a mineros y a cada uno de nosotros, todas las personas tienen algún grado de responsabilidad en relación con la contaminación. Y si bien es cierto que algunos contaminan más que otros, en realidad, todos somos contaminantes potenciales. Dicho de otro modo, el cuidado y protección de la calidad del agua es responsabilidad de todos” (SOLSONA, 2003).

Para el cuarto punto ¿Qué otros factores alteran la calidad del agua? Se obtuvo los siguientes resultados:

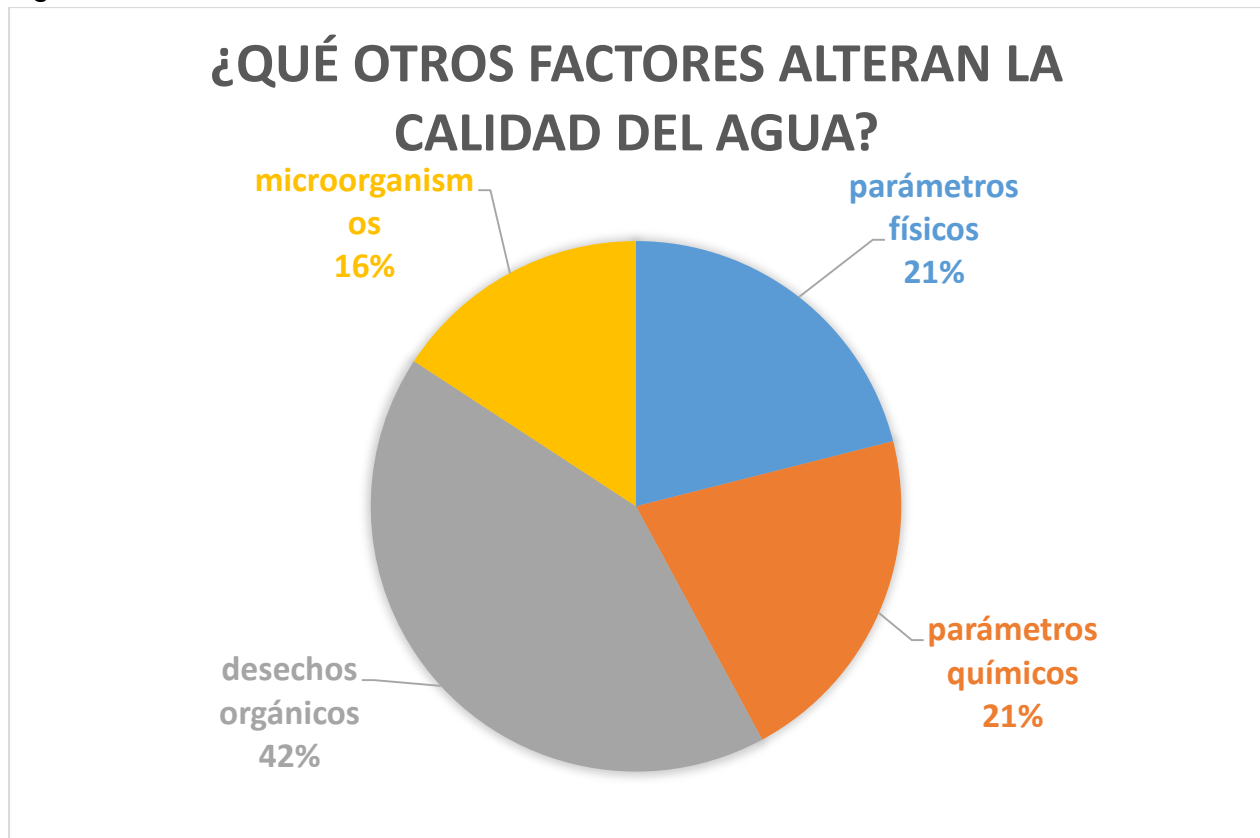


FIGURA 5 ¿QUÉ OTROS FACTORES ALTERAN LA CALIDAD DEL AGUA?

La figura anterior muestra las respuestas más comunes en los estudiantes frente a qué otros contaminantes alteran la calidad del agua, si bien todos estos contaminantes alteran la calidad del agua, no todas estas formas de contaminación del agua se deben a efectos de las actividades humanas, ya sean actividades cotidianas del diario vivir como el caso de aguas servidas y las basuras o desechos sólidos.

todas estas formas de contaminación tienen un gran impacto en el agua por separado, sin embargo, cuando se presentan en conjunto especialmente en grandes ciudades con

poblaciones densas, el nivel de impacto y el grado de contaminación del agua supera la capacidad de esta de esta para recuperarse y volver a su estado óptimo. Por lo tanto, con ello se evidencia que aunque los estudiantes poseen percepciones acertadas del tema, sería conveniente si las consideraran todas en conjunto ya que las sustancias presentes en el agua se pueden clasificar de acuerdo con sus características químicas, físicas o microbiológicas o según otras características asociadas con sus usos, funciones o condición física.

*“Gracias a ello es posible tener varios sistemas de clasificación.*

*La clasificación recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) para los contaminantes es la siguiente:*

- *Contaminantes microbiológicos*
- *Contaminantes químicos (relacionados con la salud) Pueden ser inorgánicos u orgánicos (excluidos los plaguicidas), plaguicidas o desinfectantes y subproductos de la desinfección*
- *Contaminantes organolépticos.*

*Si se hiciera una escala de la peligrosidad de las aguas en relación con la salud humana (dejando de lado la concentración en que se encuentran), se podría decir que de más riesgosas a menos riesgosas las sustancias que contaminan las aguas destinadas al consumo son:”*

<b>Grupos de sustancias</b>	<b>Riesgo para la salud</b>
<i>Microbiológicas</i>	<i>Muy alto</i>
<i>Inorgánicas</i>	<i>Alto</i>
<i>Orgánicas</i>	<i>Bajo</i>
<i>Organolépticas</i>	<i>Muy bajo</i>

TABLA 5 GRUPO DE SUSTANCIAS Y SUS RIESGOS PARA LA SALUD (OMS. 2006)



Para el quinto punto ¿De qué manera la calidad del agua afecta la salud humana? Se obtuvo los siguientes resultados:

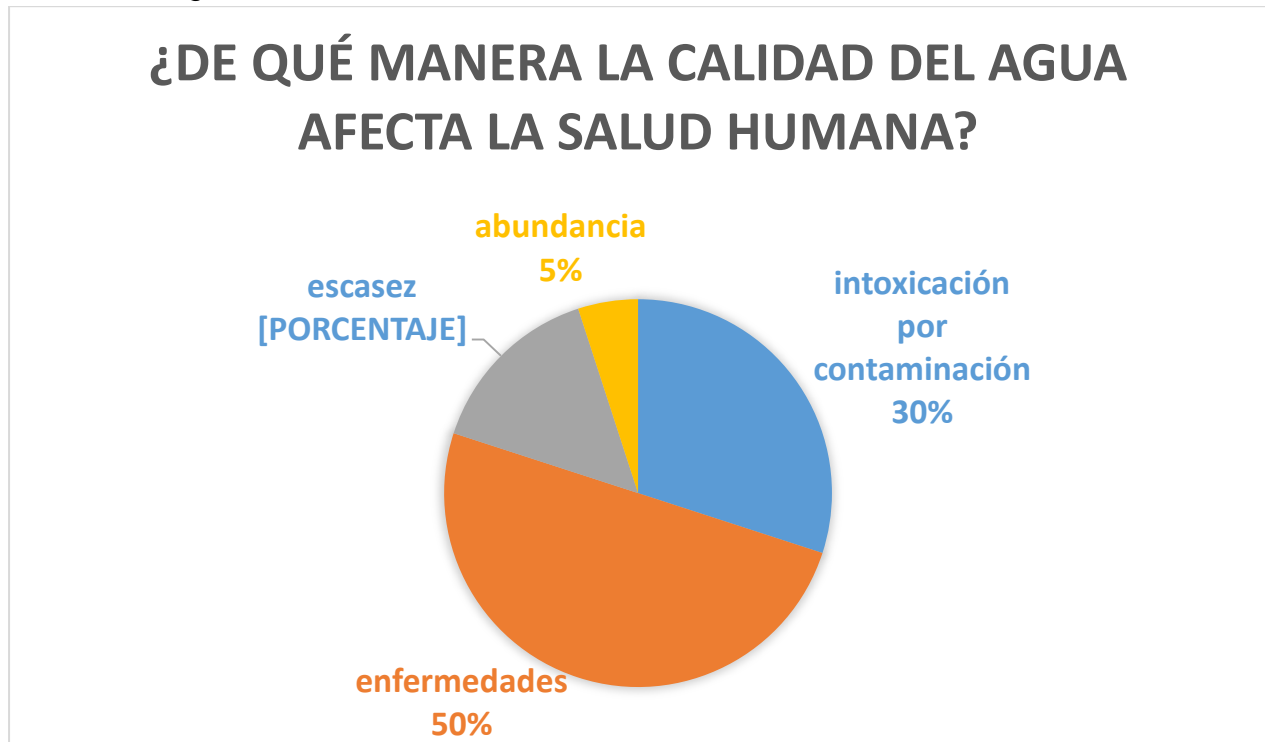


FIGURA 6 ¿DE QUÉ MANERA LA CALIDAD DEL AGUA AFECTA LA SALUD HUMANA?

Esta gráfica permite apreciar las concepciones de los estudiantes frente a la forma en la que la calidad del agua afecta la salud, podemos observar que presentan percepciones muy válidas ya que todas y cada una de ellas efectivamente son afectaciones de la calidad del agua frente a la salud humana, incluyendo percepciones como la escases o abundancia del agua ya que estas de manera directa afectan la salud del ser humano en algunos o todos los aspectos.

Todo esto si se tiene en cuenta que “la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (OMS. 2006). Y ya que la escasez de agua puede repercutir en la salud de las personas en aspectos como la deshidratación y la abundancia de esta se puede traducir en afectaciones ambientales como deslizamientos e inundaciones, es válido afirmar que estos también repercuten en la salud humana.

Para el sexto punto ¿Cómo afecta la calidad del agua a los ecosistemas donde esta se encuentra? Se obtuvo los siguientes resultados:

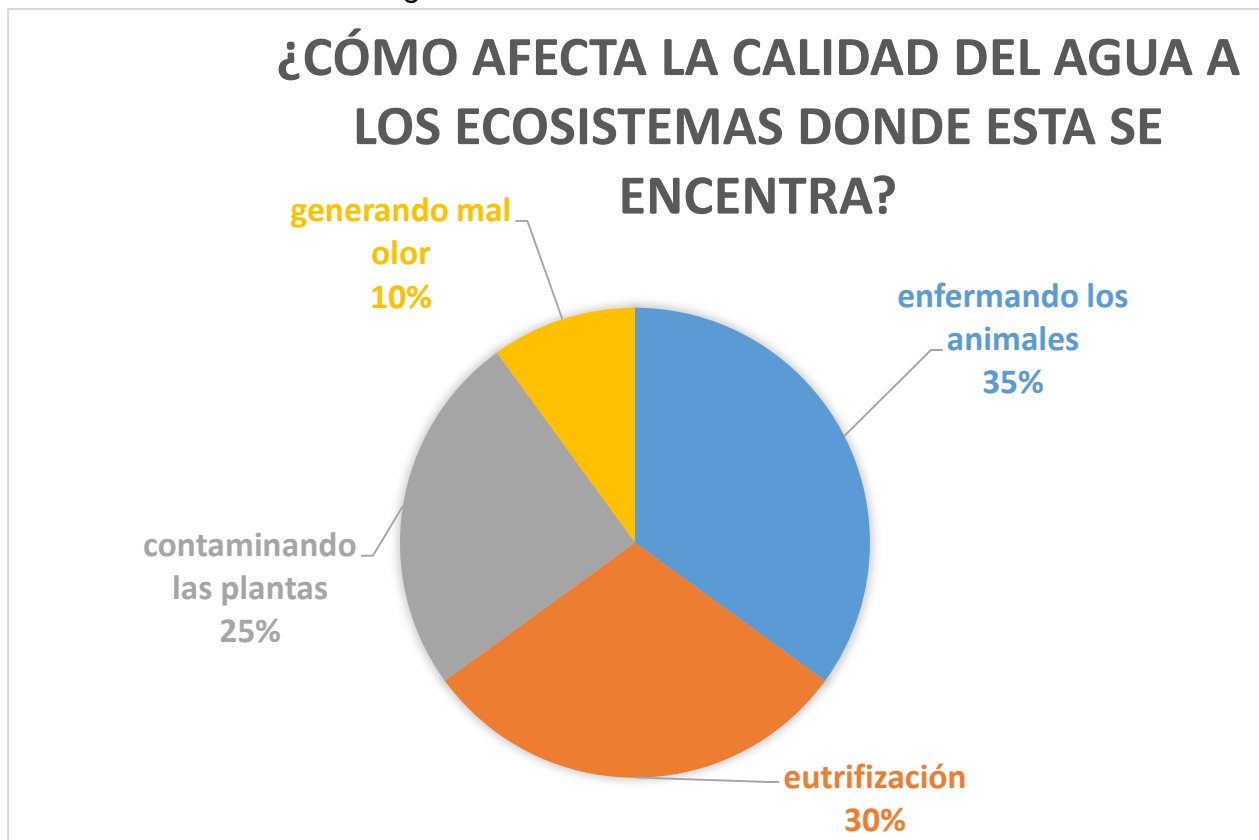


FIGURA 7 ¿CÓMO AFECTA LA CALIDAD DEL AGUA A LOS ECOSISTEMAS DONDE ESTA SE ENCUENTRA?

Esta gráfica muestra las percepciones de los estudiantes frente a cómo la calidad del agua afecta los ecosistemas, es claro que cada uno de estos tipos de afectaciones depende del grado de contaminación del agua, sin embargo si es posible que se presenten en la naturaleza cada uno de estos tipos, por lo que las respuestas de los estudiantes son correctas a pesar de que ninguno las haya considerado todas al tiempo demostrando un dominio mayor del tema. Pese a ello se puede decir que poseen concepciones acertadas de los posibles casos en los que la calidad del agua afecta los ecosistemas en general y no solo al hombre. Algunas de sus respuestas al respecto fueron: “una de las formas en que el agua afecta los ecosistemas es mediante la intoxicación por contaminación que afecta a todos los animales”, “la generación de malos olores producida por la sobrecarga de desechos orgánicos en cuerpos de agua como los caños y ríos de Bogotá”

Ya que el agua hace parte obligatoria de los ecosistemas, ya sea en pequeñas o grandes cantidades (desiertos o arrecifes de coral respectivamente) las

consideraciones de los estudiantes son acertadas puesto que “Los ecosistemas son sistemas complejos como un bosque, un río o un lago, formados por:

- Elementos físicos (el biotopo), por ejemplo, las rocas, minerales, etc. y
- Biológicos (la biocenosis o comunidad de organismos), es decir todos los seres vivos que habitan en ese lugar.

El ecosistema es la unidad de trabajo, estudio e investigación de la Ecología. Es un sistema complejo en el que hay interacciones de los seres vivos entre sí y con el conjunto de factores no vivos que forman el ambiente: temperatura, sustancias químicas presentes, clima, características geológicas, etc.” (ECHARRI, 2007).

