

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
-UNPHU-**

**Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería Civil**

**"CUANTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS E
INORGÁNICOS EN EL AFLUENTE AL LAGO ENRIQUILLO BOCA DE
CACHÓN"**



Trabajo de Grado Para la Obtención del título de Ingeniero Civil, Presentado Por:

Alan R. Díaz

Jose Luis Paulino

Asesor:

Ing. Emgelberth D. Vargas M., MsC.

Santo Domingo, D.N.

Índice

▪ Agradecimientos	1
▪ Introducción	3
▪ Planteamiento del problema	4
• Preguntas de investigación	7
• Justificación	8
▪ Objetivos y Planificación	10
• Objetivos de la investigación	11
• General	11
• Específicos	11
• Planificación	12
▪ Antecedentes	13
• Provincias de Artemisa y la Habana, Cuba	14
• Acuífero Barba, Heredia, Costa Rica	15
▪ Marco Teórico	16
• Generalidades	17
• Lago Enriquillo	17
• Ubicación	17
• Descripción	18
• Propiedades básicas del lago	19

• Efectos de las tormentas en la precipitación.....	21
• Evaporación.....	21
• Balance hídrico	22
• Salinidad del lago.....	23
• Temperatura y pH	23
• Hidrología.....	23
• Pozos	25
• Las islas	26
• Geología	26
• Suelos de La Hoya de Enriquillo	26
• Climatología	27
• Fauna	28
• Flora	28
• Turismo	30
• Poblaciones alrededor del lago y datos sobre las provincias que lo contienen.	32
• Perfil económico de la población.....	36
• Problemas que afectan la zona.....	37
• Técnicas nucleares.....	40

• Espectrometría de absorción atómica.....	42
• Espectroscopía de absorción atómica (AAS)	42
• Espectrofotometría	43
• Análisis de la DBO	44
• Análisis de la DQO	45
• Caracterización Microbiológica	46
• Coliformes	46
• Caracterización Físico Química.....	48
• Color.....	48
• Sabor	49
• Turbiedad.....	49
• pH.....	50
• Temperatura.....	50
• Nitritos.....	50
• Sulfatos.....	50
• Conductividad	50
• Metales pesados.....	51
• Arsénico.....	51
• Cadmio	52

• Plomo	52
• Mercurio	53
• Contaminación en acuíferos	53
▪ Marco metodológico	56
• Tipo de investigación	56
• Diseño de la investigación	56
• Investigación de campo	56
• Investigación documental	56
• Proceso de la investigación	57
• Técnicas e instrumentos	57
• Técnicas	57
• Instrumentos	57
• Localización del levantamiento y toma de muestra	58
• Metodología	59
• Resultados	60
• Parámetros de comparación	60
▪ Conclusión y Recomendaciones	81
• Conclusión	82
• Recomendaciones	86
▪ Bibliografía.....	87

■	Anexos.....	91
---	-------------	----

Índice Tablas

Tabla 1: Datos obtenidos por:(Mendez , y otros, 2016).....	22
Tabla 2: Densidad poblacional región Enriquillo Fuente: ONE.....	35
Tabla 3: Población y tasa anual de crecimiento medio anual, según Provincias Fuente: ONE	35
Tabla 4: Número de hogares con productores agropecuarios (MARCO ESTRATÉGICO PARA LA RECUPERACIÓN Y TRANSICIÓN AL DESARROLLO, 2009).....	36
Tabla 5: Contaminantes más comunes en aguas subterráneas Fuente: Googlesite/geohidrologia1234	55
Tabla 6: Numero de muestras y ubicación.....	59
Tabla 7: Valores aceptable Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descarga Ministerio de Medio Ambiente.	62

Índice Mapas

Mapa 1: Ubicación Lago Enriquillo Fuente: propia	17
Mapa 2: Batimétrico que divide el Lago en segmentos en cuencas (Norte y Sur) y flancos (Oriental y Occidental). (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)	19
Mapa 3: Cuenca del Lago Enriquillo. Fuente: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INDRHI.....	24
Mapa 4: Zonas declaradas como parques nacionales (verde). Fuente: Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales.....	31
Mapa 5: Crecimiento Lago Enriquillo Fuente: propia.....	38
Mapa 6: Ubicación de los puntos de muestreo Fuente propia.	58
Mapa 7: Flujo del DQO	70
Mapa 8: Flujo DBO ₅	71
Mapa 9: Flujo Nitrógeno Totales Mapa 10: Flujo Fosforo Totales	72
Mapa 11: Flujo Plomo.....	74
Mapa 12: Flujo Mercurio.....	75
Mapa 13: Flujo Cadmio	76
Mapa 14: Flujo Arsénico	77
Mapa 15: Flujo Coliformes Totales.....	78
Mapa 16: Flujo pH.....	79
Mapa 17: Flujo Conductividad.....	80

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirnos cumplir esta meta después de mucho esfuerzo, dándonos cada día la salud y las fuerzas necesarias para afrontar cada desafío.

A mis familiares en especial a mis padres Gladys y Edgar, que siempre se esforzaron por dar el ejemplo ,los valores , la educación y siempre dar la motivación para enfrentar cualquier situación adversa que se pueda presentar.

A mis hermanos que siempre tuvieron buenos consejos y siempre han sido un ejemplo, siendo de gran ayuda en cuanto los he necesitado.

A mí querida abuela Tita por ese amor tan grande y esa entrega siempre hacia mí.

A mis tíos, en especial a mi tía Molly, por ser cómplice, amiga y consejera siempre en todos los aspectos de mi vida.

A mi compañero de tesis, Jose Paulino, que siempre fue cómplice desde que llegó a la universidad, saliendo juntos de tantas situaciones difíciles y viviendo otros momentos felices, para llegar a esta maravillosa meta en común.

A nuestro asesor el Ing. Emgelberth Vargas, por su disposición, consejos, ayuda y su entrega total desde el inicio de nuestro proyecto.

A todos los profesores que durante el transcurso de la carrera universitaria se dedicaron a dar lo mejor de ellos para que seamos profesionales de bien y podamos enfrentar todos los retos que se nos presenten en un futuro, A todo el personal de la universidad que siempre estuvieron dispuesto a ayudar cuando lo necesitamos.

Primero que todo quiero dar gracias a Dios quien es que permite que todo esto sea posible, dándonos su bendición cada día, salud y las fuerza para lograrlo.

A mis padres Jose Luis y Zynthia, que siempre han estado ahí para mí enseñándome los principios y valores con los que hay que contar en la vida. Su apoyo incondicional para lograr escalar cada etapa de mi vida, siendo éste otro logro hecho realidad gracias a ustedes.

A mis hermanos Azar y Sebastián, espero ser para ellos un ejemplo a seguir en el trayecto de su vida y poder de ayuda para todo lo que necesiten.

A mis abuelas La Diré y Tete, estando siempre presente, consintiendo en cada momento que pueden. Y a mi abuelo Teco que aunque ya no estas físicamente fuiste y serás un ejemplo a seguir como el gran padre y abuelo que fuiste.

A mi compañero de tesis Alan Diaz, que desde el primer día en la universidad ha sido un amigo y cómplice en todos los buenos y malos momentos. Logrando salir a flote en todo momento para poder llegar a este cierre de esta etapa en nuestras vidas.

A nuestro asesor Ing. Engelberth Vargas, que desde el principio de este proyecto ha demostrado toda su disposición y empeño para poder completarlo

A todos los profesores a lo largo de la carrera, por su empeño en que seamos buenos profesionales.

Y no menos importantes, a mis amigos Jonathan, Lisa, Yeiro, Gheysi, Laura que han presentes en los buenos y malos momentos sin importar que.

Introducción

El Lago Enriquillo es por su ecosistema único y su tamaño uno de los más importantes en el caribe, por lo que se hace necesario hacer un análisis cuantitativo de los contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos que migran por medio de los afluentes, en este caso enfocándonos en el balneario de Boca de Cachón.

El conocimiento de los niveles de contaminación que llegan al lago sería de mucha utilidad para la creación de medidas y de un plan de sostenibilidad que permita la conservación y continuidad del medio ambiente y las especies endémicas que en él habitan.

El análisis de contaminantes presentes en el balneario Boca de Cachón se hace posible gracias a los avances que se han logrado en la aplicación de técnicas nucleares en la hidrología para el conocimiento de los niveles de contaminación en el agua y su posible procedencia, en especial la técnica denominada espectrometría de absorción atómica.

Mediante el conocimiento de los niveles de contaminación y su influencia en la salud de los habitantes comunidades que se desarrollan alrededor del Lago, y a la vez el impacto que dichas comunidades pudieran tener en elevar la presencia de contaminantes que lleguen al lago.

Una vez se tenga conocimiento de los resultados de estos análisis lograr que las autoridades se enfoquen en lo que se considera una de las zonas más desfavorecidas de nuestro país y se tomen las medidas necesarias para la disminución del impacto que las comunidades tengan en el ecosistema del lago y la continuidad de estudios para el conocimiento de las posibles fuentes y el alcance de la contaminación.

Planteamiento del problema

En los últimos años a nivel global se han generado problemas ambientales derivados de las actividades humanas, de la creciente población mundial y por tanto del aumento en nivel de consumo de insumos, pero de manera muy significativa debido al aumento del consumo energético; Estas situaciones conllevan al incremento de la temperatura a nivel mundial, la disminución de la capa de ozono, la modificación de la biodiversidad, la eutrofización de las aguas y las frecuentes lluvias ácidas. En la República Dominicana no somos indiferentes a estos cambios, ya que todos pertenecemos a este sistema global. Entre los principales problemas presentes en nuestro país podemos nombrar la contaminación de los ríos y cursos de agua con desechos residuales de las industrias y de los domicilios, el agotamiento de los ríos y arroyos, y la contaminación del suelo.