Para el séptimo punto ¿Qué es la calidad ecológica del agua? Se obtuvo los siguientes resultados:

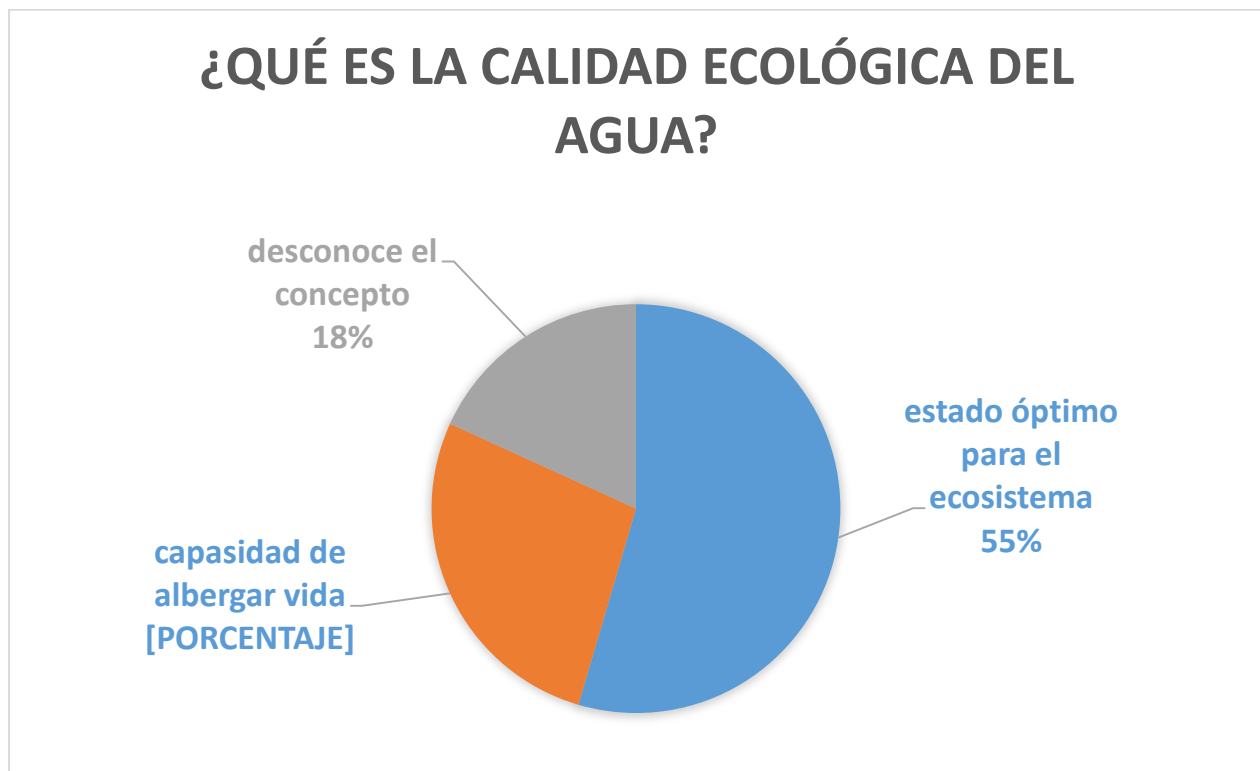


FIGURA 8 ¿QUÉ ES LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA?

Aquí podemos observar que para el 18% de los estudiantes es desconocido el concepto calidad ecológica del agua, y ya que la calidad ecológica del agua no la podemos medir simplemente por la cantidad y variedad de organismos que la habiten, esta dependerá más acertadamente del estado óptimo del agua en dicho ecosistema y que no represente ningún riesgo para el libre desarrollo de este, tal y como lo muestra el 55% de los estudiantes, incluso podría decirse que la calidad del agua se puede definir como el estado natural del agua sin la intervención del hombre.

Por otro lado el grado de desconocimiento de algunos estudiantes frente a lo que es la calidad ecológica del agua puede atribuirse a que la temática de la calidad del agua es un tema muy tratado y abordado desde distintos ámbitos, siendo el concerniente a la salud humana el que tiene un mayor protagonismo, esto debido a que el agua es de vital importancia y fundamental en la vida de los humanos, por ello, el agua es tratada como recurso y como un bien al servicio de la humanidad, olvidando que este preciado líquido no solo es indispensable para los humanos sino para todos los organismos que de ella dependen. Por ello “la actualidad y repercusión social de la problemática relacionada con el abastecimiento de agua potable a la población (basta escribir la expresión "agua potable" o "potable water" en cualquier buscador de Internet para que éste nos muestre miles de páginas de países de todo el mundo, sobre todo de aquellos en vías de desarrollo, que se refieren a programas relacionados con el abastecimiento de agua potable). Asimismo, revisando los acuerdos de las diversas Cumbres Internacionales celebradas en los últimos años aparecen múltiples referencias a la necesidad de universalizar el acceso al agua potable”. (RODA; SÁNCHEZ, 1998).

Para el octavo punto ¿En qué se diferencia la calidad ecológica del agua, con la calidad del agua para consumo humano? Se obtuvo los siguientes resultados:

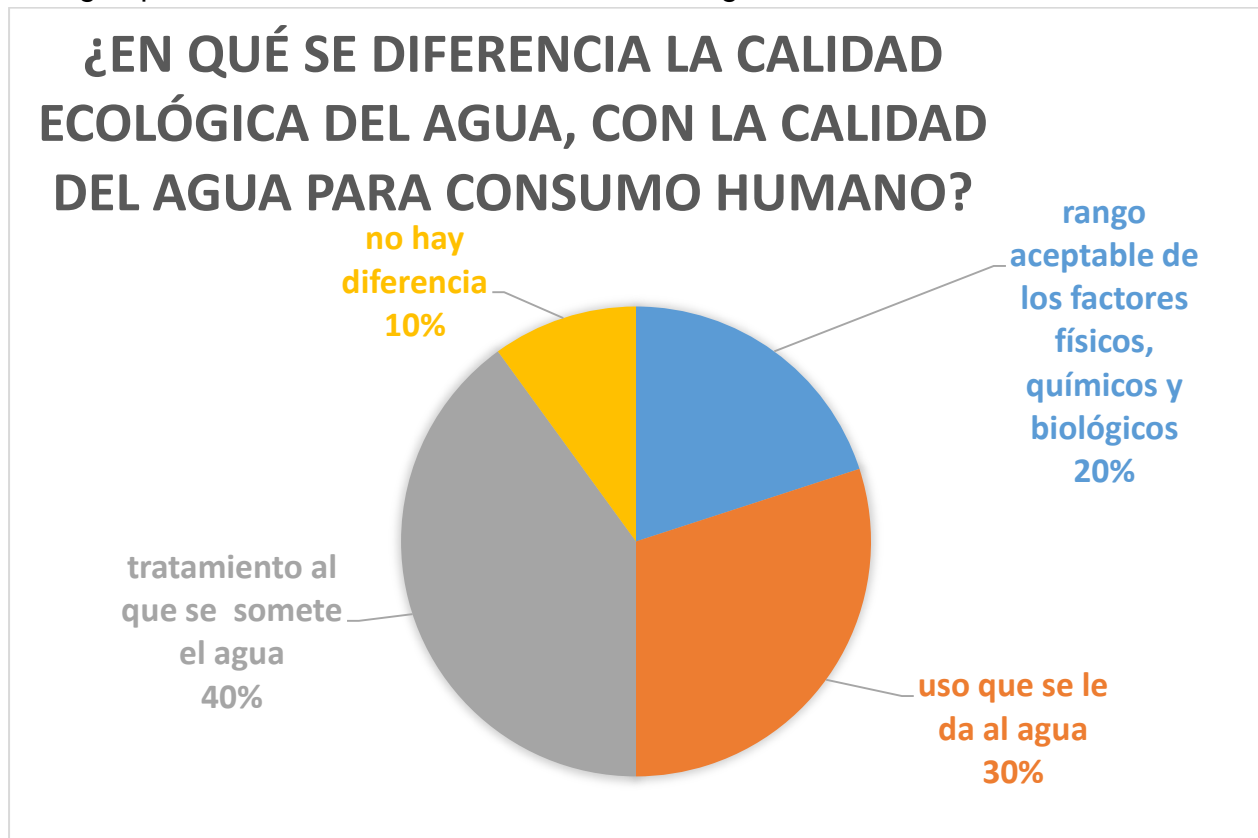


FIGURA 9 ¿EN QUÉ SE DIFERENCIA LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA, CON LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO?

Como se observa en la figura anterior, el grado de conocimiento frente al tema tiene muy buenas bases ya que aparte de los que consideran que el agua potable es igual al agua ecológica, las demás respuestas tiene mucha certeza puesto que una de las características principales de la diferencia de estos dos conceptos radica en el uso que se le da al agua, al tratamiento que el agua recibe para que los rangos de los parámetros medibles del agua se encuentren en un estado óptimo para el ser humano y los demás organismos.

Para ello cabe aclarar que al agua potable se le denomina al “agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales. Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono” (ROMERO, 2007).

Para el noveno punto ¿Es necesario medir todos los parámetros (físicos, químicos y biológicos) para determinar la calidad del agua? Se obtuvo los siguientes resultados:

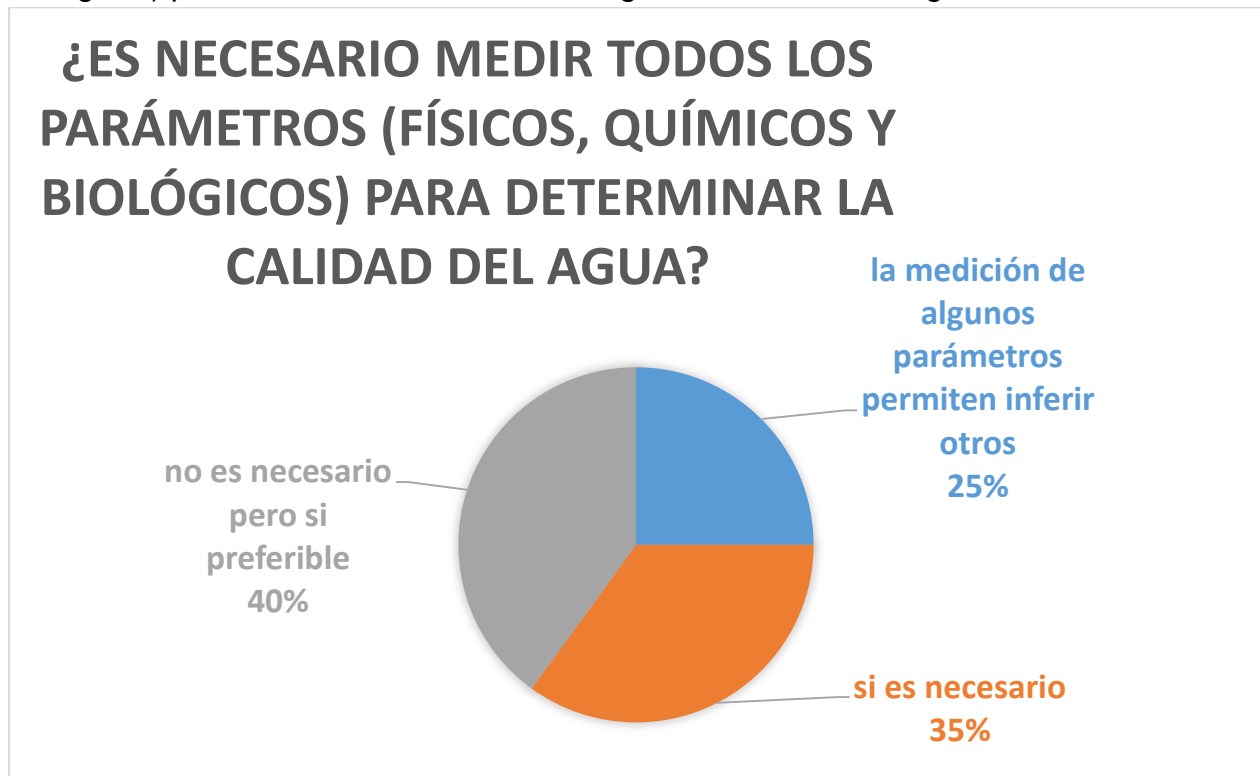


FIGURA 10 ¿ES NECESARIO MEDIR TODOS LOS PARÁMETROS (FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS) PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA?

Basados en la información brindada por la figura anterior se puede observar que las percepciones son divididas, si bien, cada una de estas percepciones podría ser válida ya que es posible inferir el estado de algunos parámetros utilizando los resultados de la medición de otros, sin embargo, esto solo es posible cuando el conocimiento de este tema es el suficiente para poder realizarlo, por otro lado se podría afirmar que para un estudio serio y riguroso, sea necesario medir la totalidad de los factores para obtener de esta forma unos resultados más exactos, sin embargo, se considera que solo es necesario medir los parámetros relevantes y que brinden información relevante frente al tema, pues hay parámetros que no afectan la intención del estudio en el caso de no obtener la información de los resultados de esos parámetros, por todo lo anterior, se podría considerar como satisfactorias las respuestas de los estudiantes.

Como se observa “En el caso de fuentes superficiales para ser usadas para consumo humano, la condición buena, regular o mala del agua “cruda”, se determina a partir del indicador ICA calculando las variables:

PH, Conductividad eléctrica, Turbiedad, Color, Coliformes fecales y totales, Sólidos suspendidos, Grasas y aceites, Cianuros, Metales pesados Y Nutrientes” (IDEAM. 2004). Esto nos muestra que no es estrictamente necesario realizar la medida de todos los parámetros del agua, que solo es necesario medir los que son relevantes y pertinentes para el estudio dependiendo del uso que pretenda dársele al agua.

Para el noveno punto ¿Qué contaminantes alteran la calidad del agua? Se obtuvo los siguientes resultados:

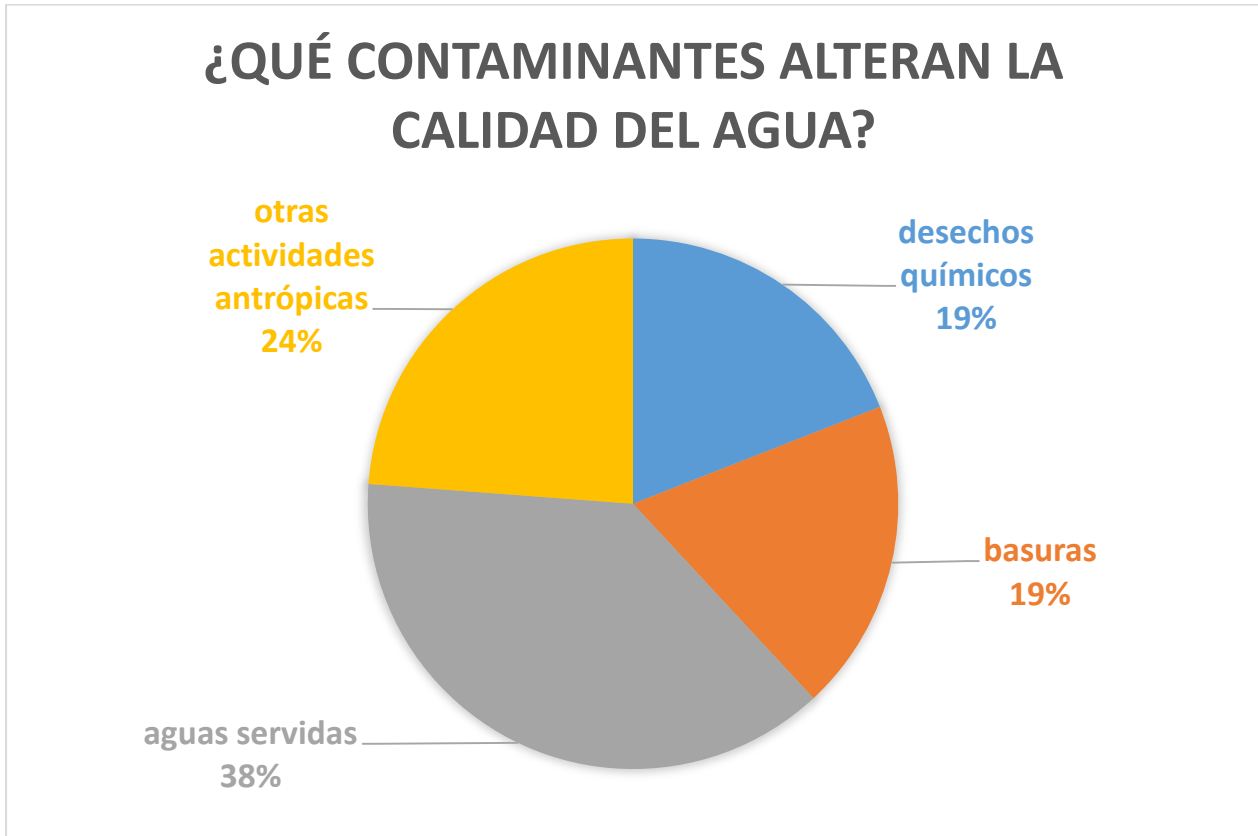


FIGURA 11 ¿QUÉ CONTAMINANTES ALTERAN LA CALIDAD DEL AGUA?

Basados en la figura anterior es posible inferir que aunque los estudiantes poseen una idea general y acertada de los contaminantes que alteran la calidad del agua, el hecho que los disgreguen o separen no permite la construcción de una percepción más completa, sin embargo, las percepciones de los estudiantes son válidas como veremos a continuación.

*Las sustancias presentes en el agua se pueden clasificar de acuerdo con sus características químicas, físicas o microbiológicas o según otras características asociadas con sus usos, funciones o condición física. Por lo tanto, es posible tener varios sistemas de clasificación. La clasificación recomendada por la Organización Mundial de la Salud OMS para los contaminantes es la siguiente:*

- *Contaminantes microbiológicos*
- *Contaminantes químicos (relacionados con la salud) o inorgánicos u orgánicos (excluidos los plaguicidas) o plaguicidas o desinfectantes y subproductos de la desinfección*

- *Contaminantes organolépticos. (SOLSONA, 2003).*

Con Las respuestas frente a los puntos de ideas previas, se observa que si bien la mayoría de estudiantes presentaron un grado de conocimiento y dominio del tema en algunos aspectos, otros estudiantes presentaron un desconocimiento total o algunas confusiones y dudas en algunos casos específicos como lo concerniente a lo que es la calidad ecológica del agua por citar un ejemplo.