En la República Dominicana hay aproximadamente unas 108 cuencas hidrográficas con unos 600 cursos de agua (ríos y arroyos), el 80% de las cuales sufre grave degradación a causa de la deforestación y la erosión de los suelos, mientras el abastecimiento de agua potable está en crisis ascendente (el 52% de la población no tiene acceso al agua potable) y la productividad de la tierra ha disminuido grandemente, por lo que ha despertado el interés de instituciones tanto públicas como privadas en este ámbito, logrando la promulgación de leyes como la 64-00 Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales y la creación de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente llamada a reordenar los organismos públicos pertenecientes al sector Medio Ambiente y Recursos naturales. Movimientos sociales y ambientalistas están haciendo énfasis en la necesidad de preservar los entornos naturales, principalmente en materia hidrográfica, en la cual hay que tomar una postura

diagnostica sobre los cambios que se han producido y sus efectos en el tiempo. (Franco, 2003)

El Lago Enriquillo es el principal en tamaño no solo en nuestro país sino también en la región del caribe, y en este se presenta un ecosistema con especies importantes en la región, por lo que es declarado por la UNESCO como "Reserva de la Biósfera" junto al Parque Nacional Jaragua y el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, lugar donde habitan varias de las 166 especies de reptiles registradas en nuestro país, pero sobre todo, el hábitat del reptil más grande e impresionante que tenemos, el cocodrilo americano. Estas condiciones han dado como resultado un aumento del interés de turismo en materia medioambiental, que puede verse afectado por condiciones de contaminación que pudieran comenzar a presentarse en el acuífero. (turismo verde, s.f.)

Además de la diversidad de flora y fauna presente, la presencia humana en los alrededores del Lago, incrementa las actividades antropogénicas que podrían ser focos de algún tipo de contaminación del acuífero, afectando la conservación de la vida presente en los mismos y también pudiendo afectar la salud de los humanos residentes en estas comunidades.

En años recientes dichos efectos del Lago Enriquillo sobre las comunidades han sido significativas, estudios realizados sobre el problema indican que una superficie de 28 kilómetros de terreno alrededor del lago está inundada y que 340,000 tareas con potencial agrícola y ganadera quedaron bajo agua. Se calcula que alrededor de 2,400 familias han perdido su medio de subsistencia. A todo esto hay que sumar el potencial peligro a la salud

de la población a la misma estar en contacto con agua que podría presentar niveles de contaminación elevados. (Perez, 2011)

En el año 2013 a consecuencia de las aguas unas 535 familias de Boca de Cachón en Jimaní, necesitaron ser reubicadas, y sumando a esto unas trescientos cincuenta mil tareas de terrenos cultivados quedaron cubiertas por el agua. (Sanchez, 2013)

Con este estudio se pretende dar un primer panorama con respecto a cómo todas estas situaciones que ha sufrido el Lago Enriquillo puedan haber colaborado en elevar los niveles de contaminación presentes en las orillas del Lago Enriquillo, siendo la principal interrogante en este estudio el conocer cuáles son las zonas que mayor aporte de contaminantes generan sobre el referido lago.

Preguntas de investigación

- ¿De qué manera se podrá determinar las características físico químicas y microbiológicas del balneario de Boca de Cachón como afluente del Lago Enriquillo?
- ¿Cuáles son los mayores índices de contaminantes en el balneario de Boca de Cachón?
- ¿En qué medida influyen las comunidades aledañas al lago en el deterioro medioambiental y conservación del mismo?
- ¿De qué manera se puede poner en funcionamiento un plan de sostenibilidad en la zona?

Justificación

El Lago Enriquillo es una de las mayores reservas de agua con características geomorfológicas únicas en la región, y es también hogar de una gran diversidad de fauna única como lo son: La Iguana Rinoceronte, la Iguana Ricord y el Cocodrilo Americano, además de una gran biodiversidad endémica.

En las zonas aledañas al lago existen poblaciones con condiciones socio-económicas deplorables, ya que según trabajos de campo realizados por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la incidencia de la pobreza en la provincia Bahoruco es de un 60.4% y de la provincia Independencia es de 57.2%, contrastando estas cifras con el 36.5% que tenemos a nivel nacional, también presentando tazas de desnutrición altas de 18.3% y 11.3% respectivamente, siendo hasta 1.83 veces más que el nivel promedio nacional. Estas provincias también presentan niveles de analfabetismo más elevados del país, contando con un 22.1% para la provincia Bahoruco y un 23.7% la provincia Independencia.

En dichas comunidades aledañas al lago se considera que un número superior del 30% de las viviendas requieren servicios sanitarios, ya que ningún municipio tiene un sistema de alcantarillado apropiado y en todos los municipios del Lago se hace disposición abierta de residuos sólidos, cerca de viviendas y arroyos, lo que se puede considerar una amenaza directa a la conservación del ecosistema del lago, así como a la salud de los habitantes de dichas comunidades.

Sólo 19 de 30 sistemas de abastecimiento existentes en las provincias aledañas al Lago Enriquillo tienen algún tipo de sistema de cloración, operando con mecanismos que no permiten la continuidad adecuada del servicio y presentan un alto riesgo de contaminación, tampoco teniendo un sistema eficiente para monitorear la calidad del agua. La contaminación de las aguas por residuos sólidos o líquidos se ha venido incrementando, representando un riesgo potencial para la salud de la población. (DÍAZ, 2013)

Todas estas condiciones vienen dadas a la falta de atención por parte del gobierno dominicano para el desarrollo de una de las zonas más desfavorecidas y olvidadas de nuestro país y que sin duda afectan de manera directa la preservación del Lago Enriquillo y todo su ecosistema.

Este trabajo pretende servir de línea base como propuesta para la elaboración de un plan estratégico de mejoras y sostenibilidad de las condiciones medio ambientales del lago con el fin de establecer un mejor manejo de los recursos naturales de la zona, tanto para la preservación de los mismos, así como de las condiciones de las poblaciones aledañas buscando la sostenibilidad socioeconómica en el tiempo.

Objetivos y Planificación

Objetivos de la investigación

General

Establecer línea base como insumo para la elaboración de un plan estratégico de mejoras y sostenibilidad de las condiciones medio ambientales del Lago Enriquillo.

Específicos

- Analizar los Niveles de contaminación presentes en el Balneario de Boca de Cachón mediante el uso de:
 1. Técnicas nucleares para la cuantificación de contaminantes inorgánicos.
 2. Análisis Microbiológicos para la cualificación de los contaminantes de origen antropogénico.

- Determinar el mayor Flujo de contaminantes

- Realizar evaluación previa de la influencia que las comunidades aledañas a Boca Cachón tienen como generadores de contaminantes.

- Proponer la asignación de recursos para la puesta en funcionamiento de un plan de sostenibilidad de las comunidades aledañas.

Planificación

La metodología que se emplea en este trabajo de investigación se basa en la obtención de muestras de agua en el balneario de Boca de Cachón, ya que este se encuentra en una de las zonas de mayor población y cuya descarga va directamente al Lago Enriquillo. Dichas muestras se analizarán mediante el uso de técnicas nucleares para determinar la presencia de contaminantes y su posible procedencia.

Se hará una investigación en las distintas instituciones gubernamentales para recolectar información concerniente al Lago Enriquillo, para una mejor comprensión de la zona a trabajar.

Entre la información a obtener:

- Mapa geológico de la cuenca del lago
- Mapa de aportes hidrográficos al Lago Enriquillo
- Mapa e información sobre los cambios de área y volumen sufridos por el lago
- Uso de suelo
- Estudios batimétricos realizados
- Información demográfica
- Record de precipitaciones y condiciones climáticas de la zona
- Levantamiento de la zona mediante observación y posterior muestreo
- Determinar existencia de contaminantes en las aguas del lago

Antecedentes

En estudios realizados por instituciones gubernamentales y representantes de las Naciones Unidas para el plan estratégico de recuperación y transición al desarrollo de la zona del Lago Enriquillo, se pudo constatar que desde el año 2009 se han producido pérdidas en familias equivalentes al 48.28% de la población proyectada en los municipios aledaños.

El 70% del área inundada por la crecida del lago era en un momento utilizado para actividades económicas como la agricultura y la ganadería, lo que ha ocasionado una disminución considerable de la producción de la zona.

En el marco del Programa Medioambiental Transfronterizo (PMT) Haití – República Dominicana Financiado por la Unión Europea, se citó como principales fuentes de contaminación en las comunidades de la zona desechos procedentes de centros urbanos, letrinas contaminan las fuentes de agua potable y las estaciones recreativas de baño.

El desarrollo y el uso de las técnicas nucleares en la última década ha sido utilizada en varios países de América Latina, como por ejemplo en Colombia, Chile, Costa Rica, Perú y Ecuador, donde los resultados obtenidos han ayudado a que las instituciones responsables de dichos países tengan una mejor comprensión y un mejor uso de los recursos hídricos con los que cuentan.

Los resultados logrados en los estudios realizados en los países anteriormente mencionados permitieron la obtención de información acerca de distintos aspectos hidrológicos de importancia para las zonas donde se aplicaron, como son el estimación del

volumen almacenado, tasas de recarga y descargas, así como la dirección de los flujos que se dirigen hasta los puntos de investigación.

En los estudios realizados por parte del Organismo internacional de Energía Atómica, IAEA, en acuífero en Chile, se determinó que gran parte de la recarga del acuífero provenía de redes de abastecimiento y del alcantarillado, influyendo en los niveles piezómetros y afectando la dirección del flujo.

Provincias de Artemisa y la Habana, Cuba

En estas dos provincias más de un 85% del agua es obtenida 94% de fuentes en el subsuelo y más del 94% del volumen total que se destina a abastecer la población mediante sus acueductos es también de origen subterráneo. Se aplicaron técnicas nucleares para el análisis de la calidad de agua, seleccionando los pozos de obtención como población para el muestreo.

En los resultados obtenidos se determinaron las zonas de la sub-cuenca con mayor vulnerabilidad a la contaminación, identificando las fuentes de donde provenían dichos contaminantes. Dichas fuentes identificadas fueron las de forma natural, como la intrusión de agua salina al sistema, y la antrópica, como lo fueron los residuos de actividades agropecuarias, residuos químicos y los residuos de fertilizantes utilizados. De esta manera se logró diseñar y mejorar la red de puntos de monitoreo de las aguas subterráneas.