Con esto queda claro que existe la necesidad de fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje frente a la temática de calidad ecológica del agua, es aquí donde se logra evidenciar la importancia de la elaboración y diseño de recursos que permitan la enseñanza de distintas temáticas, tales como el acuakit como recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad de agua.

Las anteriores preguntas se realizaron porque era necesario determinar el grado de conocimiento de los estudiantes frente a la temática calidad ecológica del agua para de esta formar poder fortalecer los puntos donde los estudiantes presenten falencias y brindarle así una mejor enseñanza frente al tema aprovechando sus conocimientos previos y de esta manera enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje y complementar los conocimientos de los estudiantes y abordar los que se consideraran necesarios.




**AFIANZAR EL TRABAJO EN GRUPO EN LOS ESTUDIANTES DE TERCER SEMESTRE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL SEDE BOGOTÁ POR MEDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ACUAKIT**

Luego de realizar el taller de ideas previas correspondiente a las 10 preguntas anteriores, los estudiantes se dispusieron a realizar los montajes en laboratorio de los protocolos para cada uno de los 4 parámetros (oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad), aquí los estudiantes conformaron grupos de trabajo para hacer dichos montajes, para ello se utilizaron los protocolos de (LONDOÑO; GIRALDO; GUTIÉRREZ, 2010) en el documento “métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua” dichos protocolos se podrán encontrar en los anexos de este trabajo.

Basándose en la observación de dicha actividad, se pudieron apreciar las dinámicas de trabajo de cada uno de los grupos, aquí los estudiantes presentaron dificultades en cuanto a su organización ya que no delegaban responsabilidades ni se apreciaba un claro orden a la hora de realizar el desarrollo de los protocolos, fue evidente que no entendieron lo que significa realizar un grupo de trabajo formal para buscar un fin común.

Es claro que la concepción de trabajo que tuvieron los estudiantes, fue la de grupo de carácter informal, al menos eso se pudo observar e inferir basado en las reacciones y acciones de los estudiantes dentro de dichos grupos de trabajo.

	
<p>Virguez, J. 2015. Fotografía 1</p>	<p>Virguez, J. 2015. Fotografía 2</p>
<p>Observación de resultados de los</p>	<p>Montaje de protocolos</p>

Aquí también se evidencio que una de las características más repetidas en los grupos de trabajo fue que uno o dos de los integrantes del grupo tomaba la iniciativa y se hacían cargo de todo lo concerniente al montaje y realización de las mediciones del parámetro que les correspondía, mientras que los demás integrantes del grupo se abstenían de participar y se limitaban a observar a sus compañeros. Adicionalmente a ello los tiempos que tardaba cada grupo en realizar las mediciones y obtener resultados era considerable, la actividad se desarrolló en una clase en el laboratorio de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, esta clase contaba con 3 horas de las cuales media hora se invirtió en la explicación del orden de la clase, actividad de ideas previas y la preparación para el montaje de los protocolos, luego de esto, la siguiente hora y media fue usada por los estudiantes para realizar las mediciones y los montajes con los protocolos de los parámetros (oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad) en el agua. Al finalizar esta parte, los grupos comentaron los resultados obtenidos con las mediciones.

Luego de esto, se hizo la presentación de los acuakit y se explicó la actividad que se desarrollaría a continuación, en esta actividad, se les dio un acuakit a cada grupo (en total 4 grupos, un acuakit para cada uno de los grupos ya conformados) y se les pidió a los estudiantes realizar nuevamente las mediciones de dichos parámetros en el agua. Con ello se pudo evidenciar un notorio cambio en la actitud de los estudiantes, esto, debido estar utilizando una metodología de trabajo distinta a los montajes que habían realizado previamente, y porque estos acuakit presentaban una mayor facilidad en cuanto a la manipulación y porque su metodología se percibía más entendible en comparación a los protocolos, todo esto basado en las confesiones de los estudiantes y sus apreciaciones y valoración del acuakit.

Además los estudiantes no solo se interesaron más por la actividad, sino que se pudo observar como cada integrante del grupo se atrevió a realizar las mediciones, adicional a ello, los estudiantes intercambiaron los acuakit o se dirigían a otros grupo con la intención de poder utilizar los demás acuakit, incluso algunos de los estudiantes les explicaban a sus demás compañeros de otros grupos cómo utilizar determinado acuakit, compartían no solo el recurso acuakit, también compartían sus experiencias con el fin de facilitar y mejorar la experiencia de sus demás compañeros de otros grupos de trabajo, al finalizar la actividad, nuevamente los grupos expusieron y compartieron los resultados al igual que en los montajes de los protocolos en la actividad anterior.

También se pudo evidenciar un cambio en la percepción de los estudiantes frente a lo que es un grupo de trabajo y a su intención ya que “los grupos no se crean con la intención de reducir el trabajo individual, sino para potenciarlo bajo determinadas condiciones. Se forman para cumplir con objetivos concretos que se logran más fácilmente con el trabajo conjunto, si existe tiempo suficiente para realizar un intercambio adecuado, debatir y compartir ideas, para solucionar problemas con



Virguez, J. 2015. Fotografía 3

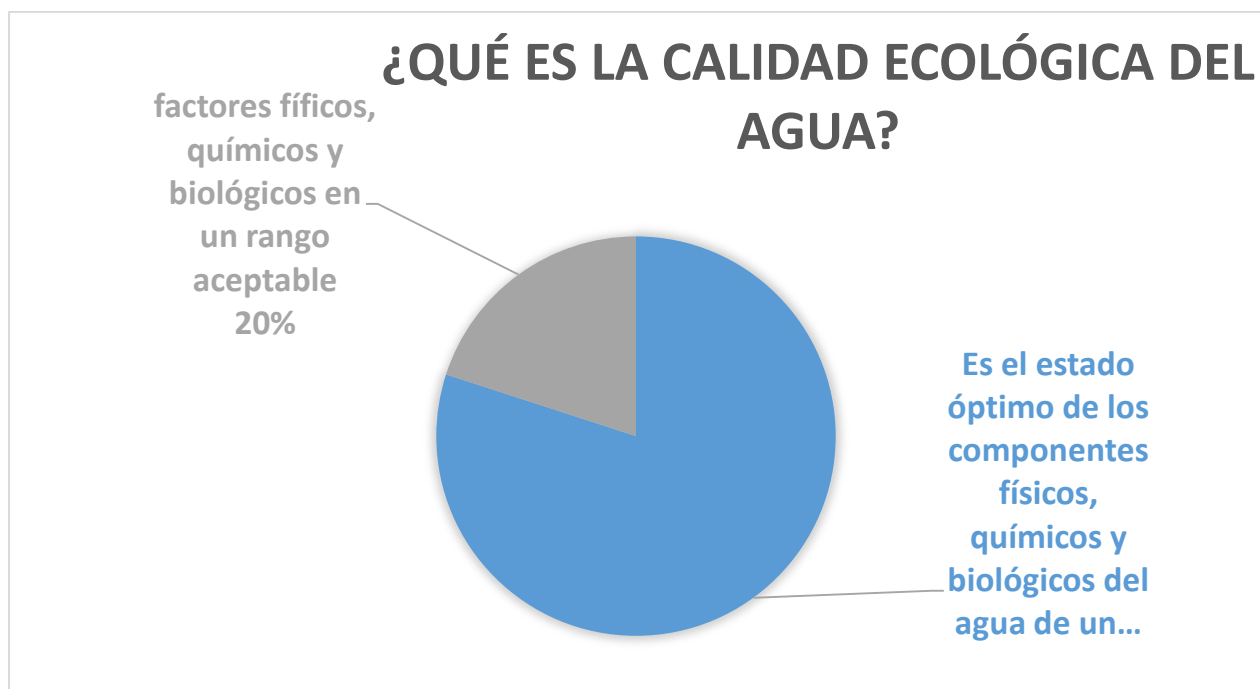


Virguez, J. 2015. Fotografía 4

determinadas técnicas, si los miembros potenciales presentan el nivel de calificación técnica adecuado, si poseen capacidad de relación interpersonal, así como las habilidades administrativas y para la comunicación necesaria” (GOMEZ; ACOSTA, 2003).

Con lo anterior se evidencia que se logra afianzar el trabajo en grupo y mejorar las dinámicas y percepciones de los estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá sobre lo que es el trabajo grupal. Con ello se puede dar por abordado el objetivo concerniente a “Afianzar el trabajo en grupo en los estudiantes de tercer semestre del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional”. También se logra mejorar la comprensión de los estudiantes frente a la temática de la calidad ecológica del agua ya que al haber encontrado las falencias de los estudiantes luego del taller de ideas previas, se pudo fortalecer y aumentar el grado de conocimiento de los estudiantes frente a dicho tema.

Este cambio del conocimiento de los estudiantes se pudo percibir pues al finalizar la actividad con los acuakit, se les pidió a los estudiantes volver a contestar la pregunta número 7 correspondiente a ¿Qué es calidad ecológica del agua? Obteniendo los siguientes resultados:



FIGUR 12 ¿QUÉ ES LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA?

Con ello se evidencia que realmente existió una mejoría por parte de los 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá frente al concepto calidad ecológica del agua ya que se consiguió erradicar el porcentaje de desconocimiento y aumentar el porcentaje de estudiantes con una concepción más completa del concepto, en este sentido, podría decirse que el acuakit como recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua tiene un considerable impacto y permite lograr aumentar el grado de conocimiento de los estudiantes frente a dicho concepto.

A continuación se presentan las apreciaciones de los estudiantes frente a la utilización del acuakit en su proceso de prueba e implementación del mismo:

Como ventajas del acuakit los estudiantes tuvieron las siguientes apreciaciones:

- El acuakit brinda una mayor manipulabilidad y portabilidad debido a su tamaño.
- Permite realizar mediciones en campo y de una forma más rápida y entendible.
- Los pasos y procedimientos al igual que las fórmulas de los protocolos adaptados a los acuakit brindan una mayor claridad de los resultados obtenidos.
- La obtención de resultados y el procedimiento es mucho más rápido en comparación a los montajes en laboratorios.
- La rapidez que brinda el acuakit permite que todos los estudiantes puedan realizar las 4 mediciones de los parámetros de los 4 acuakit y no solo se limitan a conformar grupos para abordar cada parámetro por separado.

Como desventajas del acuakit los estudiantes tuvieron las siguientes apreciaciones:

- Falta de rótulos o etiquetas de cada uno de los recipientes con reactivos

Como se observa en las apreciaciones de los estudiantes, si bien el acuakit presenta gran variedad de ventajas motivo por el cual los estudiantes consideran viable y necesaria la implementación del acuakit en las salidas de campo del departamento de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, debido a que los acuakit no presentaban el rotulado y etiquetas necesarias, se dificultó inicialmente el manejo de este por lo que las consideraciones y recomendaciones de los estudiantes fue la necesidad de rotular y etiquetar cada acuakit con sus respectivos reactivos

Adicional a esto, previamente se logró observar que las microburetas de estos acuakit se encontraban mal calibradas posiblemente por la fase de lavado a la que fueron sometidas, por ello, y para una mayor confiabilidad, se decidió remplazar las microburetas por jeringas de 3 cm<sup>3</sup>, para una mayor confiabilidad se realizó la medición



con micropipetas y se comparó las gotas tanto de las microburetas como de las jeringas y se halló que son iguales en cantidad. Además, las jeringas presentan una ventaja y es que muestra en mililitros la cantidad de titulante gastado facilitando de esta forma la solución de la fórmula del protocolo del acuakit permitiendo entender mucho mejor los resultados obtenidos.

Por otro lado, la valoración de los estudiantes frente a la construcción de los acuakit como recurso didáctico para la enseñanza del concepto calidad ecológica del agua refleja la intención y el deseo por parte de los estudiantes de acceder a recursos que les permitan aproximarse al conocimiento de una manera más experiencial, en este caso, experiencias frente a la temática de calidad de agua y medición de parámetros físico-químicos de esta.

### **ENRIQUECER LOS ESPACIOS EXPERIENCIALES COMO LAS SALIDAS DE CAMPO DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA QUE PERMITAN LA COMPRESIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA.**

*“Las salidas de campo rompen con la rutina habitual de las clases y trasladan el aprendizaje y el conocimiento al mundo real, por lo que son muy motivadoras para el alumnado. Mejora el aprendizaje al facilitar la adquisición de habilidades y al relacionar los aprendizajes con su aplicación inmediata para explicar la realidad. Contribuyen a la educación ambiental del alumnado fomentando una conciencia de protección y de uso sostenible del medio natural. Permite la formación científica del alumnado al posibilitar el desarrollo de técnicas y estrategias características de las tareas científicas, como son la observación, el análisis y el descubrimiento en el medio natural” (LÓPEZ, J. 2000).*

Para la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, las salidas de campo se han consolidado como un espacio de formación con gran importancia, por ello, durante toda la carrera se han establecido distintas salidas a lugares diferentes, unas con una duración más extensa que otras, cada una de dichas

salidas poseen una gran importancia en las distintas etapas de la formación de los estudiantes de dicha carrera.

Sin embargo, pese a la importancia de estas salidas de campo en la formación docente de los estudiantes, en ocasiones, dichas salidas no se pueden aprovechar al máximo debido a que la licenciatura en biología no cuenta con los suficientes recursos para atender totalmente el 100% de las necesidades de las salidas pedagógicas y de sus estudiantes, ejemplo de ello es la limitada cantidad de kits de Merck en buen estado con los que se cuenta, pues algunos de estos kits no se cuentan en un estado óptimo, por esta razón, se hace importante el desarrollo, adquisición o diseño de más, o nuevos recursos que permitan aprovechar al máximo estos espacios en campo.

Es por esta necesidad que enriquecer los espacios experienciales como las salidas de campo del Departamento de Biología cobra fuerza, y con la elaboración de los acuakit se pretende enriquecer las salidas de campo y de paso brindarles más recursos a los estudiantes permitiendo que de esta forma consigan un acercamiento más experiencial al conocimiento y en especial al concepto calidad del agua.

Posterior a la implementación de los acuakit con los 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá y de realizar las mejoras sugeridas por los estudiantes para los acuakit, se procedió a implementar los acuakit y ponerlos a prueba en 2 salidas de campo, una con estudiantes de tercer semestre y otra con estudiantes de sexto semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá.

Las apreciaciones de ello se realizaron a través de la observación del uso de los acuakit por parte de los estudiantes, así como de su valoración frente a los acuakit. En la primer salida de campo que se probaron los acuakit fue en la salida de los estudiantes de sexto semestre, aquí los estudiantes presentaron una serie de dificultades en el manejo uno de los acuakit (más exactamente el de oxígeno disuelto) debido a que uno de sus reactivos (solución de almidón) se había deteriorado impidiendo que la muestra de agua virara de color al adicionarlo, pese a ello, los demás acuakit funcionaron satisfactoriamente permitiéndoles realizar las mediciones necesarias para atender las necesidades de las especificaciones de sus actividades durante la salida.

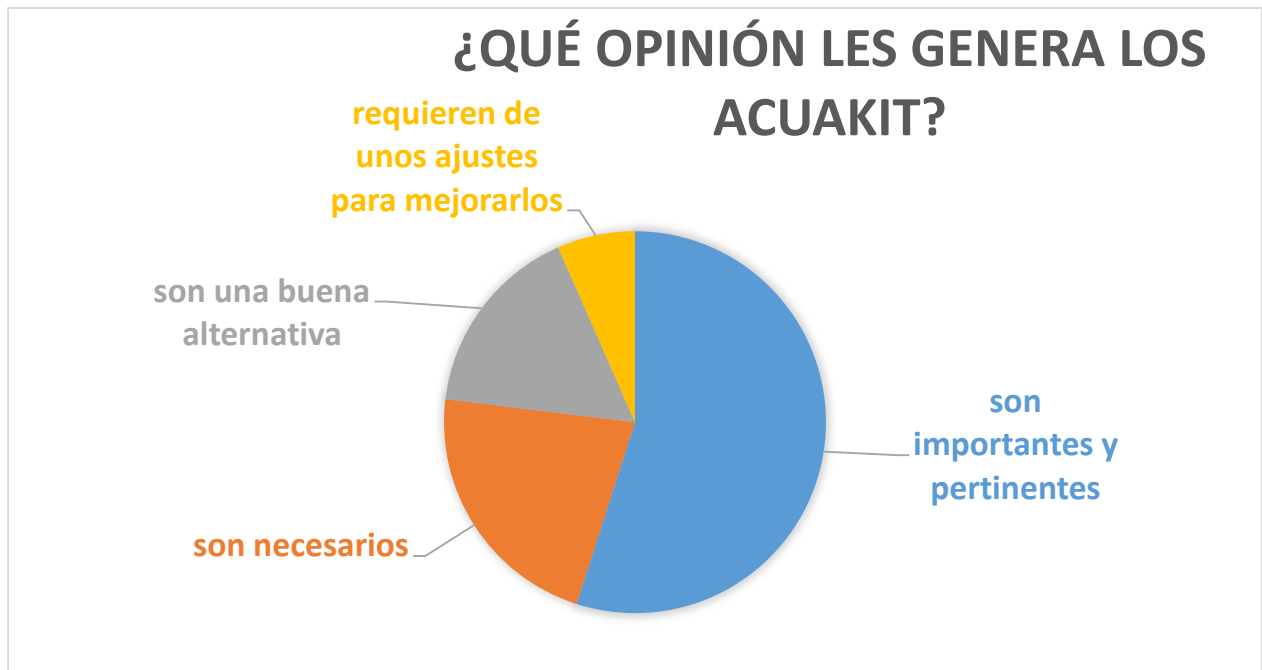


FIGURA 13 ¿QUÉ OPINIÓN LES GENERA LOS ACUAKIT? PRIMERA SALIDA DE CAMPO

Debido a que las salidas de campo cuentan con protocolos de actividades en los que se interrelacionan las distintas áreas que se dictan durante cada semestre, se consideró que la utilización de estas actividades programadas por otros (docentes de la Licenciatura en Biología) no era pertinente ni correcta, por ello, se limitó a la observación del manejo y la manipulación de los estudiantes frente a los acuakit.

Ya en la segunda salida, la correspondiente a los estudiantes de tercer semestre, se observó de igual forma el manejo y el uso de los acuakit por parte de los estudiantes, en esta ocasión, los estudiantes no presentaron ninguna dificultad a la hora de realizar las mediciones, el hecho de que no hayan presentado ninguna dificultad a la hora de implementar los acuakit puede deberse a que los acuakit ya habían sido revisados y se les había hecho las adecuaciones necesarias vistas en la salida de campo anterior y a que los estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología ya conocían los acuakit debido a que con ellos se había sometido el recurso a prueba para evidenciar su correcto funcionamiento, por lo que ya conocían un poco más el funcionamiento y el correcto manejo de dichos acuakit.



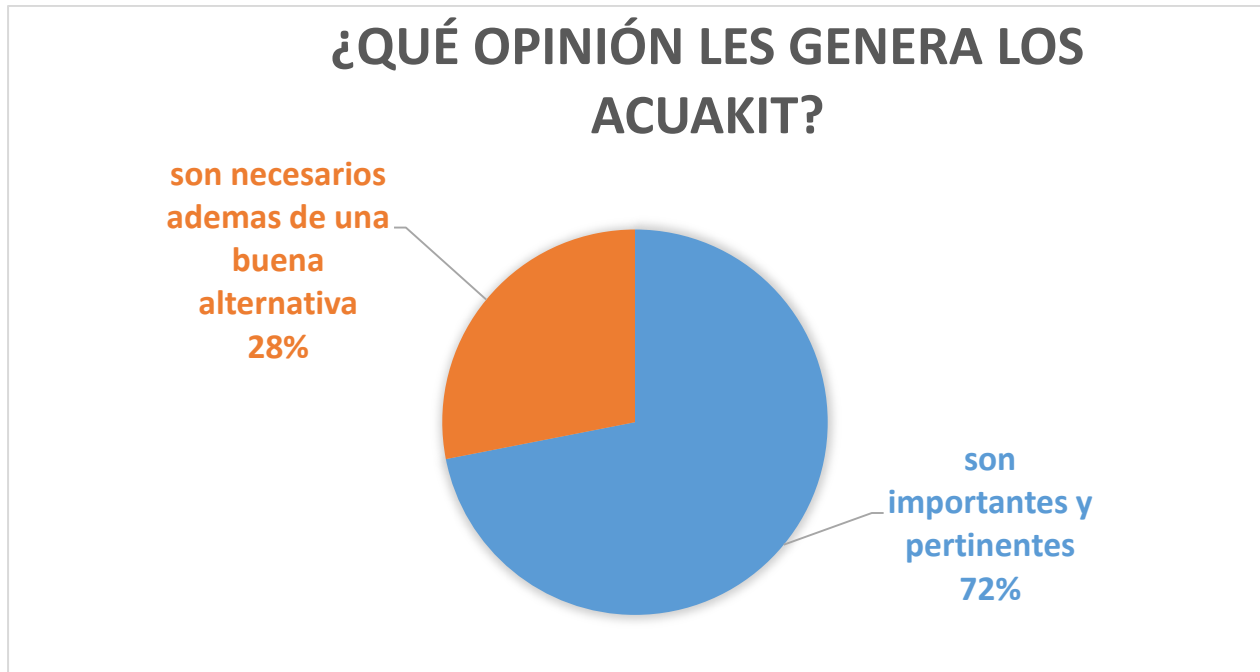


FIGURA 14 ¿QUÉ OPINION LES GENERA LOS ACUAKIT? SEGUNDA SALIDA DE CAMPO

Con lo anterior, y basándose en las gráficas se puede evidenciar que la consideración de los estudiantes frente a la implementación de los acuakit son positivas y consideran importante y pertinente, así como necesario el diseño de recursos que permitan la enseñanza de temáticas como la calidad ecológica del agua, del mismo modo se logra apreciar que su implementación es una experiencia enriquecedora y una buena alternativa frente a la necesidad de recursos que les permitan una aproximación de carácter experiencial.

## CONCLUSIONES

A manera de conclusiones, con el desarrollo de este trabajo y su implementación se puede concluir que:

- Ya que el proceso de adaptación y ajuste de protocolos de análisis de agua para los acuakit se debe basar en protocolos estandarizados y aceptados a nivel mundial se hace necesario recurrir a los propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA los cuales tienen la aceptación de la comunidad científica en general, este proceso de ajuste de los protocolos para los acuakit requiere de un cuidadoso estudio y un constante trabajo de revisión, así como de experimentación y prueba, por lo que la supervisión y colaboración de personas conocedoras del tema es de vital

importancia. es por ello que este proceso es tan importante puesto que es aquí donde se tiene que buscar el mayor grado de exactitud entre los resultados arrojados por las mediciones con los protocolos y los ajustes para los acuakit, tratando así de que el rango de error sea el mínimo posible.

- Debido a que los acuakit van dirigidos a estudiantes, la forma en que la metodología de estos se presenta debe ser clara y entendible para que de esta forma se facilite y enriquezca la experiencia de los estudiantes a la hora de utilizar estos recursos.
- El enriquecimiento de espacios experienciales dentro del Departamento de Biología que faciliten la comprensión del concepto de calidad ecológica del agua es ya una necesidad visible debido a que si bien la licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá-Colombia cuenta con espacios como salidas de campo, estos no se están aprovechando al máximo debido a que por distintos factores los estudiantes no acceden a los recursos que contribuyan en su formación y enriquezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje tal cual como se observó y se pudo apreciar a lo largo de la carrera y a las confesiones de distintos estudiantes de los semestres del ciclo de fundamentación, es por ello que la creación de los acuakit como recurso didáctico para la enseñanza del concepto calidad ecológica del agua toma importancia ya que las características de estos acuakit genera en los estudiantes tanto el interés como la confianza y seguridad de estar manipulando un recurso que no genera miedo por su delicadeza o su valor, puesto que los acuakit son recursos hechos para trabajarse en campo por lo que su manipulación y resistencia debe ser relativamente alta, del mismo modo el costo que demanda un acuakit en cuanto a la preparación de reactivos es relativamente bajo en comparación a la delicadeza y costo de recursos electrónicos como los oxigenómetros y PH-metros.
- La replicación en campo de procesos que generalmente han estado ligados a laboratorios presenta una gran posibilidad para el maestro a la hora de abordar un tema como lo es la calidad del agua, ya que en campo surgen muchos interrogantes que no se contestan debido a que mucho de este trabajo de campo se pierde cuando se espera para realizar el trabajo en laboratorio, por lo tanto, el poder experimentar y trabajar en campo de forma directa permitirá abordar cada interrogante a medida que estos surjan propiciando un mayor aprendizaje y un mayor entendimiento de los temas. Por ello, la elaboración e implementación de los acuakit se hace necesaria ya que permite aprovechar y recuperar en cierta medida recursos que han perdido su utilidad como los kits de Merck para aguas

que llevan varios años al servicio de la universidad y que por cuestiones de antigüedad han perdido su vida útil.

- La simple elaboración de recursos que le permitan al estudiante experimentar en campo de forma más directa, vivencial y tangible el conocimiento, presenta ya de por sí un enriquecimiento en cuanto a las salidas de campo ya que de esta forma se logra aprovechar todas las ventajas que brindan las salidas de campo en cuanto al abordaje de temáticas y a la facilidad de permitirle tanto al estudiante como al docente aclarar dudas que van surgiendo por el camino.
- En cuanto al afianzamiento del trabajo en grupo, esto se logró gracias a las características de los acuakit, al ser recursos que trabajan un parámetro físico-químico a la vez y por separado es necesario que los estudiantes que los usan deban organizar grupos de trabajo, compartir resultados e incluso las experiencias que vayan teniendo con estos acuakit, tal y como se presentó durante la aplicación de los acuakit en la muestra de 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá, con ello puede darse por abordado y cumplido el objetivo de fortalecer el trabajo en grupo ya que los estudiantes manifestaron y expresaron una mayor colaboración interna en cada grupo e inclusive con los demás grupos.
- El efecto que tiene el Acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje del concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional es el efecto de un recurso facilitador y potenciador en el proceso de enseñanza ya que los acuakit brindan la posibilidad al docente de abordar la temática de la calidad ecológica del agua de una manera más práctica y fuera de lo convencional, permite abordar en campo el tema calidad ecológica del agua lo que contribuye en el proceso de enseñanza ya que permite aclarar de forma inmediata y experiencial las dudas que surgen. Por ello, la pregunta ¿Cómo influye la implementación de acuakit como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de concepto calidad ecológica del agua en estudiantes de tercer semestre de licenciatura en biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá? Se contesta en la medida en que los estudiantes valoran y exaltan la importancia y pertinencia del acuakit como recurso mediador que fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje frente al concepto calidad ecológica del agua. Además si se tiene en cuenta que la simple implementación de un recurso didáctico en una clase genera ya de por sí alguna influencia, sea esta de carácter positivo o negativo

- El poder implementar los acuakit y utilizarlos como recursos didácticos para la enseñanza genera el efecto de un mayor interés por parte de los estudiantes frente a una metodología nueva y de carácter experiencial, una metodología más tangible que seduce y cautiva al estudiante, adicionalmente genera en el estudiante un efecto de confianza y pérdida de miedo frente a la manipulación de recursos que contribuyen y enriquecen su proceso de aprendizaje.
- La elaboración de este trabajo, fortalece la labor docente frente al tema de calidad ecológica del agua ya que para su realización se requirió de una constante revisión y estudio de documentos frente al tema, esta preparación se hace vital y necesaria a la hora de abordar esta temática, por lo tanto, se puede concluir que el docente debe estar en una continua preparación y actualización de sus conocimientos y destrezas ya que de él mismo depende en gran medida la comprensión de los estudiantes frente a la temática que se esté abordando.
- El proceso de estudio y revisión de documentos por parte del docente permite seleccionar el contenido y los conocimientos pertinentes y necesarios a la hora de abordar un tema, es por ello que la labor docente es de vital importancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje, por ello, la dedicación y compromiso por parte de los docentes, es primordial a la hora de enseñar y de brindar una educación de calidad.
- Al hacer énfasis en las características del acuakit frente a los kits de Merck, no se pretende desmeritar estos kits, ni tampoco decir si uno es mejor que otro, tampoco sobrevalorar los acuakit por encima de otras metodologías, simplemente se pretende mostrar las cualidades que los acuakit presentan ya que han sido diseñados como recursos didácticos enfocados a la enseñanza aprendizaje de una temática y que en su elaboración se realizaron modificaciones con la intención de hacerlos más entendibles por los estudiantes. Pues cabe aclarar que la importancia o el valor de un recurso, no lo da el mismo recurso sino la o las personas que lo usan y la intencionalidad de estas a la hora de hacerlo.

## **RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones se plantea lo siguiente:

- Se recomienda que previo a la utilización de los acuakit se realice una revisión de los protocolos en los cuales se han basado los acuakit, con la intención de orientar, explicar los procedimientos que se van a llevar a cabo y así brindarle una experiencia más agradable y entendible a quién lo implemente.

- La revisión de este trabajo es necesaria para verificar procesos y procedimientos, así como también para volver a preparar los reactivos necesarios para cada acuakit, ya que dentro del trabajo se encuentra de manera explícita y detallada los pasos para la preparación de la o las sustancias necesarias.
- Continuar la labor de recuperar recursos necesarios para la licenciatura en Biología de la UPN sede Bogotá es necesario ya que esto contribuirá al enriquecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje y propiciará un acercamiento más vívido y tangible al conocimiento, por lo tanto, sería interesante seguir aprovechando los kits de Merck para aguas que se encuentran obsoletos por antigüedad y continuar el proceso de adaptación de protocolos para elaborar más acuakit y de esta forma ampliar el número de parámetros que se puedan medir en campo y por ende ampliando la concepción de la calidad del agua que se desee estudiar ya que de esta forma se obtendrán más resultados lo que permitirá que los análisis de estos sean mucho más acertados y brinden una panorámica más amplia de la calidad del agua.
- Espacios como las salidas de campo se deben aprovechar implementando en ellas todos los recursos posibles que permitan facilitar el proceso de enseñanza así como la comprensión de los estudiantes frente a temas que se pueden abordar en dichas salidas, debe y es necesario hacer uso de recursos didácticos como los acuakit para permitirle a los estudiantes acercarse al conocimiento de una manera más experiencial y vivida ya que esto propiciará un mayor interés por parte del estudiantes, así como una mayor facilidad en la apropiación del conocimiento.
- También es necesario que los estudiantes empiecen a perder el miedo frente al manejo de recursos e instrumentos que muchas veces se limitan solo al uso de estos solo por parte de docentes o de personas autorizadas, estos acuakit permiten que todos puedan utilizarlo ya que no es un material delicado y que por ende no va a generar rechazo por parte de los estudiantes.

## REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition.
- APARICI, R. Y GARCÍA, A. 1988. El material didáctico de la UNED. Madrid: ICE-UNED.
- ARGUETA, M. 2008. Recursos didácticos, motivación y rendimiento académico” un estudio cuasi-experimental con estudiantes que cursan la asignatura de salud y nutrición de la universidad pedagógica nacional Francisco Morazán, de Tegucigalpa MCD. Honduras. Extraído el 12 de abril del 2015 desde: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Recursos-Didacticos-Motivacion-y-Rendimiento-Academico/72209488.html>
- AUSBEL, D. 1983. Significado y Aprendizaje Significativo. Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Trillas, México. Extraído el 10 de Enero del 2016 desde [http://www.arnaldomartinez.net/docencia\\_universitaria/ausubel02.pdf](http://www.arnaldomartinez.net/docencia_universitaria/ausubel02.pdf)
- BOJACÁ, R. 2005. PSO determinación de alcalinidad por potenciometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - República de Colombia. Extraído el 10 de Enero del 2016 desde: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+po+r+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>
- Bonilla, E; Rodríguez, P. 2007. Más allá de los métodos. La investigación en ciencias sociales. Editorial Norma. Colombia. 1997. Extraído el 12 de enero del 2016 desde <http://es.scribd.com/doc/26062421/Mas-alla-del-dilema-de-los-metodos#scribd>
- BUELTA, A; MARTINEZ, R. 2011. Guía básica de control de calidad de agua. Extraído el 10 de Diciembre del 2015 desde <http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
- CONDORCHEM ENVITECH. 2010. Historia sobre el tratamiento del agua potable. Extraído el 28 de Mayo del 2015 desde <http://blog.condorchem.com/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/>
- Creswell, J; Plano C. (2007). Designing and conducting Mixed Methods research. Thousand Oaks, CA: Sage. doi:10.1177/1558689807306132. Extraído el 28 de Enero del 2016 desde [http://sripatum-review.spu.ac.th/doc/51\\_31-07-2014\\_11-50-41.pdf](http://sripatum-review.spu.ac.th/doc/51_31-07-2014_11-50-41.pdf)
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Extraído el 13 de Abril del 2015 desde

<http://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh15/medioambiente/Documents/DIRECTIVA%20MARCO%20AGUA.pdf>

- DONOHOE, M. 2003. Causes and health consequences of environmental degradation and social injustice. *Social Science & Medicine*. Extraído el 15 de Junio del 2015 desde <http://phsj.org/wp-content/uploads/2007/10/env-deg-soc-injustice-soc-sci-med.pdf>
- ECHARRI, L. 2007. La tierra como ecosistema. Universidad de Navarra. Extraído el 8 de Enero del 2016 desde: <file:///C:/Users/JHON%C3%89/Downloads/Tema%203%20Ecosistema%2007.pdf>
- FIGUEROA, R. ARAYA, E. PARRA, O. VALDOVINOS, C. 2000.- *Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de calidad de agua*. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile. Extraído el 24 de mayo del 2015 desde [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2003000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2003000200012&script=sci_arttext)
- GAITÁN, M. 2004. Determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico modificación de azida. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - República de Colombia. Extraído el 24 de Mayo del 2015 desde <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>
- GARCÍA, M. BOTERO, A. QUIROGA, F. ROBLES, E. 2012. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Extraído el 12 de Abril del 2015 desde [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
- GUEVARA, A. 1996. Control de calidad del agua, métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>
- HAHN-VONHESSBERG, C; TORO, D; QUINTERO, A; QUINTERO, G; URIBE, L. 2009. Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, municipio de Palestina, Colombia. Extraído el 12 de abril del 2015 desde [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682009000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682009000200007&script=sci_arttext)
- HUNGERFORD, H. Y PEYTON, R. 1992. Cómo construir un programa de educación ambiental. Madrid: Los libros de la Catarata.