Acuífero Barba, Heredia, Costa Rica



Muestreo en manantial. Fuente Laboratorio de Hidrología Ambiental, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

Este proyecto de investigación es parte de un programa regional de investigación en acuíferos de América Latina, que cuenta con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En dicho proyecto se aplicaron técnicas nucleares en la determinación de flujo y origen de ciertos contaminantes en el acuífero. se estableció una red de monitoreo de aguas de lluvia en las que se analizaron los isótopos ambientales (O^{18} y deuterio), que al compararse con la identidad isotópica de las aguas del subsuelo permitieron determinar las principales áreas de recarga. Las técnicas isotópicas, además, han permitido obtener una especie de “huella digital” de los nitratos en las muestras de agua y así dar seguimiento a este contaminante hasta su origen. Se identificaron como principales culpables de la contaminación: a la descarga constante hacia el suelo de sustancias nitrogenadas desde los tanques sépticos, extensamente utilizados en zonas urbanas y rurales, a y los fertilizantes nitrogenados aplicados en las plantaciones de café.

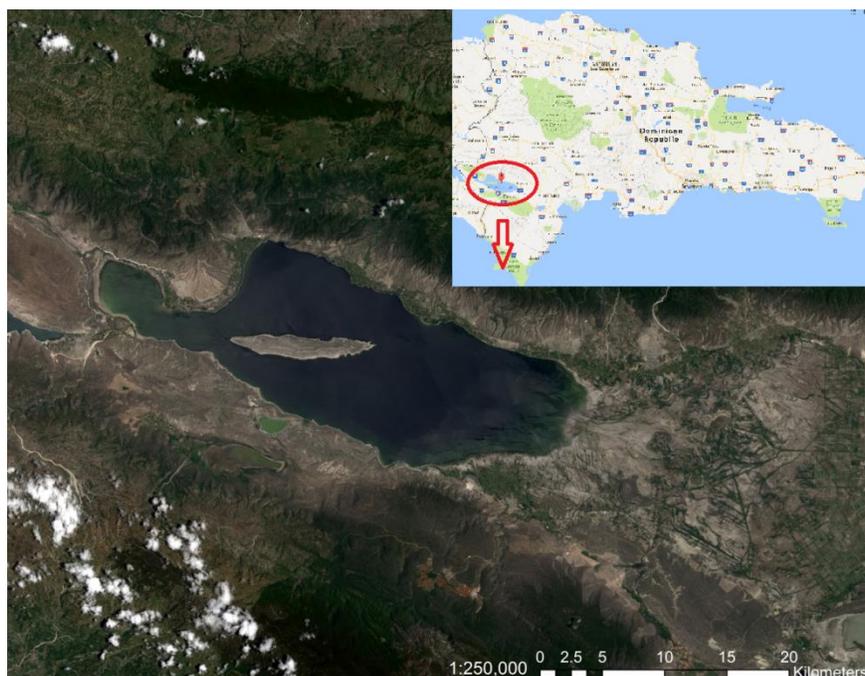
Marco Teórico

Generalidades

Lago Enriquillo

Ubicación

El Lago Enriquillo se localiza en la región sur de la República Dominicana, entre las provincias Bahoruco e Independencia. Tiene sus límites al norte en la Sierra de Neyba y al sur en la Sierra de Bahoruco, lo limita en la parte oeste la línea fronteriza con Haití y al este una divisoria de aguas que lo separa de la Laguna de Cabral (Ver mapa 1). Alrededor del lago se encuentran municipios de gran importancia como Jimaní, La Descubierta, Duvergé, Villa Jaragua y Neyba. Las coordenadas de la ubicación del lago son $18^{\circ} 29' 8''$ N, $71^{\circ} 36' 55''$ W.



Mapa 1: Ubicación Lago Enriquillo Fuente: propia

Descripción

El lago forma parte del Parque Nacional Lago Enriquillo e Isla Cabritos y de la Reserva de Biosfera de Jaragua-Bahoruco-Enriquillo. Es el mayor lago no solo de la Republica Dominicana, sino también de las Antillas. Este es una reserva de agua salada, y la salinidad del mismo es mayor que la del mar y la variación depende principalmente de la evaporación. En la parte norte del lago se ha encontrado valores máximos que superan los 66 ppm (partes por millón) en el fondo, lo que hace que el lago sea hipersalino. Está situado a una profundidad aproximada de unos 44 metros bajo el nivel del mar, pero el nivel varía dado el escurrimiento de las aguas superficiales de la cuenca y la evaporación de las aguas.



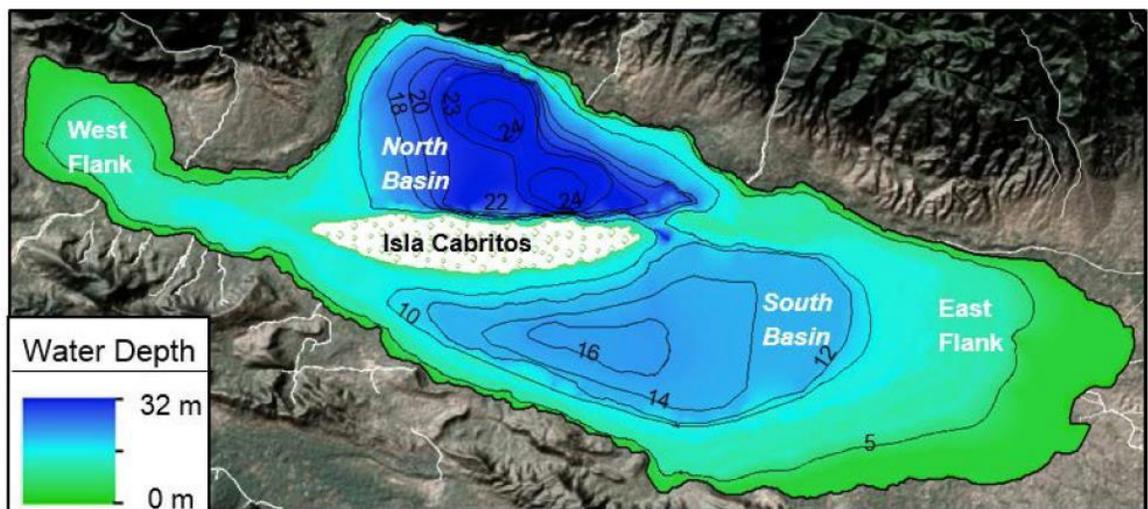
Vista Lago Enriquillo desde Las Caritas. Fuente: Propia

Según estudios realizados el lago constituía un canal marino que comunicaba las bahías de Neyba y de Puerto Príncipe (Haití), pero a causa de fuertes movimientos

tectónicos y los aluviones que, al pasar de los años se fueron depositando en sus aguas, quedó encerrado y hoy en día es el lago más grande del Caribe. (Rivas, 2010)

Propiedades básicas del lago

El área superficial del lago es controlada por la batimetría y por la topografía regional. El lago alcanza su mayor profundidad en la cuenca norte (-32m en el 2013) y en la cuenca sur (-18 en el 2013) y profundidades más bajas en los flancos oriental y occidental donde el 21% del lago se encuentra a profundidades menores a 4m (ver mapa 2).



Mapa 2: Batimétrico que divide el Lago en segmentos en cuencas (Norte y Sur) y flancos (Oriental y Occidental). (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

En el año 2013 el lago tenía una profundidad promedio de 11 m, presentando en los flancos este y oeste una gradiente batimétrica que va desde los 0 grados hasta los 1.4 grados. Tanto la cuenca norte como la cuenca sur, así como el fondo del lago cercano a la isla cabritos, presentan pendientes más pronunciadas en los rangos que van desde los 4 hasta los 9 grados. (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

Entre los años 1984 y 2013, el nivel de agua en el lago oscilaba desde los 54 m b. n. m. hasta los 41 ms. n. m. con una elevación media de 50 m b. n. m. Así también, tanto el volumen de agua como el área del lago cambian acorde con los cambios de elevación que sufra el mismo. Entre los años 1984 y 1997 el área fue disminuyendo para luego en el 1998 mostrar un incremento significativo, que se sostuvo hasta el año 2002. Luego los niveles fueron bajando hasta el 2005. En el período comprendido entre el 2005 y el 2013 el área aumentó más del doble, pasando de tener 162.3 km² hasta unos 352 km². El volumen presenta el mismo comportamiento que el del área (Ver gráficos 1 y 2). (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

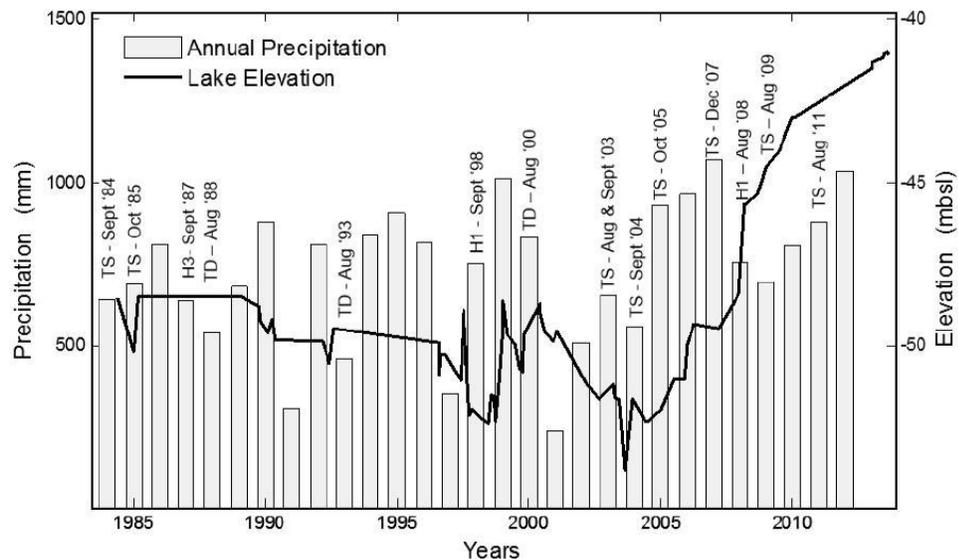


Grafico 1: relación entre la elevación del lago, la precipitación recolectada en la Estación local de Jimaní, mostrando TD: depresión tropical, TS: Tormenta tropical y H#; para huracanes especificando la categoría del mismo; Mostrando que los niveles tienden a aumentar después del paso de estos fenómenos naturales. (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

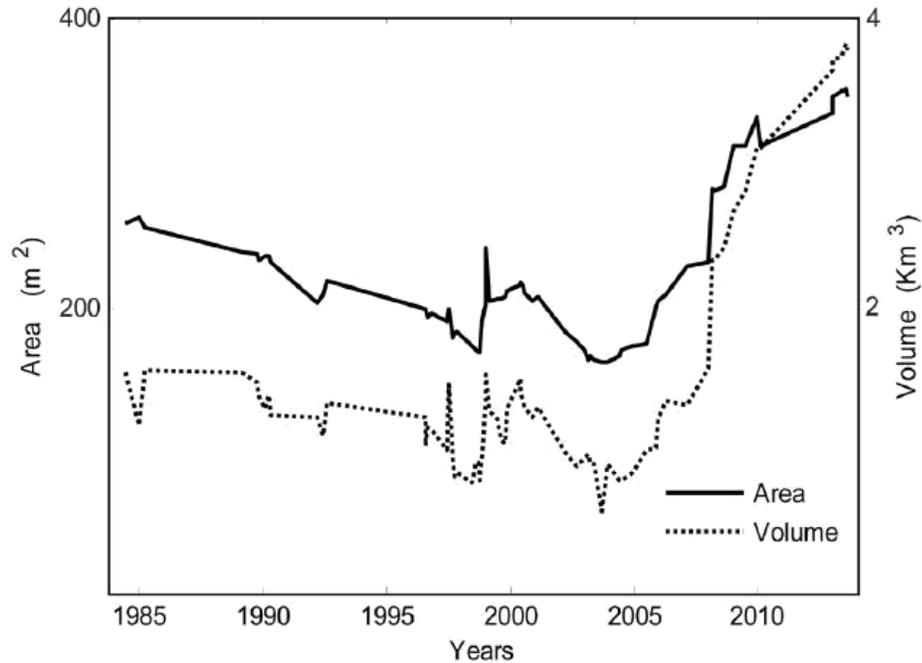


Grafico 2: que muestra el área y el volumen del agua del lago durante los años 1985 y 2010. (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

Efectos de las tormentas en la precipitación

Desde el año 1984, un total de 15 tormentas han pasado directamente por la Isla Hispaniola (depresiones tropicales o mayores). Los años en los cuales las tormentas afectaron la isla hubo un incremento de unos 19cm en los niveles de precipitación. (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

Evaporación

Un estudio realizado por la NASA, indica que los valores promedio mensuales de insolación en la superficie del suelo del Lago Enriquillo son 5.3 kw/m², dadas las grandes temperaturas que se presentan en la región, llegando la evaporación a ser un parámetro de carácter crítico a la hora de considerar los niveles de agua. Los rangos de evaporación para el período comprendido entre los años 1998 y los años 2008 fueron de 341.2 mm³ hasta los 2600 m³ en este último año.

Station	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitation (mm)	Evapot. (mm)	Temp. Max. (°C)	Temp.Min (°C)
Descubierta	18.34	71.44	9.00	548.80	1724.12	33.50	22.80
Duverge	18.22	71.31	2.00	508.00	1894.3	34.30	22.61
Jimani	18.29	71.51	10.23	713.60	1854.91	33.90	22.60
Neyba	18.28	71.25	30.90	520.20	1846.61	33.00	22.11

Tabla 1: Datos obtenidos por:(Mendez , y otros, 2016)

Balance hídrico

Limitando el balance hídrico del lago a los efectos de las precipitaciones, incluyendo las tormentas, y los efectos de la evaporación, entonces se podría calcular el volumen anual de agua que entra al lago debido a la transportación de la misma a través del área de la cuenca de drenaje (ríos superficiales y ríos subterráneos). El volumen medio de agua que entra al Lago Enriquillo por la cuenca hidrográfica ha incrementado por 0.38km³/año desde el 2005. Entre los años 1985 y el 2004, el lago necesitó un promedio de 0.02km³/año de volumen entrante proveniente de las cuencas, comparado con un 0.4km³/año entre los años 2005 y 2013 (Ver gráfico 3).

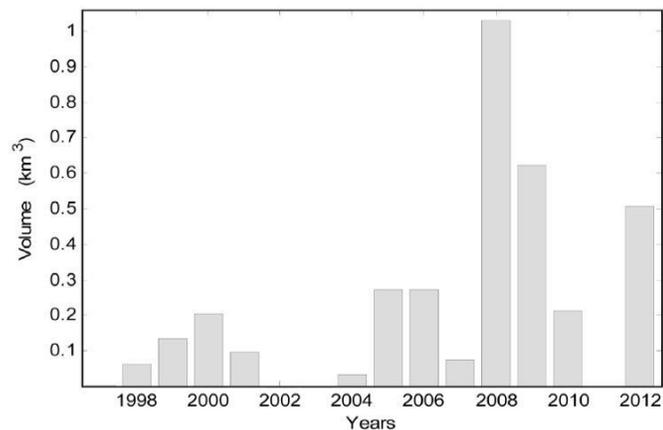


Gráfico 3: volumen anual estimado de agua entrante al lago no

Proveniente de precipitaciones. (Wright, Hornbach, Mchugh, & Mann, 2015)

Salinidad del lago

Los niveles de salinidad varían de acuerdo con los ciclos anuales y de temporada de aridez y de humedad dados por tormentas. En años recientes se han presentado niveles de más de 100% de salinidad y una disminución en los niveles de agua en la superficie y niveles menores de salinidad de hasta 35%, cuando dichos niveles de agua presentan niveles altos. (Mendez y otros, 2016)

La salinidad del lago ha cambiado de manera significativa desde el año 1977, de un 76.8% hasta alcanzar un 103.1% en el año 2002; Sin embargo, desde el año 2003, los niveles de salinidad decrecieron e incluso se mantuvieron bajo el 31% hasta el año 2013.

Temperatura y pH

La temperatura de la superficie de agua en la cuenca norte es de entre 28.6 °C y 30.5°C, con la temperatura más baja presentándose en marzo del 2003. En la cuenca sur se obtuvieron unas temperaturas de entre 27.9°C (marzo 2003) y 29.7°C (noviembre 2002). Noviembre fue el mes en que más calor se presentó en las columnas de agua. (BUCK, 2004)

Hidrología

La cuenca del Lago Enriquillo presenta ríos que son generalmente pequeños, presentándose muchos de estos en condiciones de escorrentía natural. Los ríos más importantes que alimentan dicha cuenca se originan en la parte norte, más específicamente en la sierra de Neyba. Durante estudios realizados en la zona se encontró una capacidad hídrica de por lo menos 108000 m³/a (Ríos: Bermesí, Majagual, Las Damas, Guayabal,

En el Lago Enriquillo desembocan más de 80 manantiales de agua dulce, los cuales presentan caudales elevados, superando los 40 l/s. En la zona de la descubierta se encuentran manantiales con caudales de 330 l/s , y en Boca Cachón caudales como 450 l/s. Los manantiales se encuentran alineados en la zona norte del lago desde el oeste en Boca Cachón y la Descubierta, hasta Postrer Río, Clavellina y cerca de la ciudad de Neyba. (Rodríguez, 2009)



La Descubierta, Lago Enriquillo. Fuente: Propia

Pozos

En la zona de influencia del lago el INDRHI tiene una red que se encarga de monitorear las aguas subterráneas. Dichos pozos de observación han presentado un incremento en los niveles de agua en los últimos 10 años.

Las islas

La Isla Cabritos se encuentra enclavada en el Lago Enriquillo y cuenta con un área de 24 km², extendiéndose en su lado más largo por 12 km y en su lado más ancho tiene 2.5 km. Sus suelos están formados por depósitos lacustres marinos, básicamente arcillas calcáreas impermeables y sus costas terminan en playas.

Las otras dos islas son Barbarita (también conocida localmente como "Chiquita") y la Islita. En sequías prolongadas, estas islas, en especial las dos últimas, se convierten en penínsulas pudiéndose llegar a ellas caminando. (Republica-dominicana.blogspot.com, 2009)

Geología

Según estudios realizados por distintos geólogos, lo que conocemos hoy como la Hoya del lago Enriquillo fue creada por movimientos tectónicos que fracturaron la placa dando lugar a una cuenca cerrada en lo que fue un canal marino que se secó con el transcurso del tiempo, quedando el valle bajo el nivel del mar entre las sierras de Bahoruco y de Neyba. En el fondo del valle se pueden encontrar rocas calizas de arrecife del período eoceno-mioceno.

Suelos de La Hoya de Enriquillo

La Hoya es una depresión rellena por aluviones del Cuaternario y bordeada por antiguas terrazas marinas que constituyen verdaderas playas a lo largo del borde meridional de la Sierra de Neyba y septentrional de la Sierra de Bahoruco. Condiciones como la aridez y la salinidad, así como la textura arenosa, permiten incluir casi todos los suelos de la hoya dentro de una sola agrupación.

En parte de la superficie de La Hoya se puede encontrar un fondo marino con arenas, conchas y esponjas, entre las que destacan las esponjas silíceas *Axinella* polipoides que es muy común observarla en los taludes de los caminos.

Se pueden clasificar los suelos para su facilidad de estudio en:

A) Aluviales recientes indiferenciados

Estos son los suelos representados casi por completo por el plano aluvial del Rio Yaque Del Sur. Estos ofrecen mayor producción agrícola y son los que más se aprovechan en dicha zona dada la cantidad de agua disponible proveniente del ya mencionado rio.

Climatología

La temperatura en toda la zona es relativamente alta en comparación con otras regiones, dicha temperatura oscila entre los 27 °Celsius y los 28 °Celsius, llegando incluso a alcanzar los 36 °Celsius en algunas ocasiones durante el año. La precipitación es baja ya que el lago se encuentra en una zona seca. La precipitación media anual es de 500 milímetros que se concentran en dos épocas: mayo-junio y septiembre-octubre. (Quezada, 2009)

Un aspecto que tiene gran influencia en el ciclo hidrológico y el balance hídrico del lago es la ausencia de nubosidad, se puede percibir la falta de cúmulos y por lo tanto se disminuye la posibilidad de precipitación, lo que conlleva a la evaporación diaria que según datos puede ser de entre 7 a 8 milímetros diarios. (Quezada, 2009)

Otro punto no menos importante son las circulaciones secundarias del viento y la confluencia que regula el transporte de la humedad en forma de vapor.