- IDEAM. 2014. Estudio Nacional del Agua. Extraído el 12 de Mayo del 2015 desde [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf)
- INVEMAR. 2003. manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos). Extraído el 12 de Abril del 2015 desde <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>
- JARAMILLO LONDOÑO, Juan Carlos. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. En: Revista Ingenierías. Diciembre, 2002, vol. 1. no. 1, p. 93-98.
- LONDOÑO. A, GIRALDO. G, GUTIÉRREZ. A. 2010. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Extraído el 25 de Agosto del 2015 desde <http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- LÓPEZ, J. 2000. Las salidas de campo: mucho más que una excursión. IES Ramón Arcas Meca, Lorca. Extraído el 15 de diciembre desde: [http://www.educarm.es/documents/246424/461842/22\\_salidasdecampo.pdf/515ab5bb-876a-4541-b5de-b5f23b103e1a](http://www.educarm.es/documents/246424/461842/22_salidasdecampo.pdf/515ab5bb-876a-4541-b5de-b5f23b103e1a)
- MARQUEZ, G., 1996.- Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Santafé de Bogotá. Extraído el 18 de diciembre del 2015 desde [https://www.researchgate.net/publication/44338008\\_Ecosistemas\\_estrategicos\\_y\\_otros\\_estudios\\_de\\_ecologia\\_ambiental\\_German\\_Marquez\\_Calle](https://www.researchgate.net/publication/44338008_Ecosistemas_estrategicos_y_otros_estudios_de_ecologia_ambiental_German_Marquez_Calle)
- MARTINEZ, L. 2007. La Observación y el Diario de Campo en la Definición de un Tema de Investigación. Extraído el 12 de Enero del 2016 desde [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401121/diario\\_de\\_campo.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401121/diario_de_campo.pdf)
- MARTÍNEZ, V. BENETTI, P. REINOSO, P. 2003. El concepto de educación ambiental y su enseñanza en educadores y ambientalistas participantes de un curso sobre el tema. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. Paraná, Entre Ríos. Argentina. Extraído el 20 de Mayo del 2015 desde [http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%207/rca\\_7\\_1\\_pdf/101\\_105.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%207/rca_7_1_pdf/101_105.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. diagnóstico nacional de salud ambiental. Extraído el 30 de Mayo del 2015 desde



<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

- OROZCO, C. PÉREZ, A. GONZÁLES, M. RODRÍGUEZ, F. ALFAYATE, J. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la química..., tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.
- Organización Mundial de la Salud. 2006. Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Extraído el 5 de Junio del 2015 desde [http://apps.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full1\\_lowres.pdf?ua=1](http://apps.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full1_lowres.pdf?ua=1)
- ORREGO, N., LONDOÑO, F. & ROJAS, E. 1999. Manejo eficiente del recurso hídrico en las microcuencas. Tesis: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de recursos naturales y Medio Ambiente, Manizales.
- PEREIRA, Z. 2011. Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. Revista Electrónica Educare Vol. XV, N° 1. Centro de Investigación y Docencia en Educación. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. Extraído el 10 de Enero del 2016 desde [file:///C:/Users/JHON%C3%89/Downloads/Dialnet-LosDisenosDeMetodoMixtoEnLaInvestigacionEnEducacio-3683544%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JHON%C3%89/Downloads/Dialnet-LosDisenosDeMetodoMixtoEnLaInvestigacionEnEducacio-3683544%20(1).pdf)
- RODA, V. SÁNCHEZ, M. 1998. ¿Qué saben los alumnos de secundaria sobre la potabilización del agua? elaboración de un cuestionario. Universidad de Zaragoza. Extraído el 10 de Noviembre del 2015 desde <http://ruc.udc.es/bitstream/2183/10870/1/CC%2050%20art%2032.pdf>
- Rodríguez, C. 2007. Dureza total en agua con EDTA por volumetría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. Extraído el 22 de Marzo del 2015 desde <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2000. 170 p.
- ROMERO, M. 2007. tratamientos utilizados en potabilización de agua. Universidad Rafael Landívar. Extraído el 12 de diciembre del 2015 desde: <file:///C:/Users/JHON%C3%89/Desktop/AGUA%20POTABLE.pdf>

- RUIZ, N. ESCOBAR, Y. ESCOBAR, J. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Extraído el 20 de mayo del 2015 desde [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019)
- SOLSONA, F. 2003. Guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental Organización Panamericana de la Salud Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Extraído el 10 de Noviembre del 2015 desde <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/escuelas/escuelas.pdf>
- Tashakkori, A. y Teddlie, C. [Eds.]. (2003). Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research [Manual de métodos mixtos en investigación social y del comportamiento]. Thousand Oaks: Sage Publications. Recuperado de [http://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=F8BFOM8DCKoC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Handbook+of+mixed+methods+in+social+%26+behavioral+research&ots=gSiQBBqzNk&sig=nFDTw4B3zKb-\\_kP56vBzwZEEvC8 - v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=F8BFOM8DCKoC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Handbook+of+mixed+methods+in+social+%26+behavioral+research&ots=gSiQBBqzNk&sig=nFDTw4B3zKb-_kP56vBzwZEEvC8 - v=onepage&q&f=false)
- TORRES, P; CRUZ, C y PATIÑO, P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. En: Revista de Ingenierías Universidad de Medellín.

## ANEXOS

### AJUSTE DE REACTIVOS DE PROTOCOLOS ESTANDAR PARA LOS ACUAKIT

A continuación se presenta el ajuste realizado a cada protocolo en cuanto a las cantidades de reactivos necesarios para los acuakit, esto con el fin de disminuir el gasto innecesario de reactivos y preparar solo las cantidades necesarias.

Los resultados obtenidos durante la fase de laboratorio para la adaptación de los protocolos propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA con el fin de ajustarlos a los acuakit fueron organizados de la siguiente manera:

Para **OXÍGENO DISUELTO** se realizaron los siguientes ajustes de dichos protocolos para la reducción de cantidades:

### **REACTIVOS (PROTOCOLOS DE STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER Y APHA)**

♦ **Solución de sulfato manganoso.** Disolver 480 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 400 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , o 364 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, filtrar y diluir a 1 L. Cuando se adicione la solución de  $\text{MnSO}_4$  a una solución acidificada de yoduro de potasio (KI), no debe producir color con el indicador de almidón.

♦ **Reactivo álcali-yoduro-azida.** - Para muestras saturadas o sin saturar. Disolver 500 g de NaOH (o 700 g de KOH) y 135 g de NaI (o 150 g de KI) en agua destilada y diluir a 1 L. Agregar 10 g de  $\text{NaN}_3$  disuelto en 40 mL de agua destilada. Las sales de potasio y de sodio pueden usarse alternadamente. Cuando se diluya y acidifique, el reactivo no debe dar color con la solución de almidón. - Para muestras supersaturadas. Disolver 10 g de  $\text{NaN}_3$  en 500 mL de agua destilada. Agregar 480 g de hidróxido de sodio (NaOH) y 750 g de yoduro de sodio (NaI), y agitar hasta disolver. Puede presentarse turbidez blanca debido al carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), pero esto no es perjudicial.

♦ **Ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , concentrado.** 1 mL de este reactivo es equivalente a aproximadamente 3 mL del reactivo de álcali-yoduro-azida.

♦ **Solución de Almidón.** Para preparar una solución acuosa, disuelva 2 g de almidón soluble grado analítico y 0,2 g de ácido salicílico como conservante, en 100 mL de agua destilada caliente.

♦ **Tiosulfato de sodio titulante estándar, 0.025N.** Disuelva 6,205 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, agregar 1,5 mL de NaOH 6N o 0,4 g de NaOH sólido y diluir a 1000 mL.

Los reactivos mencionados anteriormente para oxígeno disuelto son los que aparecen en el protocolo. A continuación se mostrarán los ajustes que se realizaron a estos para la preparación de los reactivos para el acuakit, esto para no desperdiciar reactivos y porque los recipientes de los kits almacenan pequeñas cantidades.

### **REACTIVOS (METODOLOGÍA DEL ACUAKIT)**

♦ **Solución de sulfato manganoso.** Disolver 48 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 40 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , o 36,4 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, filtrar y diluir a 100 ml.

♦ **Reactivo álcali-yoduro-azida.** Disolver 50 g de NaOH (o 70 g de KOH) y 13,5 g de NaI (o 15 g de KI) en agua destilada y diluir a 100 ml. Agregar 1 g de  $\text{NaN}_3$  disuelto en 4 mL de agua destilada

♦ **Ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , concentrado.** Este reactivo no se modificó, tan solo se modifica la cantidad de reactivo que se usará en el acuakit.

♦ **Solución de Almidón.** Para preparar una solución acuosa, disuelva 2 g de almidón soluble grado analítico y 0,2 g de ácido salicílico como preservativo, en 100 mL de agua destilada caliente. Este reactivo tampoco se modificó ya que la cantidad a preparar era la necesaria, además que como indicador no influye mucho en el resultado final de la titulación.

♦ **Tiosulfato de sodio titulante estándar, 0.025N.** Disuelva 0,6205 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, agregar 0,15 mL de NaOH 6N o 0,04 g de NaOH sólido y diluir a 100 mL.

Para **DUREZA TOTAL** se realizaron los siguientes ajustes de dichos protocolos para la reducción de cantidades:

### **REACTIVOS (PROTOCOLOS DE STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER Y APHA)**

**Solución tampón:** disuelva 1.179 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidrato (grado de reactivo analítico) y 644 mg de cloruro magnésico ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) en 50 mL de agua destilada. Agregar ésta solución a 16.9 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 143 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  conc. Diluya hasta 250 mL con agua destilada.

**Indicador Negro de Eriocromo T (NET):** sal sódica del ácido 1-(1- hidroxil-2-naftilazo)-5-nitro-2-naftol-4-sulfónico, n.º 203 en el índice del color. Disuelva 0.5 g del colorante en 100 mL de 2,2', 2"-nitrilotrietanol (también llamado trietanolamina).

**Titulante EDTA, 0, 01 M:** pese 3,723 g de etilendiaminotetracetato disódico dihidrato, grado de reactivo analítico, también llamado sal disódica del ácido tetraacético (EDTA). Y disolverlo en agua destilada hasta 1000 mL. El titulante extrae cationes productores de dureza de los recipientes de vidrio blando, por lo que debe conservarse en frascos de polietileno (preferible) o de vidrio borosilicato.

Los reactivos mencionados anteriormente para dureza total son los que aparecen en el protocolo, a continuación se mostrarán los ajustes que se realizaron a estos para la preparación de los reactivos para el acuakit, esto para no desperdiciar reactivos y porque los recipientes de los kits almacenan pequeñas cantidades.

### **REACTIVOS (METODOLOGÍA DEL ACUAKIT)**

**Solución tampón:** disuelva 0,4716 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidrato (grado de reactivo analítico) y 257,6 mg de cloruro magnésico ( $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ) en 20 mL de agua destilada. Agregar ésta solución a 6.76 g de  $NH_4Cl$  y 57,2 mL de  $NH_4OH$  conc. Diluya hasta 100 mL con agua destilada.

**Indicador Negro de Eriocromo T (NET):** para efectos de conservación y una mayor vida útil de este indicador, se decidió implementar el método de preparación que incluye etanol y el NET en polvo de la siguiente forma, 0,5 g de NET en 100 ml de etanol.

**Titulante EDTA, 0, 01 M:** pese 0,93075 g de etilendiaminotetracetato disódico dihidrato, grado de reactivo analítico, también llamado sal disódica del ácido tetraacético (EDTA). Y disolverlo en agua destilada hasta 2500 mL.

Para **ACIDEZ** se realizaron los siguientes ajustes de dichos protocolos para la reducción de cantidades:

### **REACTIVOS (PROTOCOLOS DE STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER Y APHA)**

**Solución de NaOH 0,1 N:** Disuelva 4 gr. de NaOH en 100 mL de agua destilada; enfríe y diluya o a un litro con agua destilada.

**Solución de fenolftaleína:** Disuelva 100 mg de fenolftaleína en 100 mL de una mezcla etanol- agua 1:1.

**Solución de azul de bromofenol:** Disuelva 100 mg de azul de bromofenol en 100 mL de agua destilada

Los reactivos mencionados anteriormente para acidez son los que aparecen en el protocolo, a continuación se mostraran los ajustes que se realizaron a estos para la preparación de los reactivos para el acuakit, esto para no desperdiciar reactivos y porque los recipientes de los kits almacenan pequeñas cantidades.

## **REACTIVOS (METODOLOGÍA DEL ACUAKIT)**

**Solución de NaOH 0,1 N a 0,02N:** Disuelva 0,4 gr. de NaOH en 10 mL de agua destilada; enfríe y diluya o a 100 ml con agua destilada. Sin embargo se necesita preparar solución de NaOH 0,02N la cual se va a usar como Titulante, para ello se toman 20 ml de solución de NaOH 0,1N y se diluye a 100 ml con agua destilada.

**Solución de fenolftaleína:** Disuelva 100 mg de fenolftaleína en 100 mL de una mezcla etanol- agua 1:1. Esta solución no se modifica ya que la cantidad preparada es la necesitada.

**Solución de azul de bromofenol:** Disuelva 100 mg de azul de bromofenol en 100 mL de agua destilada. Esta solución no se modifica puesto que la cantidad que se prepara es la requerida.

Para **ALCALINIDAD** se realizaron los siguientes ajustes de dichos protocolos para la reducción de cantidades:

## **REACTIVOS (PROTOCOLOS DE STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER Y APHA)**

**Solución de ácido Sulfúrico 0.1 N:** Tome 2,8 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado (96% y 1.84 de densidad), calidad analítica y páselos a un balón volumétrico de 1000 mL, el cual contiene 400 mL de agua destilada, diluya hasta la marca con agua destilada.

**Solución de Fenolftaleína:** Disuelva 100 mg de fenolftaleína en 100 mL de una mezcla etanol agua 1:1.

**Solución de Metil Naranja:** Disuelva 100 mg de naranja de metilo en 100 mL de agua destilada.

Los reactivos mencionados anteriormente para alcalinidad son los que aparecen en el protocolo, a continuación se mostraran los ajustes que se realizaron a estos para la preparación de los reactivos para el acuakit, esto para no desperdiciar reactivos y porque los recipientes de los kits almacenan pequeñas cantidades

## REACTIVOS (METODOLOGÍA DEL ACUAKIT)

**Solución de ácido Sulfúrico 0.1 N a 0,02N:** Tome 0,28 mL de  $H_2SO_4$  concentrado (96% y 1.84 de densidad), calidad analítica y páselos a un balón volumétrico de 100 mL, el cual contiene 40 mL de agua destilada, diluya hasta la marca con agua destilada.

**Solución de Fenolftaleína:** Disuelva 100 mg de fenolftaleína en 100 mL de una mezcla etanol agua 1:1. Esta solución no se modifica.

**Solución de Metil Naranja:** Disuelva 100 mg de naranja de metilo en 100 mL de agua destilada. Esta solución no se modifica.

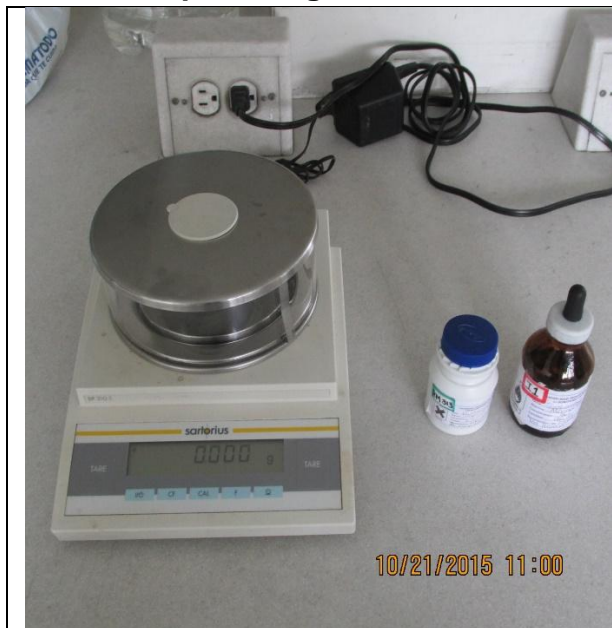
## PROCESO DE PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA LOS ACUAKIT

Durante este proceso se llevó a la práctica todo el proceso de reducción de cantidades de reactivos y sustancias a usar en los acuakit, para ello se utilizó los reactivos y



sustancias mencionados en los protocolos. Los reactivos utilizados en la preparación de cada sustancia para los acuakit se muestran al lado de los reactivos utilizados.

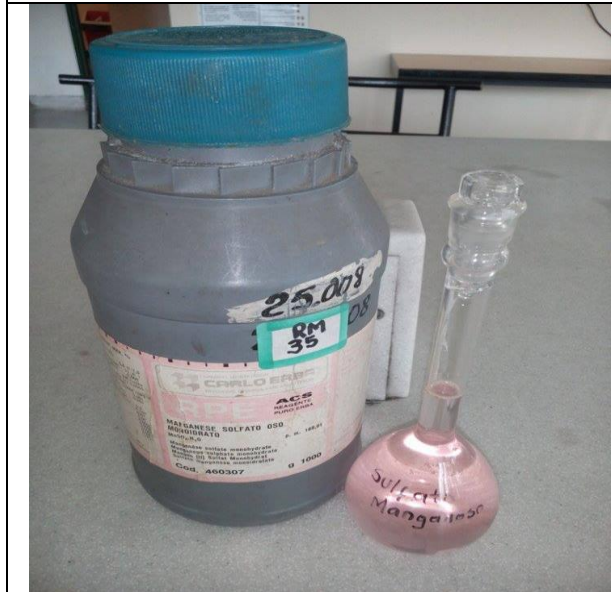
### Reactivos para oxígeno disuelto



Virguez, J. 2015. Balanza electrónica. Fotografía

1

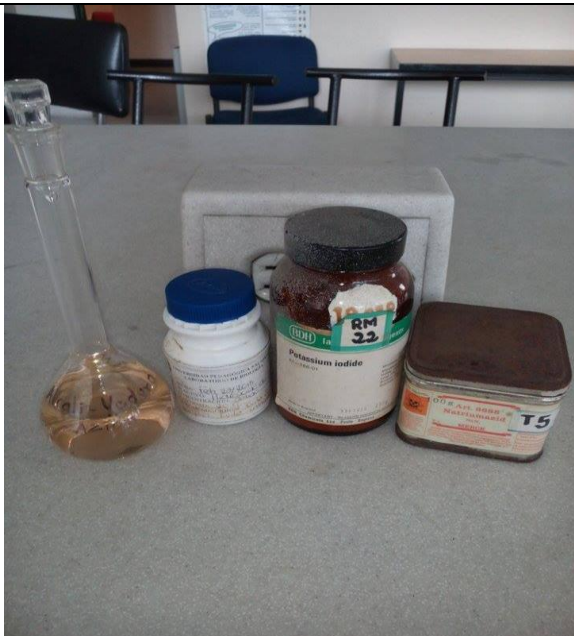
Aquí podemos observar la balanza usada para pesar los reactivos de forma precisa y posteriormente prepararlos para ser envasados.



Virguez, J. 2015. Sulfato manganoso. Fotografía 2

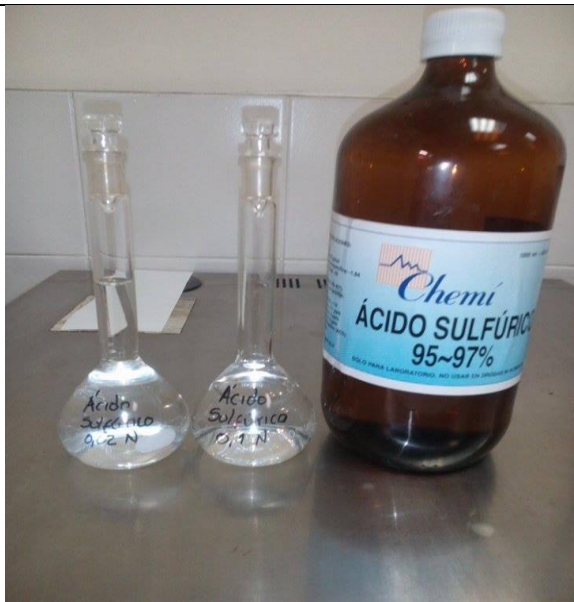
En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (izquierda) y la sustancia preparada y envasada en un balón aforado de 100 ml (derecha).





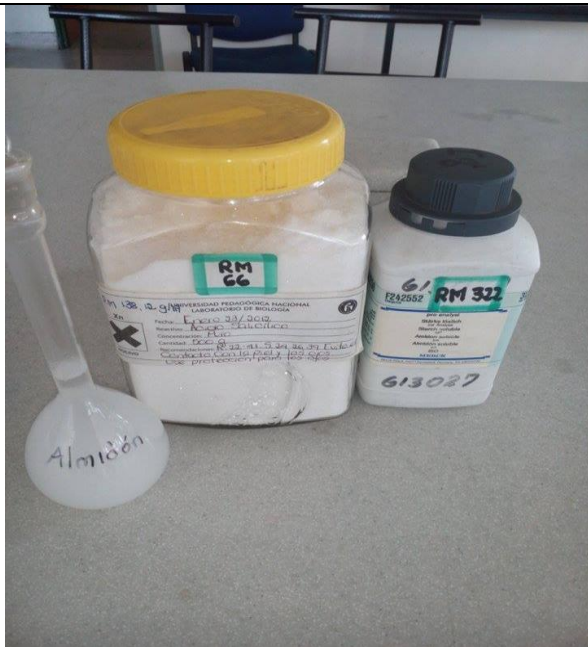
Virguez, J. 2015. Alkali-yoduro-azida. Fotografía 3

En esta fotografía se puede observar los reactivos utilizados (derecha) y la sustancia preparada y envasada en un balón aforado de 100 ml (izquierda)



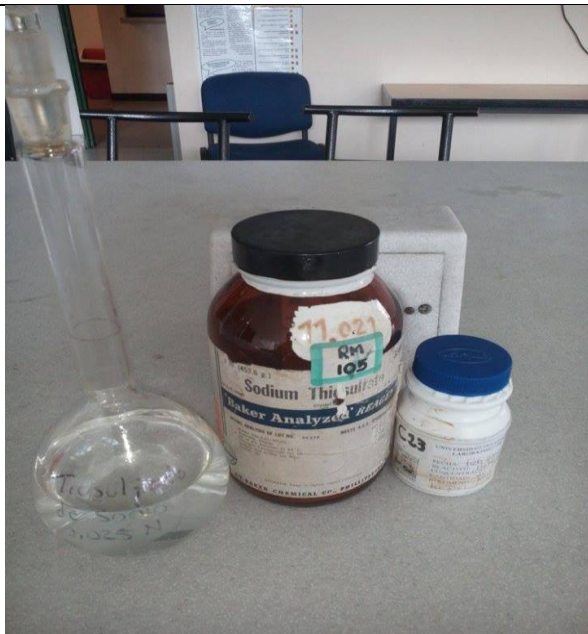
Virguez, J. 2015. Ácido sulfúrico. Fotografía 4

En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (derecha) y las sustancias preparadas y envasadas en balones aforados de 100 ml (izquierda). Para oxígeno disuelto se utiliza el ácido sulfúrico concentrado, las 2 preparaciones adicionales 0,1N y 0,02N se utilizan en otros protocolos.



Virguez, J. 2015. Solución de almidón. Fotografía 5

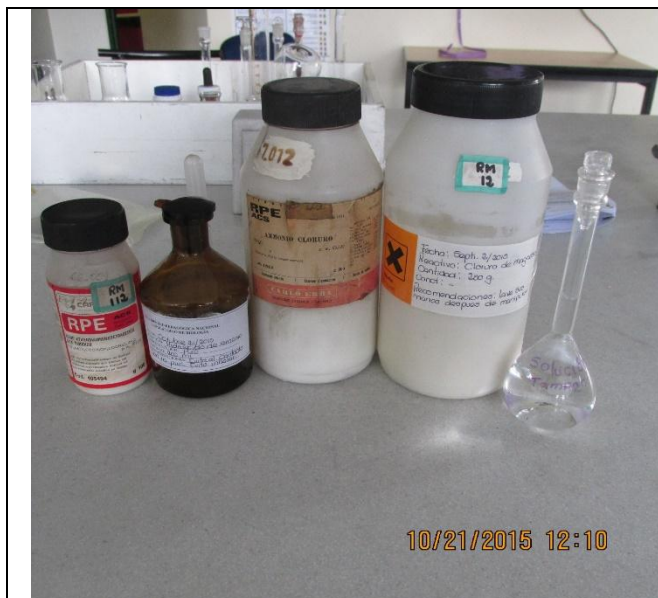
En esta fotografía se puede observar los reactivos utilizados (derecha) y la sustancia preparada y envasada en balones aforados de 100 ml (izquierda).



Virguez, J. 2015. Tiosulfato de sodio 0,025N. Fotografía 6

En esta fotografía se puede observar los reactivos utilizados (derecha) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 250 ml (izquierda).

## Reactivos para dureza total



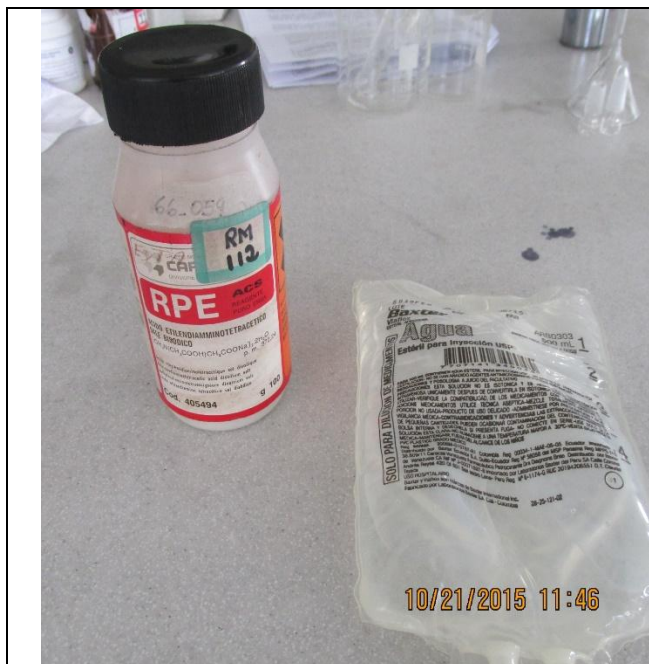
Virguez, J. 2015. Solución tampón. Fotografía 7

En esta fotografía se puede observar los reactivos utilizados (izquierda) y la sustancia preparada y envasada en balones aforados de 100 ml (derecha).



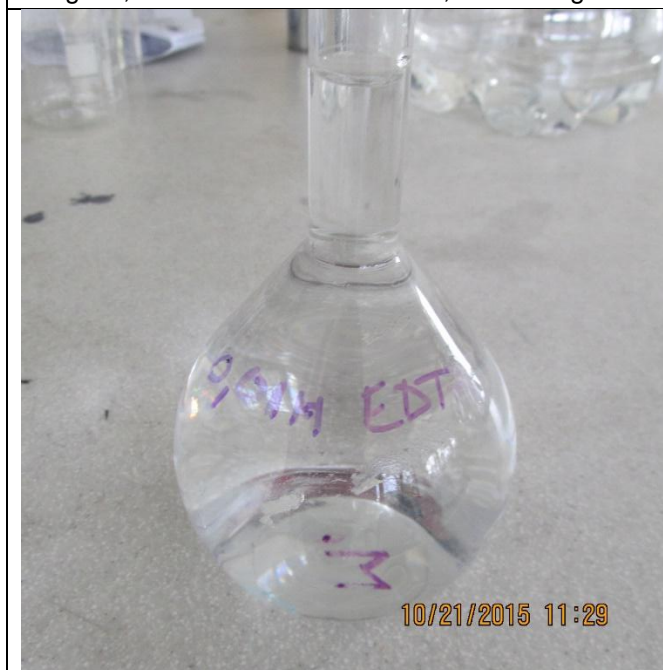
Virguez, J. 2015. Solución indicadora Negro de Eriocromo T (NET). Fotografía 8

En esta fotografía se puede observar la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml. para su preparación se utilizó etanol y Negro de Eriocromo T (NET) en polvo.



Virguez, J. 2015. Titulante EDTA 0,01M. Fotografía 9

En esta fotografía se puede observar los reactivos y sustancias utilizadas en la preparación del Titulante EDTA.



Virguez, J. 2015. Titulante EDTA 0,01M. Fotografía 10

En esta fotografía se puede observar el Titulante EDTA ya preparado y envasado en balón aforado de 250 ml.

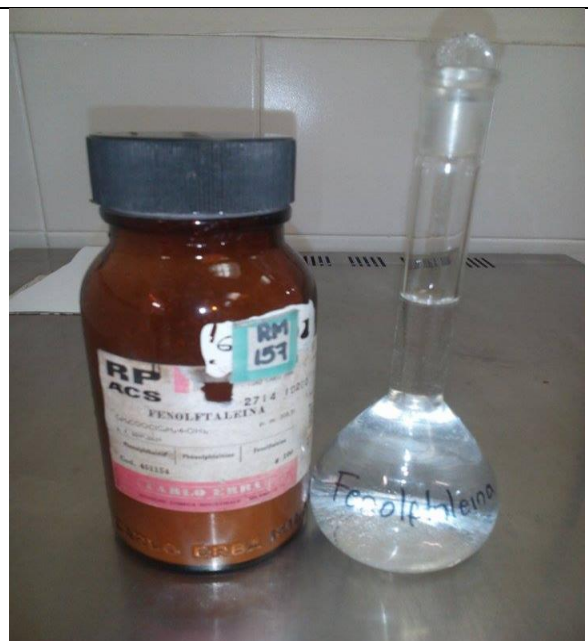
## Reactivos para la acidez





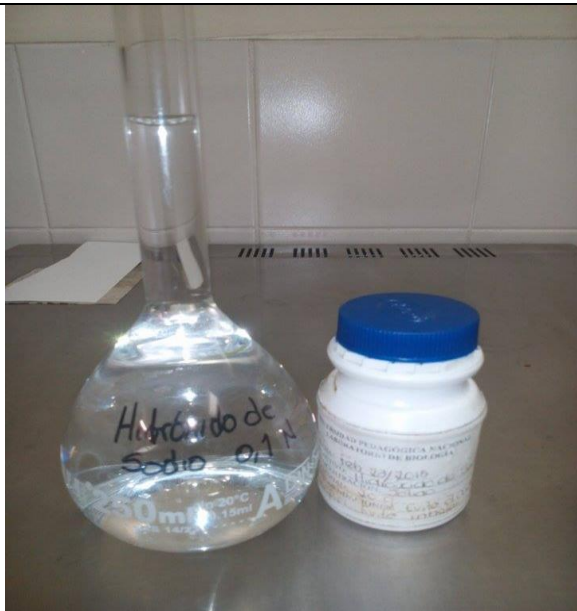
En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (derecha) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (izquierda).

Virguez, J. 2015. Azul de bromofenol. Fotografía 11



En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (izquierda) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (derecha).