Fauna

Existen una gran variedad de especies de reptiles de gran importancia como lo son la iguana rinoceronte y de la Ricord, además del cocodrilo americano, cuya población en estado silvestre es una de las mayores en el mundo y una de las especies en peligro de extinción junto con la iguana rinoceronte (Ver imagen Iguanas Rinoceronte).



Iguanas Rinoceronte. Fuente: Propia

Flora

La vegetación de la zona y de las islas que se encuentran en el lago son típicas de bosque seco, excepto en algunos lugares en que presentan manglares. Las cactáceas son comunes lo mismo que guayacán (*Guaiacum officinale*), bayahonda o cambrón (*Prosopis juliflora*) y otros. Una especie importante es la Saona (*Ziziphus rignoni*) ya que sus frutos son comidos por las iguanas (Ver imagen vegetación de la zona). (Jmarcano.com, n.d.)



Vegetación de la zona vista. Fuente: Propia



Lago Enriquillo. Fuente: Propia

Turismo

En términos de importancia turística el lago se ha convertido en un atractivo para visitantes nacionales al igual que para extranjeros. Las visitas se desarrollan principalmente en La Azufrada y luego de allí pasan a la Isla Cabritos. A esto se suma que es considerado como parque nacional y declarada reserva de la biosfera por la UNESCO (Ver mapa 4), lo que aumenta su potencial en materia de ecoturismo. (jmarcano)



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PARQUE NACIONAL LAGO ENRIQUILLO

El Lago más grande de las Antillas, es el hábitat del "Cocodrilo Americano" además de ser lugar para la observación de Aves exóticas.

SITIOS DE INTERES <ul style="list-style-type: none">• Isla Cabritos.• Los Borbollones.• Agua sulfurosa en "La Azufrada".• Petroglifos "Las Caritas".	ACTIVIDADES <ul style="list-style-type: none">• Visita a Isla Cabritos.• Recorrido en bote por el Lago.• Observación de Iguanas y Cocodrilos.• Observación de Aves.• Senderismo.• Baño en aguas azufradas.	CARACTERÍSTICAS <ul style="list-style-type: none">• Lago más grande de las Antillas.• Alto grado de salinidad.• Superficie 40 mts. bajo el nivel del mar.• Hábitat de las Iguanas y del "Cocodrilo Americano".• Región más árida del país.
--	--	---

UBICACIÓN: Suroeste de la República Dominicana, entre las poblaciones de Neiba y La Descubierta.

Volvamos al Verde

CONOCIENDO LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA

Información sobre el Lago Enriquillo. Fuente: Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales

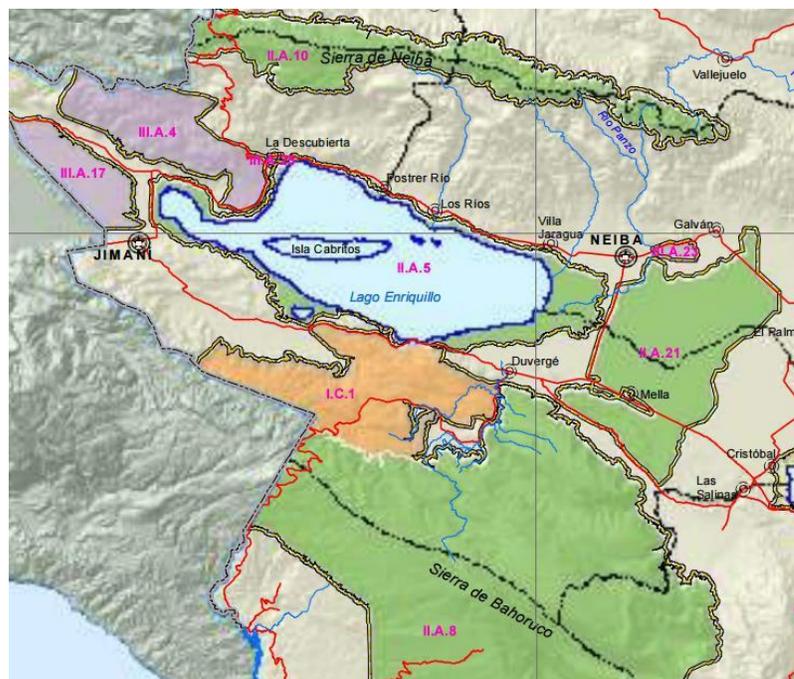
En el lago Enriquillo y sus alrededores existen lugares claves reconocidos como puntos turísticos por la belleza de sus recursos naturales:

La Azufrada, en la entrada al Parque Nacional Lago Enriquillo, es conocida por su "piscina" de agua con alto contenido de azufre a la que se le atribuye propiedades curativas.

Los Borbollones es una de las zonas más bellas pero también más sensibles del lago Enriquillo. Aquí se pueden observar cocodrilos de diferentes edades y aves acuáticas de distintas especies como el flamenco. Para mantener el equilibrio ecológico, no es permitido el desembarque de los botes.

La bahía de Boca de Cachón es de gran importancia para la observación de más de mil flamencos, cucharetas y varias especies de garzas que pueblan la bahía.

Los arrecifes de Postrer Río, a dos Kms. antes de llegar al pueblo del mismo nombre, están localizados al borde de la carretera. Estos arrecifes son un mirador natural desde donde se tiene una vista panorámica del lago.



Mapa 4: Zonas declaradas como parque nacionales (verde). Fuente: Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales

Poblaciones alrededor del lago y datos sobre las provincias que lo contienen.

El Lago se ubica entre la provincia Bahoruco (Bahoruco) y la provincia Independencia.

Bahoruco

La provincia Bahoruco forma parte de la región Enriquillo del país y cuenta con una superficie de 1,284.9 Km². Está limitada al norte por la provincia San Juan, al este por la provincia Azua, al sur por la provincia Barahona y al oeste por la provincia Independencia.

La provincia está constituida por 5 Municipios y contiene 9 Distritos Municipales. Municipios: Neyba, Galván, Tamayo, Villa Jaragua y Los Ríos. Distritos Municipales: El Palmar, El Salado, Uvilla, Santana, Montserrat, Cabeza de Toro, Mena, Santa Bárbara y Las Clavellinas.

De acuerdo al último Censo Nacional de Población y Viviendas realizado en el año 2010, el número de habitantes es de 97,313, con una densidad poblacional de 75.74 habitantes/km² (Ver tabla 2 y 3).

De la superficie total de esta provincia el 29.71% correspondiendo a 381.69km² está bajo área protegida, con un total de 7 áreas protegidas agrupadas en cuatro categorías de manejo que son Área de Manejo de Habitat/Especies, Monumento Natural, Parque Nacional y Reserva Natural, según el Sistema Nacional de Áreas protegidas.

Según el mapa de Uso Agropecuario 2003 el área dedicada a la actividad agrícola, incluyendo agricultura mixta, arroz, caña, cítricos y pasto, entre otros es de 469.63 km², donde la agricultura mixta es la más extensa ocupando una superficie de 275.54 km².

De acuerdo al Estudio de Uso y Cobertura del Suelo 2012 la cobertura boscosa ocupa 488.1 km² equivalente a un 37.7% de la superficie de la provincia, donde el bosque seco ocupa 376.5 km² (29.1%), el conífero 7.0 km² (0.5%), el latifoliado 103.3 km² (8%) y los mangles 1.5 km². La superficie agropecuaria compuesta por cultivos perennes o permanentes, cultivos intensivos anuales y pasto tiene una extensión de 503.5 km².

Independencia

La provincia Independencia forma parte de la Región Enriquillo, con una superficie de 2,007.40 km². Para el 2010, según el censo de población y vivienda realizado por la ONE, la población era de 52,589 habitantes, correspondiendo al área urbana el 80 % y el 20 % al área rural, asimismo, de la población total 27,007 son hombres y 25,582 mujeres (Ver tabla 2 y 3).

Está limitada al norte por la provincia de Elías Piña, al este por las provincias Bahoruco y Barahona, al sur por la provincia de Pedernales, y al oeste por la República de Haití. La provincia está constituida por 6 municipios: Jimaní, Duvergé, La Descubierta, Postrer Río, Cristóbal y Mella; contiene 6 distritos municipales: El Limón, Boca de Cachón, Vengan a Ver, Guayabal, Batey 8 y La Colonia. ONE, 2010.

La Geomorfología de la provincia forma parte del territorio de la Hoya de Enriquillo, Sierras de Neyba y Bahoruco, incluye abanicos aluviales y depósitos lacustres marinos y zonas rocosas definitivamente montañosas.

La provincia Independencia de su superficie total de 2,007 km² el 62.93 % (1,263.19 km²) estas bajo áreas protegidas. De este total 897.54 km², están dentro de la categoría de Parques Nacionales, incluyendo los parques: Jaragua, La Gran Sabana, Lago Enriquillo e Isla Cabritos, Sierras de Bahoruco y Neyba. Dentro de la categoría de Manejo

Hábitat/Especies, incluye área de la Laguna Cabral o Rincón con 29.48 km², como Áreas de Protección Estricta, estas la Loma Charco Azul con 174.19 km², dentro de Monumentos Naturales están: Las Caobas, Los Cacheos y Manantiales de las Barías con unas 161.98 km².

Los suelos de la provincia según OEA, 1967 incluye 9 asociaciones de suelos, siendo en su gran mayoría de origen calcáreos, sobre calizas, conglomerados y arcillas de deposición con permeabilidad intermedia. Así como suelos de origen coluvio-aluvial y ciénagas costera e interior. En lo referente a la capacidad productiva de los suelos 55.32 % del territorio de la provincia son de vocación forestal, alrededor del 13.34 % para cultivos permanente y pastos, el 7.67 % para cultivo de arroz y unos 11.70 % para cultivos intensivos.

Según el Estudio de Uso y Cobertura del Suelo 2012 la cobertura boscosa ocupa 798.8 km² equivalente a un 40.4% de la superficie de la provincia, donde el bosque seco ocupa 369.7 km² (18.7%), el conífero 157.4 km² (7.9%), y el latifoliado 264 km² (13.3%). La superficie agropecuaria compuesta por cultivos perennes o permanentes, cultivos intensivos anuales y pasto tiene una extensión de 470.3 km². (Ambiente.gob.do, n.d.)

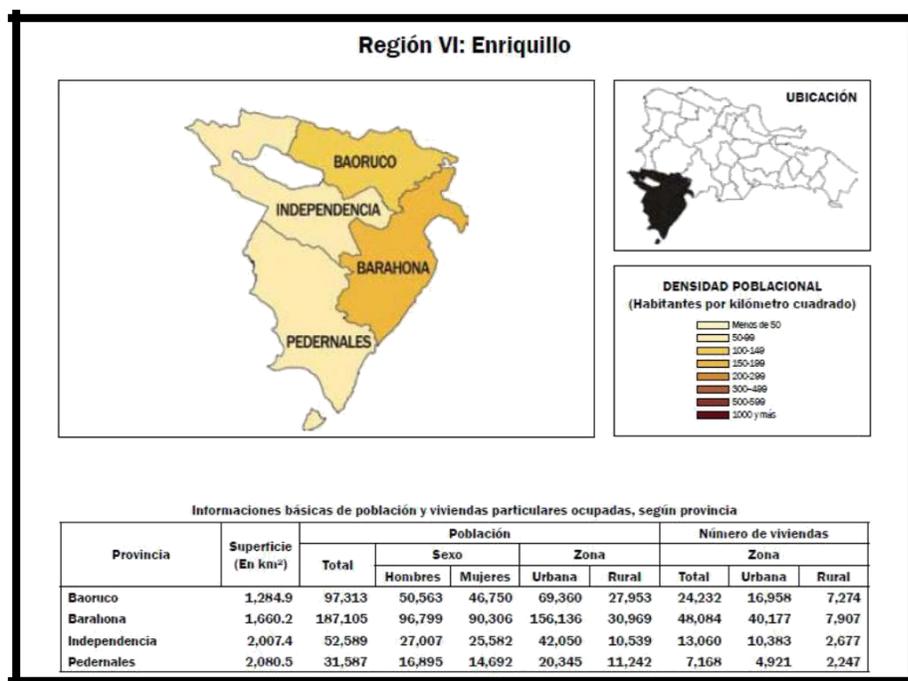


Tabla 2: Densidad poblacional region Enriquillo Fuente: ONE

Cuadro 4
REPÚBLICA DOMINICANA: Población y tasa anual de crecimiento medio anual,
según provincia, censos de población y vivienda 2002 y 2010

Provincia	Población		Tasa de crecimiento media anual 2002-2010 (por 100)
	2002	2010	
Total	8,562,541	9,445,281	1.215
Provincias con crecimiento alto o moderado			
La Altagracia	182,020	273,210	5.125
Pedernales	21,207	31,587	5.025
Santo Domingo	1,817,754	2,374,370	3.342
La Romana	219,812	245,433	1.366
Samaná	91,875	101,494	1.233
Provincias con crecimiento bajo			
Peravia	169,865	184,344	1.012
San Cristóbal	532,880	569,930	0.831
Baoruco	91,480	97,313	0.764
Santiago	908,250	963,422	0.728
Distrito Nacional	913,540	965,040	0.677
Barahona	179,239	187,105	0.530
María Trinidad Sánchez	135,727	140,925	0.464
Independencia	50,833	52,589	0.419
Monte Plata	180,376	185,956	0.376
Dajabón	62,046	63,955	0.374
Españat	225,091	231,938	0.369
Valverde	158,293	163,030	0.364
Puerto Plata	312,706	321,597	0.346
Azua	208,857	214,311	0.318
La Vega	385,101	394,205	0.288
Duarte	283,805	289,574	0.248
Sánchez Ramírez	151,179	151,392	0.017

Tabla 3: Poblacion y tasa anual de crecimiento medio anual, según provincias Fuente: ONE

Perfil económico de la población

En la provincia de Bahoruco, el porcentaje de la población en pobreza es 76.4% y la incidencia de la indigencia es de 30.2%. En cuanto para la provincia Independencia, la pobreza es del 70% y la indigencia de 22.5%. En contraste, la incidencia de la pobreza a nivel nacional era 40.9% y la de la indigencia era de 7.8%, según estudios realizados (ver tabla 4).

REPÚBLICA DOMINICANA: Número de hogares con productores agropecuarios y productores agropecuarios, por tenencia de tierras o animales en los últimos doce meses, según provincia

Provincia	Hogares con productores					Productores agropecuarios (personas)		
	Total	Declararon tierra y animales	Declararon tierra	Declararon animales	No declararon tierra ni animales	Total	Declararon tierra	Declararon animales
Total	347,563	71,501	112,517	109,621	53,924	385,687	192,017	193,670
Distrito Nacional	7,810	476	2,910	813	3,611	4,920	3,514	1,406
Azua	16,484	3,452	8,038	2,760	2,234	18,782	12,072	6,710
Bahoruco	7,814	2,016	3,006	2,000	792	9,574	5,239	4,335
Barahona	9,587	1,835	3,516	3,138	1,098	10,898	5,616	5,282
Dajabón	6,873	2,071	1,465	2,929	408	9,202	3,724	5,478
Duarte	15,989	3,165	5,353	5,870	1,601	17,977	8,635	9,342
Elías Piña	7,730	3,349	2,592	1,518	271	12,303	6,580	5,723
El Seibo	7,839	2,189	2,424	2,796	430	9,923	4,708	5,215
Españillat	12,845	2,398	3,868	5,405	1,174	14,554	6,425	8,129
Independencia	3,481	960	1,020	1,197	304	4,324	2,034	2,290
La Altagracia	7,871	1,304	2,311	2,430	1,826	7,557	3,692	3,865
La Romana	2,793	167	702	749	1,175	1,885	909	976
La Vega	18,505	2,820	6,357	6,498	2,830	19,231	9,484	9,747
María Trinidad Sánchez	8,963	1,698	2,696	3,692	877	10,209	4,530	5,679
Monte Cristi	6,763	1,084	2,330	2,626	723	7,383	3,510	3,873
Pedernales	2,419	720	937	512	250	3,101	1,785	1,316
Peravia	7,070	983	2,109	2,894	1,084	7,294	3,242	4,052
Puerto Plata	16,526	3,690	4,343	6,692	1,801	19,378	8,278	11,100
Hermanas Mirabal	5,452	1,040	2,045	1,886	481	6,121	3,113	3,008
Samaná	6,645	1,279	3,147	1,510	709	7,517	4,576	2,941
San Cristóbal	22,640	4,107	8,678	6,215	3,640	24,188	13,269	10,919
San Juan	23,854	8,309	6,906	7,073	1,566	32,935	16,071	16,864
San Pedro de Macorís	7,196	1,121	1,872	2,269	1,934	8,626	3,890	4,736
Sánchez Ramírez	10,513	2,617	3,111	3,736	1,049	12,558	5,851	6,707
Santiago	26,909	4,337	9,021	8,000	5,551	27,205	14,021	13,184
Santiago Rodríguez	5,600	1,810	927	2,524	339	7,363	2,788	4,575
Valverde	6,127	627	1,611	2,837	1,052	5,862	2,290	3,572
Monseñor Nouel	5,515	777	1,859	1,653	1,226	5,204	2,691	2,513
Monte Plata	18,938	5,582	5,783	6,215	1,358	24,173	11,735	12,438
Hato Mayor	5,992	1,468	2,167	1,610	747	7,176	3,814	3,362
San José de Ocoa	5,538	1,575	1,590	2,092	281	7,024	3,232	3,792
Santo Domingo	29,282	2,475	7,823	7,482	11,502	21,240	10,699	10,541

Tabla 4: Número de hogares con productores agropecuarios (MARCO

ESTRATÉGICO PARA LA RECUPERACIÓN Y TRANSICIÓN AL

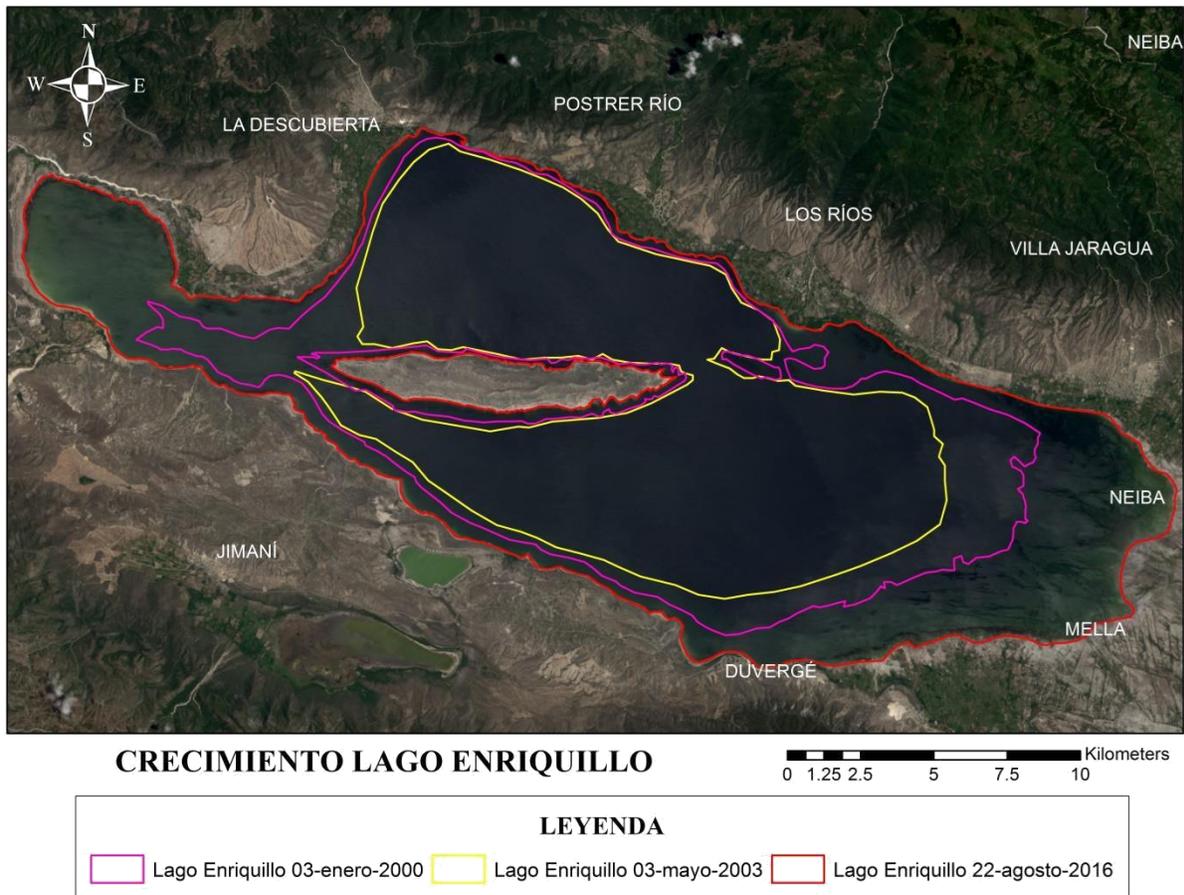
DESARROLLO, 2009)