Virguez, J. 2015. Fenolftaleína. Fotografía 12



Virguez, J. 2015. Hidróxido de sodio 0,1N.  
Fotografía 13

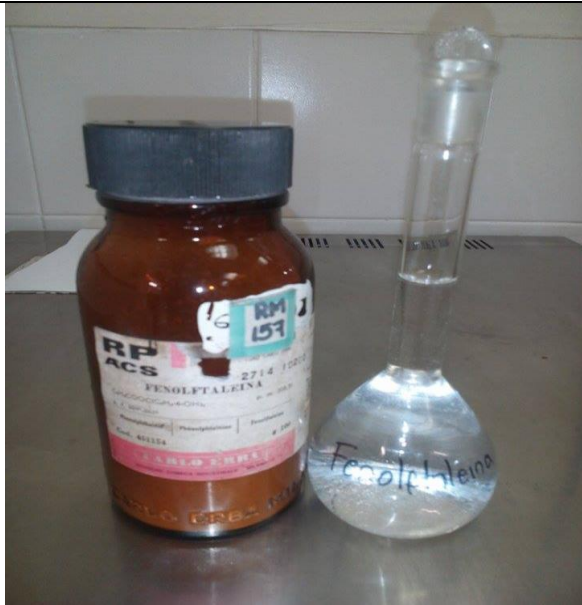
En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (derecha) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (izquierda). Primero fue necesario preparar el hidróxido a esta concentración para después pasarlo a una concentración menor.



Virguez, J. 2015. Hidróxido de sodio 0,1N y 0,02N. Fotografía 14

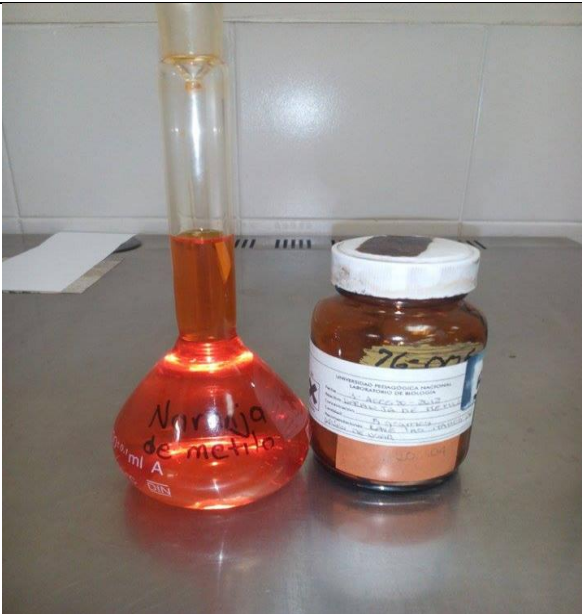
En esta fotografía se puede observar la sustancia inicial preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (izquierda) y la dilución de esta a una concentración menor de 0,02N (derecha) que es la que se va a utilizar como Titulante.

## Reactivos para alcalinidad



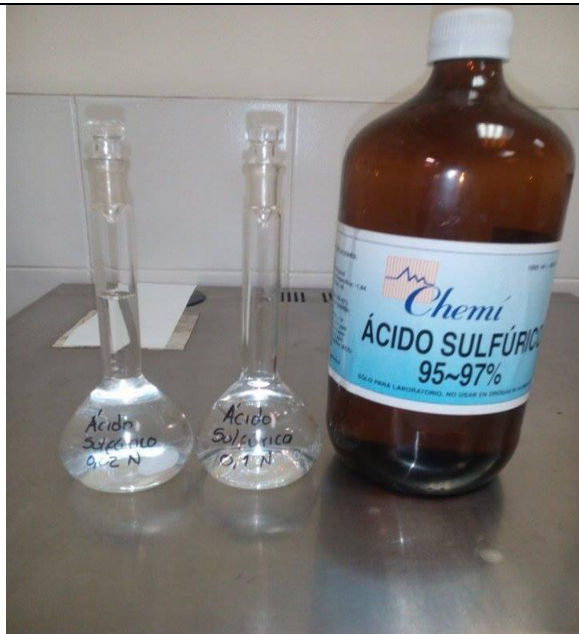
Virguez, J. 2015. Fenolftaleína. Fotografía 15

En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (izquierda) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (derecha). Al igual que en acidez, la fenolftaleína es necesaria para la medición de este parámetro en el agua.



Virguez, J. 2015. Naranja de metilo. Fotografía 16

En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (derecha) y la sustancia preparada y envasada en balón aforado de 100 ml (izquierda).



En esta fotografía se puede observar el reactivo utilizado (derecha) y las sustancias preparadas y envasadas en balones aforados de 100 ml (izquierda). Dependiendo de si la alcalinidad es baja o alta se escoge la concentración necesaria, para alcalinidad baja se titula con ácido sulfúrico al 0,02N.

Virguez, J. 2015. Ácido sulfúrico 0.1N y 0,02N.  
Fotografía 17



## PROCESO DE AJUSTE DE PROCEDIMIENTOS DE LOS PROTOCOLOS PARA LOS ACUAKITS

Para **OXÍGENO DISUELTO** se plantea el siguiente procedimiento en el protocolo:

1. Llene con muestra una botella winkler hasta que rebose y tápela
2. Destape la botella y agregue 1 mL ó 20 gotas de solución de  $MnSO_4$  (reactivo 1) a la muestra en la botella de DBO, seguido de 1 mL ó 20 gotas del reactivo de álcali-yoduro-azida (reactivo 2); tape cuidadosamente para evitar burbujas de aire y mezcle varias veces por inversión de la botella.
3. Cuando el precipitado se haya decantado hasta aproximadamente la mitad del volumen de la botella, para dejar un sobrenadante claro sobre el floc de hidróxido de manganeso, agregue 1,0 mL ó 20 gotas de  $H_2SO_4$  concentrado (reactivo 3), tape y mezcle varias veces por inversión de la botella, hasta disolución completa, hasta aquí ya está fijado el oxígeno. Si no hay disolución completa agregue exceso de ácido sulfúrico.
4. Mida con una probeta 100 mL de la solución y trasváselos a un Erlenmeyer de 250 mL
5. Purgue la bureta de 10 mL con una porción de tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ) 0.025N; llene la bureta con tiosulfato de sodio hasta cero.
6. Titule con solución 0,025 M de  $Na_2S_2O_3$  (reactivo 4) agregándolo gota a gota y agitando el Erlenmeyer hasta obtener un color amarillo pajizo pálido; en ese punto agregue de 3 a 5 gotas de solución de almidón (Reactivo No. 5) en donde vira a color azul y continúe la titulación hasta la desaparición del color azul. Este es el punto final de la titulación. Si el color azul reaparece no se debe agregar más tiosulfato, ignore subsecuentes reapariciones del color.
7. Anote el volumen gastado de tiosulfato de sodio, el volumen de alícuota que son 100 mL y la concentración del tiosulfato, que generalmente es 0.025N.

### CÁLCULOS

Para titular un volumen correspondiente a 100 mL de la muestra original, calcular la corrección por la pérdida de muestra desplazada por los reactivos, así: para un total de 2 mL de reactivos de  $MnSO_4$  y álcali-yoduro-azida (1 mL de cada uno) en una botella de 300-mL, tomar  $100 \times 300 / (300 - 2) = 101$  mL.

$$\text{mg de OD/L} = \frac{\text{Volumen de } Na_2S_2O_3 \times \text{Normalidad del } Na_2S_2O_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{\text{mL de muestra valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 2)}$$

Con el ajuste de cantidades, el **procedimiento para el acuakit** quedaría de la siguiente forma:

1. Llene con muestra la botella winkler hasta que rebose y tápela

2. Destape la botella y agregue 2 gotas de solución de  $MnSO_4$  (reactivo 1) a la muestra en la botella de DBO, seguido de 2 gotas del reactivo de álcali-yoduro-azida (reactivo 2); tape cuidadosamente para evitar burbujas de aire y mezcle varias veces por inversión de la botella.
3. Cuando el precipitado se haya decantado hasta aproximadamente la mitad del volumen de la botella, para dejar un sobrenadante claro sobre el floc de hidróxido de manganeso, agregue 2 gotas de  $H_2SO_4$  concentrado (reactivo 3), tape y mezcle varias veces por inversión de la botella, hasta disolución completa, hasta aquí ya está fijado el oxígeno. Si no hay disolución completa agregue exceso de ácido sulfúrico.
4. Mida 10 mL de la solución con el recipiente para muestra hasta la marca que este tiene.
5. Llene la jeringa de 3 mL con tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ) 0.025N hasta cero.
6. Titule con solución 0,025 M de  $Na_2S_2O_3$  (reactivo 4) agregándolo gota a gota y agitando el recipientes para muestra con la muestra hasta obtener un color amarillo pajizo pálido; en ese punto agregue de 2 gotas de solución de almidón (Reactivo No. 5) en donde vira a color azul y continúe la titulación hasta la desaparición del color azul. Este es el punto final de la titulación. Si el color azul reaparece no se debe agregar más tiosulfato, ignore subsecuentes reapariciones del color.
7. Anote el volumen gastado de tiosulfato de sodio, el volumen de muestra que son 10 mL y la concentración del tiosulfato, que generalmente es 0.025N.

## CÁLCULOS

Para titular un volumen correspondiente a 10 mL de la muestra original, calcular la corrección por la pérdida de muestra desplazada por los reactivos, así: para un total de 0,2 mL de reactivos de  $MnSO_4$  y álcali-yoduro-azida (0,1 mL de cada uno).

$$\text{mg de OD/L} = \frac{\text{Volumen de } Na_2S_2O_3 \times \text{Normalidad del } Na_2S_2O_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{\text{mL de muestra valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 0,2)}$$

Para **DUREZA TOTAL** se plantea el siguiente procedimiento en el protocolo:

1. Prenda la bureta digital la cual debe tener la botella con solución de EDTA 0.01 M, realice varias recirculaciones y verifique que el embolo quede sin burbujas. Entre muestras borre la lectura con la tecla clear o llene el embolo con la tecla fill.
2. Titulación de muestras: Seleccione un volumen de muestra que requiera menos de 15 mL de reactivo EDTA y realice la titulación en cinco minutos, medidos a partir del momento de la adición del tampón.

3. Mida una alícuota conveniente de muestra de acuerdo con el contenido aproximado de dureza, así: - 100 o 200 mL para muestras con contenidos menores a 5 mg/L. - 50 mL para muestras con contenidos entre 5 y 10 mg/L. - 25 mL para muestras con contenidos entre 10 y 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un Erlenmeyer. - 10 o 5 mL para muestras con contenidos superiores a 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un Erlenmeyer.
4. Adicione entre uno y dos mililitros de solución tampón. Por lo general, 1ml será suficiente para dar un pH de 10.0 a 10.1. La ausencia de un cambio de color de punto final neto en la titulación suele significar la necesidad de añadir un inhibidor en este punto, (ver numeral 4 para limitaciones e interferencias) o que el indicador se ha deteriorado.
5. Adicione una gota de solución indicadora o una cantidad adecuada del reactivo en polvo seco (0.1 a 0.2 g). Poco a poco, adicione titulante EDTA estándar, agitando continuamente, hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Adicione las últimas gotas con intervalos de 3 - 5 segundos. En el punto final, la solución suele ser azul.
6. Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día, ya que las lámparas de incandescencia tienden a producir un matiz rojizo en el azul de punto final.
7. Cuando tome un volumen igual o mayor a 100 adicione cantidades proporcionales de tampón, inhibidor e indicador. Adicione lentamente titulante EDTA por medio de la bureta y realice un blanco, utilizando agua UP del mismo volumen que la muestra, a la que se le adicionan idénticas cantidades de tampón, inhibidor e indicador.
8. Registre el volumen gastado para la titulación que aparece en el display de la bureta digital en el formato de volumetría TF0024, diligenciando todos los datos para cada muestra. Registre el resultado con tres cifras significativas.

El cálculo de la concentración de Dureza en una solución, expresado como carbonato de calcio, se determina de la siguiente forma:

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} * 100\,091$$

Donde:

$V_{\text{EDTA}}$  = Volumen de titulante (EDTA) para valorar dureza, mL.

$M_{\text{EDTA}}$  = Concentración de EDTA, mol/L.

$V_{\text{MUESTRA}}$  = Alícuota de muestra titulada, mL.

100091 = Peso atómico del carbonato de calcio (100,091 g/mol) x 1000 mg/g.

Con el ajuste de cantidades, el **procedimiento para el acuakit** quedaría de la siguiente forma:

1. Mida una alícuota de 10 ml en el recipiente de muestras hasta la marca que este posee.
2. Adicione 2 gotas de solución tampón (Reactivo 1) a la muestra y agite.
3. Posteriormente adicione 2 gotas de solución indicadora NET (Reactivo 2).
4. Purgue la jeringa con 3 ml de Titulante EDTA hasta cero y poco a poco, adicione titulante EDTA, agitando continuamente, hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Adicione las últimas gotas con intervalos de 3 - 5 segundos. En el punto final, la solución suele ser azul.
5. Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día, ya que las lámparas de incandescencia tienden a producir un matiz rojizo en el azul de punto final.
6. Registre el volumen gastado para realizar los cálculos.

El cálculo de la concentración de Dureza en una solución, expresado como carbonato de calcio, se determina de la siguiente forma:

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} * 100\,091$$

Donde:

$V_{\text{EDTA}}$  = Volumen de titulante (EDTA) para valorar dureza, mL.

$M_{\text{EDTA}}$  = Concentración de EDTA, mol/L.

$V_{\text{MUESTRA}}$  = Alícuota de muestra titulada, mL.

100091 = Peso atómico del carbonato de calcio (100,091 g/mol) x 1000 mg/g.

Para **ACIDEZ** se plantea el siguiente procedimiento en el protocolo.

Titulación con indicadores

1. Seleccione el tamaño de la muestra y la normalidad del titulante de acuerdo con lo descrito en el tamaño de muestra
2. Ajuste la muestra a temperatura ambiente.
3. Tome una alícuotas con una pipeta volumétrica.
4. Si el cloro residual está presente, adicione una gota de tiosulfato 0,1 N.
5. Adicione dos gotas de indicador metil naranja (MN) o azul de bromofenol (AB) y titule sobre una superficie blanca, con NaOH 0,02 N hasta que el indicador vire de rojo a amarillo (pH 3,7 aproximadamente) con MN o de amarillo a azul para el AB. Si en el momento de adicionar el indicador la solución se torna amarilla para el MN o azul para el AB, no es necesario titular. Entonces se determina la acidez con fenolftaleína sobre otra muestra.

6. Acidez a la fenolftaleína: Siga el mismo procedimiento anterior, cambiando el indicador por fenolftaleína titulando hasta que el indicador cambie de incoloro a rosa (pH aproximadamente 8,3).

7. Caliente otra muestra hasta ebullición durante un minuto y títule en caliente con fenolftaleína como indicador.

Cálculos:

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3 \text{ /L]} = \frac{((A*B)-(C*D)) * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

A: mL de NaOH gastados en la titulación.

B: Normalidad del NaOH.

C: mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adicionados (en el tratamiento con peróxido)

D: Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Con el ajuste de cantidades, el **procedimiento para el acuakit** quedaría de la siguiente forma:

Titulación con indicadores

1. Seleccione una muestra de 10 ml con el recipiente para muestras hasta la marca que este presenta.

2. adicione 2 gotas de azul de bromofenol a la muestra y agite.

3. purgue la jeringa con NaOH 0,02 N hasta 0 y poco a poco títule la muestras hasta que la muestra vire de color. Si en el momento de adicionar el indicador la solución se torna azul, no es necesario titular. Entonces se determina la acidez con fenolftaleína sobre otra muestra.

4. Acidez a la fenolftaleína: Siga el mismo procedimiento anterior, cambiando el indicador por fenolftaleína titulando hasta que el indicador cambie de incoloro a rosa (pH aproximadamente 8,3).

Cálculos:

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3 \text{ /L]} = \frac{((A*B)-(C*D)) * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

A: mL de NaOH gastados en la titulación.

B: Normalidad del NaOH.

C: mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adicionados (en el tratamiento con peróxido)

D: Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Para la determinación de C y D se realizó el tratamiento con peróxido de hidrogeno a una muestra de 10 ml de agua destilada con el fin de estandarizar este valor en la ecuación ya que en campo no es tan fácil realizar este procedimiento debido al montaje que se requiere, para ello se tomó una muestra de 10 ml de agua destilada a la cual se le adicionó 5 gotas de peróxido de hidrogeno al 30% y se calentó durante 5 min, luego

se dejó enfriar y se le adicionó 5 gotas de fenolftaleína, luego se agitó y se procedió a titular con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N.