Problemas que afectan la zona

La zona donde se encuentra el lago se ha visto afectada en años recientes por varios eventos los cuales han dejado ver las carencias que sufren las poblaciones que se desarrollan alrededor del lago.

Entre los eventos podemos mencionar la riada de Jimaní en el año 2004, la cual dejó a más de 2000 personas fallecidas, la destrucción de unas 5000 viviendas y efectos ambientales severos. Distintas tormentas como en el 2007 lo hizo la tormenta Sandy, que afectó de manera considerable las provincias Bahoruco e Independencia, destruyendo el 79% de la actividad agropecuaria, una de las principales fuentes de ingreso de la región.

En la actualidad el evento que ha tenido un mayor impacto es la crecida del lago. Desde hace una década se ha dado un crecimiento del nivel del lago y consigo la expansión de las aguas de este. Este incremento en los niveles de agua ha provocado inundaciones que han causado daños considerables a más de 6000 hogares, y afectando la agricultura y el normal desarrollo de actividades económicas dada la salinización de los suelos. Otro aspecto es el daño ocasionado a las vías de comunicación.



Mapa 5: Crecimiento Lago Enriquillo Fuente: propia

La población afectada directamente por las inundaciones del Lago Enriquillo y la Laguna de Cabral se estima en 27,046 habitantes, equivalente al 22% de la población total de los municipios que rodean el Lago y en forma indirecta el 80% de la población total. Los municipios más afectados han sido Jimaní (5,855 personas), Duvergé (11,395 personas) y Cristóbal (3,865), y en menor proporción Neyba (375), Postrer Río (1015), Villa Jaragua (1750), La Descubierta (526) y Mella (750).

El Lago Enriquillo aumentó de altura y de expansión de aguas en sus alrededores en comparación con los referentes que existían en el año de 1984, a razón de 1 metro de altura por año desde el 2004 y ha pasado de ocupar 17,200 hectáreas (172 km²) en el año de

1984, a 37,000 hectáreas (370 km²) en el año 2010 y a 40,400 hectáreas (404 km²) en el año 2013. (Urbaz, et al., 2013)



Nueva Boca de Cachón. Fuente: Propia

Una de las comunidades más afectadas es Boca de Cachón cuyo principal ingreso eran la agricultura y la ganadería, viéndose afectada dramáticamente por las pérdidas de terreno debido a la progresiva crecida de los niveles de las aguas del lago. Las aguas llegaron a cubrir casi la totalidad de los suelos de las viviendas, teniendo que trasladarse a aproximadamente 500 familias al pueblo Nuevo Boca de Cachón, alejado de las amenazas del lago. (Boca de Cachón, 2015)

Técnicas nucleares

El agua es sin duda alguna uno de los recursos naturales de mayor importancia dado su alto consumo en el mundo entero, por lo tanto se genera una necesidad de analizar la calidad de los recursos hídricos y asegurar al mismo tiempo su sostenibilidad, y la creación de técnicas que ayuden a determinar las acciones de mayor impacto y que produzcan alternativas que permitan una adecuada explotación.

En las últimas décadas ha surgido una progresiva inquietud por conocer y analizar los impactos que tienen las distintas actividades humanas en el medio donde se desarrollan, dando lugar a la creación de técnicas para analizar dicho impacto y sus posibles riesgos. Dichas técnicas permiten el estudio de los elementos presentes en agua y suelo, facilitando la caracterización cuantitativa de los componentes físico-químicos, lo que conlleva a poder deducir de una forma más simple y rápida los impactos que provocan las actividades humanas en los recursos hídricos.

Las técnicas nucleares son usadas ampliamente para la determinación de los niveles de contaminación ambiental y conocer también el comportamiento del flujo de las aguas subterráneas y reservorios, todo esto con el interés de mejorar la gestión y uso de los recursos naturales disponibles. Estas técnicas se basan en las reacciones y/o los cambios que se producen, afectan o interaccionan con el núcleo de un átomo.

Una de las aplicaciones más importantes de las técnicas nucleares para esta investigación será el análisis y conocimiento de la composición de las muestras de agua del

balneario de Boca de Cachón, así como su distribución, permitiendo poder conocer la calidad de las aguas afloradas provenientes de reservorios subterráneos.

Con la ayuda y avance que ha alcanzado las técnicas nucleares en los últimos años se ha logrado determinar:

- Origen de infiltraciones de aguas salinas en acuíferos de agua dulce.
- Contaminación de los reservorios debido a las industrias y prácticas agropecuarias, así como las actividades domésticas.
- El riesgo de contaminación de las aguas.

En zonas en las que existen poblaciones considerables alrededor de cuerpos de agua, se ha desarrollado gran interés en conocer el impacto que tiene la disposición de las aguas residuales de manera que no afecten la calidad del agua y minimizar el impacto que estos tienen en el medio ambiente. Las técnicas nucleares son bastante útiles para estudiar la dispersión, composición y mezcla en el cuerpo de agua en corto tiempo.

En el caso de zonas con regiones áridas o que tienen escasos recursos hídricos como la hoya del Lago Enriquillo, el abastecimiento suele venir de recursos subterráneos ya que en la superficie los mismos son considerablemente bajos, las técnicas nucleares presentan ser de gran ayuda ya que colaboran con la determinación exacta de las características físico-químicas de los recursos hídricos con los que se cuentan, algo que prueba ser bastante útil en la evaluación de los recursos hídricos.

Las técnicas nucleares son una herramienta maravillosa para la obtención de información necesaria para tomar decisiones correctas y con responsabilidad en cuanto a

nuestras acciones y actividades en el presente y el impacto futuro que estas tienen en nuestro medio. (CEA.go.cr, n.d.) (L & J) (RIHA, 2015) (la hidrología isotópica en América Latina) (Bervel)

Espectrometría de absorción atómica

Con la ayuda de la espectrometría de absorción atómica se puede determinar la concentración de un elemento metálico en una muestra determinada, pudiendo distinguir la concentración de 60 tipos de metales en una solución. Esta técnica evolucionó en gran manera durante los años 50 con la ayuda del químico Alan Walsh.

Esta técnica trabaja de manera que los electrones de los átomos en un atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

Espectroscopía de absorción atómica (AAS)

Es una importante herramienta analítica que mediante la absorción de la luz por medio de los átomos nos ayuda al análisis cuantitativo y cualitativo de una muestra. Esta técnica está basada en el principio que establece que los átomos libres en estado fundamental pueden absorber la luz a una cierta longitud de onda, siendo esta bien específica ya que cada elemento absorbe a longitudes de onda únicas. La técnica tiene

aplicación en el análisis de trazas de elementos tanto metálicos como no metálicos en minerales, muestras biológicas, farmacéuticas, alimentos, bebidas, agua y medio ambiente.



Equipo para espectroscopía de absorción atómica. Fuente: analítica del nordeste

Mediante este equipo se pueden analizar metales y no metales en concentraciones bajas en unidades de partes por trillón (ppt). (Gomez, Polanco, & Lora Arias, 2016)

Espectrofotometría

Esta técnica analítica tiene su uso en la determinación de la concentración de un compuesto determinado en una solución. Esta técnica está basada en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a mismo tiempo la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. El instrumento o equipo utilizado para este tipo de estudio es el espectrofotómetro, en el que se escoge la longitud de onda de luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz que se absorbe pro la misma. (Díaz, et al.)



Espectrofotómetro UV-VIS. Fuente: HACH Latinoamérica.

Análisis de la DBO

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un método tradicional para medir la cantidad de oxígeno que es consumida por los microorganismos que se desarrollan en aguas residuales y en aguas superficiales, y que se alimentan de materia orgánica. Este valor evalúa en gran forma como el agua analizada puede considerarse como un foco de infección.

A la hora de analizar el DBO hay factores que se deben tomar en cuenta ya que pueden obstaculizar el correcto análisis de la misma:

1. La DBO es una medición que depende de la actividad microbiana y como tal su precisión inherente es menor en comparación a métodos abióticos.
2. Agentes tóxicos de la muestra pueden inhibir la actividad microbiana: en muestras con pH extremo o con cloro, se neutraliza el primero, se suprime el segundo y se inocula flora bacteriana nueva para garantizar la actividad microbiana, pero puede haber otros agentes inhibidores desconocidos.

3. La principal cuestión es que el resultado tarda: el tiempo estandarizado de incubación de la muestra es de cinco días, y el consumo de oxígeno en realidad puede continuar por más tiempo, por lo que es inútil como mecanismo de control en tiempo real para un proceso de tratamiento de agua.