El resultado final para los valores de C y D son:

C: mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adicionados (en el tratamiento con peróxido) = 0,18 ml

D: Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 0,02 N

Por lo tanto la fórmula para la realización de los cálculos queda de la siguiente manera para la metodología del acuakit.

Cálculos:

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3 \text{ /L]} = \frac{((A*B)-(0,0036)) * 50\,000}{\text{ml MUESTRA}}$$

A: mL de NaOH gastados en la titulación.

B: Normalidad del NaOH.

C: mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adicionados (en el tratamiento con peróxido)

D: Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

$$C*D = 0,18 \text{ ml} * 0,02\text{N} = 0,003$$

Para **ALCALINIDAD** se plantea el siguiente procedimiento en el protocolo TITULACIÓN CON INDICADORES

Alcalinidad a la fenolftaleína.

Seleccione el tamaño de muestra apropiado y la normalidad del titulante, (generalmente se toman 50-100 mL de muestra y titule con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N).

Ajuste la muestra a la temperatura ambiente, si la muestra contiene cloro residual libre, adicione 0.05 mL (1 gota de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5H<sub>2</sub>O 0,1 N).

Adicione dos gotas de fenolftaleína y titule hasta cambio de color.

Alcalinidad Total con Metil Naranja.

Adicione dos gotas de indicador en la misma muestra que tituló con fenolftaleína, continúe la titulación hasta cambio de color, de amarillo a naranja (pH 3,7).

Cálculos

$$\text{Alcalinidad [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{A * B * 50\,000}{\text{ml MUESTRA}}$$

DONDE:

A: Volumen de ácido gastados en la titulación

B: Normalidad del ácido

Con el ajuste de cantidades, el **procedimiento para el acuakit** quedaría de la siguiente forma:

## TITULACIÓN CON INDICADORES

Alcalinidad a la fenolftaleína.

1. Seleccione una muestra de 10 ml con el recipiente para muestras hasta la marca.
2. Adicione dos gotas de fenolftaleína y agite.
3. purgue la jeringa con tiosulfato de sodio 0,1 N hasta 0 y poco a poco titule la muestra hasta cambio de color.

Alcalinidad Total con Metil Naranja.

1. Adicione dos gotas de indicador metil naranja en la misma muestra que tituló con fenolftaleína y agite.
2. Continúe la titulación hasta cambio de color, de amarillo a naranja (pH 3,7).

Cálculos

$$\text{Alcalinidad [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{A * B * 50\,000}{\text{ml MUESTRA}}$$

DONDE:

A: Volumen de ácido gastados en la titulación

B: Normalidad del ácido

## PROCESO DE PRUEBA DEL ACUAKIT

El proceso de prueba se realizó en 3 tiempos, primero mediante comparación de resultados entre los protocolos de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA y la metodología del acuakit, en segunda instancia se realizó una comparación entre los kits de Merck y los acuakit, finalmente se sometió el acuakit a una prueba con 20 estudiantes de tercer semestre de la licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional sede Bogotá.

Iniciaremos con la comparación entre los resultados de los protocolos frente a los obtenidos con los acuakit.

Para **oxígeno disuelto** se obtuvo con el montaje del protocolo los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en muestras de 100 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 100 ml de muestra se requirió de 4,1 ml de Titulante
- 2) Para 100 ml de muestra se requirió de 3.8 ml de Titulante
- 3) Para 100 ml de muestra se requirió de 4.0 ml de Titulante
- 4) Para 100 ml de muestra se requirió de 4.2 ml de Titulante
- 5) Para 100 ml de muestra se requirió de 3.9 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 4.0 ml de Titulante para una muestra de 100 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación del oxígeno disuelto presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{mg de OD/L} = \frac{\text{Volumen de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Normalidad del Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{\text{mL de muestra valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{4.0 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 250 \text{ ml}}{100 \text{ ml} \times (250 \text{ ml} - 2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{4.0 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 250 \text{ ml}}{100 \text{ ml} \times (248 \text{ ml})} = 8,0645 \text{ mg de OD/L}$$

Para **oxígeno disuelto** se obtuvo con el acuakit los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en muestras de 10 ml cada una.

Pruebas

- 1) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,36 ml de Titulante
- 2) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,42 ml de Titulante
- 3) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,38 ml de Titulante



4) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,41 ml de Titulante

5) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,40 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0,392 ml de Titulante para una muestra de 10 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación del oxígeno disuelto presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{mg de OD/L} = \frac{\text{Volumen de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Normalidad del Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{\text{mL de muestra valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{0,392 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 40 \text{ ml}}{10 \text{ ml} \times (40 \text{ ml} - 0,2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{0,392 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 40 \text{ ml}}{10 \text{ ml} \times (39,8)} = 7.8793 \text{ ml OD/L}$$

Para **oxígeno disuelto** se obtuvo con el kit de Merck los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en muestras de 5 ml cada una.

Pruebas

1) Para 5 ml de muestra se requirió de 0,20 ml de Titulante

2) Para 5 ml de muestra se requirió de 0,17 ml de Titulante

3) Para 5 ml de muestra se requirió de 0,19 ml de Titulante

4) Para 5 ml de muestra se requirió de 0,20 ml de Titulante

5) Para 5 ml de muestra se requirió de 0,21 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0,194 ml de Titulante para una muestra de 5 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación del oxígeno disuelto presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{mg de OD/L} = \frac{\text{Volumen de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Normalidad del Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8000 \times \text{Volumen de la botella}}{\text{mL de muestra valorada} \times (\text{Volumen de la botella} - 2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{0,194 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 30 \text{ ml}}{10 \text{ ml} \times (30 \text{ ml} - 0,2)}$$

$$\text{mg de OD/L} = \frac{0,194 \text{ ml} \times 0,025 \text{ N} \times 8000 \times 30 \text{ ml}}{5 \text{ ml} \times (29,8)} = 7.8120 \text{ ml OD/L}$$

Para mayor confiabilidad y con la intención de facilitar el procedimiento de cálculo de los resultados, se decidió remplazar las microburetas por jeringas puesto que las microburetas no arrojan las cantidades de titulante utilizado en mL, por ello se escogen jeringas de 3 mL las cuales están calibradas y permiten la obtención del titulante

gastado en mL para posteriormente aplicar la fórmula en la determinación de la concentración de OD en las muestras de agua.

Como podemos observar, los resultados de cada una de las pruebas presentan una cercana relación y similitud. Basado en ello se puede establecer que el acuakit de medición de OD está dentro de un rango aceptable frente a los resultados arrojados por el kit de Merck y el protocolo estándar del IDEAM.

Para **dureza total** se obtuvo con el montaje del protocolo los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 100 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 100 ml de muestra se requirió de 5.1 ml de Titulante
- 2) Para 100 ml de muestra se requirió de 4.9 ml de Titulante
- 3) Para 100 ml de muestra se requirió de 4.8 ml de Titulante
- 4) Para 100 ml de muestra se requirió de 5.0 ml de Titulante
- 5) Para 100 ml de muestra se requirió de 5.0 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 4.96 ml de Titulante para una muestra de 100 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} * 100 \text{ 091}$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{4.96 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{100 \text{ ml}} * 100 \text{ 091}$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{4.96 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{100 \text{ ml}} * 100 \text{ 091} = 49.6451 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

Para **dureza total** se obtuvo con el acuakit los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud se obtuvo los siguientes resultados en la valoración de muestras de 10 ml cada una obteniendo los siguientes resultados.

Pruebas:

- 1) Para 10 ml de muestra se requirió de 0.48 ml de Titulante
- 2) Para 10 ml de muestra se requirió de 0.46 ml de Titulante
- 3) Para 10 ml de muestra se requirió de 0.50 ml de Titulante
- 4) Para 10 ml de muestra se requirió de 0.51 ml de Titulante
- 5) Para 10 ml de muestra se requirió de 0.48 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0.484 ml de Titulante para una muestra de 10 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} * 100\ 091$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{0,486 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{10 \text{ ml}} * 100\ 091$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{0,486 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{10 \text{ ml}} * 100\ 091 = 48.6442 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

Para **dureza total** se obtuvo con el kit de Merck los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 5 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 5 ml de muestra se requirió de 0.25 ml de Titulante
- 2) Para 5 ml de muestra se requirió de 0.26 ml de Titulante
- 3) Para 5 ml de muestra se requirió de 0.25 ml de Titulante
- 4) Para 5 ml de muestra se requirió de 0.24 ml de Titulante
- 5) Para 5 ml de muestra se requirió de 0.25 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0.25 ml de Titulante para una muestra de 5 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} * 100\ 091$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{0,25 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{5 \text{ ml}} * 100\ 091$$

$$[\text{DUREZA TOTAL}], \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{0,25 \text{ ml} * 0,01 \text{ M}}{5 \text{ ml}} * 100\ 091 = 50,0455 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$$

Para **acidez** se obtuvo con el montaje del protocolo los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud se obtuvo los siguientes resultados en la valoración de muestras de 50 ml cada una obteniendo los siguientes resultados.

Pruebas:

- 1) Para 50 ml de muestra se requirió de 1.7 ml de Titulante
- 2) Para 50 ml de muestra se requirió de 1.8 ml de Titulante
- 3) Para 50 ml de muestra se requirió de 1.8 ml de Titulante
- 4) Para 50 ml de muestra se requirió de 1.6 ml de Titulante
- 5) Para 50 ml de muestra se requirió de 1.7 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 1.72 ml de Titulante para una muestra de 50 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((A*B)-(C*D)) * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((1.72\ \text{ml} * 0.02\ \text{N}) - (1\ \text{ml} * 0.02\ \text{N})) * 50\ 000}{50\ \text{ml}}$$

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((0.0344)-(0.02)) * 50\ 000}{50\ \text{ml}} = 14.4\ \text{mg CaCO}_3\text{/L}$$

Para la determinación de C y D se realizó el tratamiento con peróxido de hidrogeno a una muestra de 50 ml de agua destilada con el fin de estandarizar este valor en la ecuación ya que en campo no es tan fácil realizar este procedimiento debido al montaje que se requiere, para ello se tomó una muestra de 50 ml de agua destilada a la cual se le adicionó 5 gotas de peróxido de hidrogeno al 30% y se calentó durante 5 min, luego se dejó enfriar y se le adicionó 5 gotas de fenolftaleína, luego se agitó y se procedió a titular con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N. Como resultado obtenemos que se requirió de 0.9 ml de Titulante 0,02 N, estos datos son correspondientes a C y D respectivamente, estos datos se remplazan en la fórmula para determinar la acidez de las muestras de agua estudiadas.

Para **acidez** se obtuvo con el acuakit los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 50 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,3 ml de Titulante
- 2) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,4 ml de Titulante

- 3) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,3 ml de Titulante
- 4) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,3 ml de Titulante
- 5) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,4 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0,34 ml de Titulante para una muestra de 10 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((A*B)-(C*D)) * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((0,34 \text{ ml} * 0,02 \text{ N}) - (0,18 \text{ ml} * 0,02 \text{ N})) * 50\ 000}{10 \text{ ml}}$$

$$\text{ACIDEZ [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{((0,0068)-(0,0036)) * 50\ 000}{10 \text{ ml}} = 16 \text{ mg CaCO}_3\text{/L}$$

Para este parámetro no fue posible realizar la comparación con el kit de Merck ya que esté se encontraba fuera de uso haciendo imposible replicar la prueba con este método. Cabe aclarar que debido a que el procedimiento con peróxido de hidrogeno supone una gran dificultad a la hora de abordar la fórmula para determinar el nivel de acidez del agua en concentración de CaCO<sub>3</sub>/L por lo que el margen de error se amplía un poco en relación a las pruebas de los parámetros de oxígeno disuelto y dureza total.

Para **alcalinidad** se obtuvo con el montaje del protocolo los siguientes resultados: Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 50 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 50 ml de muestra se requirió de 1 ml de Titulante
- 2) Para 50 ml de muestra se requirió de 1,2 ml de Titulante
- 3) Para 50 ml de muestra se requirió de 1 ml de Titulante
- 4) Para 50 ml de muestra se requirió de 1,1 ml de Titulante
- 5) Para 50 ml de muestra se requirió de 1 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 1,06 ml de Titulante para una muestra de 50 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{A * B * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{1,06 \text{ ml} * 0,02 \text{ N} * 50\ 000}{50 \text{ ml}}$$

50 ml

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{1060}{50 \text{ ml}} = 21,2 \text{ mg CaCO}_3\text{/L}$$

Para **alcalinidad** se obtuvo con el montaje acuakit los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 10 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,2 ml de Titulante
- 2) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,3 ml de Titulante
- 3) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,3 ml de Titulante
- 4) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,2 ml de Titulante
- 5) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,2 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0,24 ml de Titulante para una muestra de 10 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{A * B * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{0,24 \text{ ml} * 0,02 \text{ N} * 50\ 000}{10 \text{ ml}}$$

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{240}{10 \text{ ml}} = 24 \text{ mg CaCO}_3\text{/L}$$

Para **alcalinidad** se obtuvo con el montaje kit de Merck los siguientes resultados:

Replicando el procedimiento 5 veces para una mayor exactitud en la valoración de muestras de 5 ml cada una.

Pruebas:

- 1) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,1 ml de Titulante
- 2) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,1 ml de Titulante
- 3) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,1 ml de Titulante
- 4) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,2 ml de Titulante
- 5) Para 10 ml de muestra se requirió de 0,1 ml de Titulante

Como promedio obtenemos que se requiere de 0,12 ml de Titulante para una muestra de 5 ml. Por lo tanto, utilizando la fórmula para determinación de la dureza total presente en la muestra obtenemos que:

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{A * B * 50\ 000}{\text{ml MUESTRA}}$$

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{0,12 \text{ ml} * 0,02 \text{ N} * 50\ 000}{5 \text{ ml}}$$

$$\text{ALCALINIDAD [mg CaCO}_3\text{/L]} = \frac{120}{5 \text{ ml}} = 24 \text{ mg CaCO}_3\text{/L}$$

Para los procedimientos de estudio de muestras de agua para acidez y alcalinidad, se debió omitir alguno de sus procedimientos (los que requerían tiosulfato para inhibir la presencia de cloro) ya que las muestras estudiadas fueron tomadas directamente de la llave, esta agua es agua tratada y contiene cloro por lo que fue necesario realizar los segundos pasos o titulaciones que muestran los protocolos (ver protocolos de acidez y alcalinidad en los anexos).

Con este proceso de ajustes y adaptación de los protocolos estandarizados de los 4 parámetros escogidos (oxígeno disuelto, dureza total, acidez y alcalinidad) por la APHA para la metodología de los acuakit, se puede dar por abordado el objetivo específico concerniente a “Adaptar para los acuakit los protocolos de Oxígeno disuelto, Dureza total, Acidez y Alcalinidad de análisis de agua propuestos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y APHA”

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA

Como es bien sabido, el agua es un bienpreciado y fundamental para la vida y el desarrollo de todo organismo vivo, sin embargo, este preciado líquido sufre distintas alteraciones ya sea por los ciclos naturales en los ecosistemas, o por la acción antrópica. Estas alteraciones pueden llegar a ser nocivas y perjudiciales para el equilibrio del ecosistema y la salud de los organismos pertenecientes a él (ya sean microorganismos, plantas o animales incluido el hombre).

Basados en lo anterior y en los conocimientos adquiridos a lo largo de su vida, responda los siguientes interrogantes de la forma más concisa.

CONOCIMIENTOS E IDEAS PREVIAS

- 1) ¿Qué define la calidad del agua?
- 2) ¿Qué es la potabilidad?
- 3) ¿Cómo influye el hombre en la calidad del agua?
- 4) ¿Qué otros factores alteran la calidad del agua?
- 5) ¿De qué manera la calidad del agua afecta la salud humana?
- 6) ¿cómo afecta la calidad del agua a los ecosistemas donde esta se encuentra?
- 7) ¿Qué es la calidad ecológica del agua?
- 8) ¿en qué se diferencia la calidad ecológica del agua, con la calidad del agua para consumo humano?
- 9) ¿es necesario medir todos los parámetros (físicos, químicos y biológicos) para determinar la calidad del agua, o se puede realizar una aproximación midiendo solo algunos?
- 10) ¿Qué contaminantes alteran la calidad del agua?

PROCEDIMIENTOS Y METODOLOGÍA

- 11) realizar las mediciones de dureza total, oxígeno disuelto, acidez y alcalinidad del agua por grupos escojan un parámetro y realicen la medición de este con el acuakit, luego compartan los datos, con estos datos realizar una aproximación al estado de la calidad del agua.

PERCEPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS ACUAKIT

- 12) ¿Qué ventajas considera usted que presentan los acuakit y la metodología que estos poseen?
- 13) ¿Qué desventajas considera usted que presentan los acuakit y la metodología que estos poseen?