Análisis de la DQO

Esta es la demanda química de oxígeno, y es un método tradicional que reemplaza a los microorganismos y su consumo de oxígeno mediante la aplicación de dicromato de potasio en ácido sulfúrico, el cual es un reactivo oxidante fuerte y a alta temperatura, esto se debe a que la cantidad del reactivo que llega a reaccionar está relacionada directamente con la cantidad de oxígeno necesario para consumir materia orgánica, estimándose la cantidad de oxígeno que se consumirá junto con la materia orgánica. Una de las ventajas de dicho análisis es que se realiza en un tiempo de entre 90 minutos a 3 horas en lugar de los 5 días necesarios en el análisis de DBO.

De todos modos se debe continuar haciendo evaluaciones tanto del DBQ como del DQO para establecer una correlación apropiada, ya que la relación entre ambos no es directa, esto es debido a que sustancias como sulfitos, nitritos y el ion ferroso reaccionan con el dicromato usado en el DQO y durante el análisis se registran como consumo de oxígeno por materia orgánica. Otra sustancia que es bastante común en las aguas naturales es el ion cloruro que puede interferir y haciendo necesaria la adición de sales como la de plata y la de mercurio para contrarrestar. (Industrial)

Caracterización Microbiológica

La caracterización microbiológica es manejada para la determinación de microorganismos indicadores de patógenos en las aguas. Las bacterias que se pueden encontrar con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y los animales, estos eliminado mediante la materia fecal.

Coliformes

El agua destinada al consumo humano podría ser contaminada con microorganismos de origen fecal, lo que conlleva al desarrollo de enfermedades importantes, como las gastrointestinales, que se asocian con la contaminación del agua debido a los desechos humanos y animales. La determinación de estos microorganismos presentes en el agua y su concentración nos brinda herramientas indispensables que nos indican la calidad del agua y nos ayudan a tomar un mejor control del tratamiento de las mismas.

Los microorganismos clasificados como Coliformes son adecuados para indicar los niveles de contaminación bacteriana ya que estos son los más comunes presentes en el tracto intestinal tanto de los hombres como de los animales de sangre caliente. Estos microorganismos también se pueden encontrar en los suelos, vegetales y semillas.

Los Coliformes presentan las siguientes características:

- Aerobias o anaerobias
- Bacilos gram negativos
- Fermentan la lactosa a 35 °C en 48 horas, produciendo ácido láctico y gas
- No esporogéneas

En cuanto a su resistencia:

- No resisten la congelación
- No resisten la pasteurización
- Son resistentes a la desecación
- Puede durar largos periodos de tiempo en agua, suelo o alimentos

Los microorganismos que conforman el grupo de los Coliformes totales; Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Serratia, Edwardsiella y Citrobacter, viven como saprofitos independientes o como bacterias intestinales. La presencia de estos Coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de agua, debiendo estar ausentes en un 85% de las muestras de agua potable que son tratadas. En aguas que han sido sometidas a tratamientos, la presencia de estos microorganismos nos indican una falla en el sistema de tratamiento, la distribución o en las mismas fuentes.

Tabla 1. Densidad/gramo de coliformes y estreptococos fecales en las heces de animales y hombre

Grupo	Coliformes fecales	Estreptococos fecales	CF/EF
Vaca	230.000	1.300.000	0.18
Cerdo	3.300.000	84.000.000	0.04
Oveja	16.000.000	38.000.000	0.42
Pollo	1.300.000	3.400.000	0.38
Pavo	290.000	2.800.000	0.10
Gato	7.900.000	27.000.000	0.29
Perro	23.000.000	980.000.000	0.02
Ratón	330.000	7.700.000	0.04
Conejo	20	47.000	0.00
Hombre	13.000.000	3.000.000	4.33

Los Coliformes fecales son un subgrupo que se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas, capaces de fermentar la lactosa a 44.5 °C, característica principal que los diferencia de los demás Coliformes. Su capacidad de reproducción está relacionada con ciertas condiciones que las favorecen como el pH y humedad. Otra característica es que sobreviven menos tiempo que los Coliformes totales, lo

que indica una contaminación reciente de encontrarse en cantidades elevadas. Estas bacterias pueden ser capaces de producir infecciones en la piel y tejidos blandos, condiciones de diarrea aguda y condiciones en el tracto respiratorio. Alrededor del 90% de los Coliformes fecales son *Escherichia coli*, siendo el restante tipo *Klebsiella* y *Citrobacter*.

Algunos niveles de bacterias Coliformes fecales recomendados son:

- Agua potable: menos de 0 colonias por cada 100 ml de la muestra de agua
- Natación: menos de 200 colonias por cada 100 ml de la muestra de agua.
- Navegar/pescar: menos de 1000 colonias por cada 100 ml de la muestra de agua.

Caracterización Físico Química

Las aguas naturales debido a su composición química y las propiedades físicas, presentan las encuentran las siguientes propiedades: color, turbidez, dureza, temperatura, sabor, conductividad eléctrica, etc.

Físicas	Químicas	Bacteriológicas
Turbiedad, Olor, Color, Sabor, Conductividad, Temperatura y Sólidos.	Dureza, Alcalinidad, pH, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Acidez, Fosfatos, Cloruro, Amoníaco, Oxígeno disuelto, Cloro, Hg, Mg, Ca, Al, Fe, Mn, Pb, Zn, Cr, Cu, B, Cd, As, Ba, COT, etc.	Coliformes, fecales, Coliformes totales, Mesófilos, Bacterias, etc.

Color

Esta es una propiedad física bastante importante ya que el agua cambia de apariencia de color debido a la presencia de sustancias que producen este cambio en la misma. Entre las sustancias comunes podemos citar iones metálicos como hierro y magnesio, sustancias orgánicas y desechos, plancton y hierba.

El color se puede definir en dos clases:

- El color verdadero, el cual es el color que presenta el agua una vez se ha eliminado la turbiedad mediante el uso de técnicas como la centrifugación.

- Color aparente, el cual es el color que incluye tanto el color de la solución como también el color de la materia que se encuentre suspendida en la misma.

Para determinar el color de las aguas se puede aplicar la técnica de comparación visual para todas las muestras de agua potable, a excepción de aguas industriales ya que se necesitan instrumentación especializada, y el método espectrofotométrico para calcular un valor representativo de la muestra.

Sabor

Sensaciones que deja en las papilas gustativas debido a la estimulación de los sensores nerviosos que se encuentran en las lenguas mejor conocidas como papilas gustativas, dichas sensaciones pueden ser del tipo amargo, dulce, ácido o salado.

Turbiedad

Es una propiedad óptica debido a la luz que es dispersada y absorbida, en lugar de la transmitida sin cambios en la dirección o nivel del flujo a través de la muestra. Esta propiedad se produce por materias que se encuentren en suspensión, la cual pueden ser arcilla o materiales inorgánicos y orgánicos.

pH

Es de las propiedades más importantes y la prueba para determinar su nivel es una de las más frecuentes en los análisis de agua. Esta es una medida de los niveles de alcalinidad, dióxido de carbono y otros factores de equilibrio ácido-base.

Temperatura

Esta propiedad afecta las actividades biológicas, la precipitación de compuestos, la desinfección, procesos de sedimentación y filtración.

Nitritos

Esta propiedad afecta la calidad del agua, ya que indica la presencia de contaminación y de microorganismos patógenos. Este es un estado intermedio de la oxidación de descomposición biológica de compuestos que tienen nitrógeno orgánico, este se produce por la oxidación de N_2 , y el nitrato se produce cuando se oxida NH_3 .

Sulfatos

El ion de sulfato es uno de los compuestos químicos que mayor presencia tiene en aguas naturales. Los niveles de sulfato son importantes ya que se han reportado casos de que en exceso, superior a los 250mg/L en aguas potables, producen acción laxante, principalmente en niños. (Ojeda Cuadros, 2012)

Conductividad

Esta es una propiedad que define la habilidad que tiene una sustancia para conducir o transmitir el calor, la electricidad o el sonido, medida en unidades de Siemens por metro [S/m] en el sistema internacional y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU. (Análisis de los resultados y conclusiones)

Conductividad en distintos tipos de aguas:

Agua Ultra Pura $5.5 \cdot 10^{-6}$ S/m

Agua potable 0.005 – 0.05 S/m

Agua del mar 5 S/m

Metales pesados

Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos metálicos que tienen una densidad alta y que son tóxicos en concentraciones bajas. Dichos elementos son parte natural de la corteza de nuestro planeta y por lo tanto no pueden ser eliminados de manera natural. Algunos de estos metales son esenciales para el correcto funcionamiento de nuestro cuerpo, pero en grandes concentraciones pueden ser tóxicos.

Arsénico

Este elemento se desecha en el medioambiente durante el proceso de fundición del zinc, plomo y cobre, y también durante la fabricación de ciertos productos químicos. Este es el causante más común de intoxicación aguda por metales en adultos. Este está presente en plaguicida y es encontrado en suministros de agua, dando lugar a la contaminación de mariscos y otros productos marinos de consumo. (Carbotecnia, 2014)

Cadmio

Este es un elemento biopersistente, es decir que mantiene inalterada sus características fisicoquímicas en el ambiente, teniendo una alta posibilidad de introducirse en la cadena alimenticia.

Este elemento es un subproducto resultante del refinamiento del zinc, pero el uso más importante está en las baterías de níquel/cadmio, las cuales presentan larga vida, mantenimiento bajo y alta tolerancia a la tensión física y eléctrica. Las capas de cadmio presentan una gran resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes de tensión para el uso marino.

La exposición continua por parte de los seres humanos con este elemento está asociada con la disfunción renal, con obstrucciones y cáncer en los pulmones.

Plomo

Este elemento tiene efectos bioquímicos tóxicos importantes en los seres humanos que causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, efectos en los riñones, el aparato intestinal y danos al sistema nervioso. Algunos estudios muestran que pueda haber una disminución de hasta 2 puntos del índice de inteligencia para una subida del nivel de plomo en la sangre a partir del 10 a 20 μ g/dl en niños jóvenes

Este elemento se presenta en fuentes naturales y la exposición puede darse a través del agua potable, de los alimentos del suelo y del polvo de pinturas fabricadas con anterioridad las cuales contenían plomo para su fabricación.

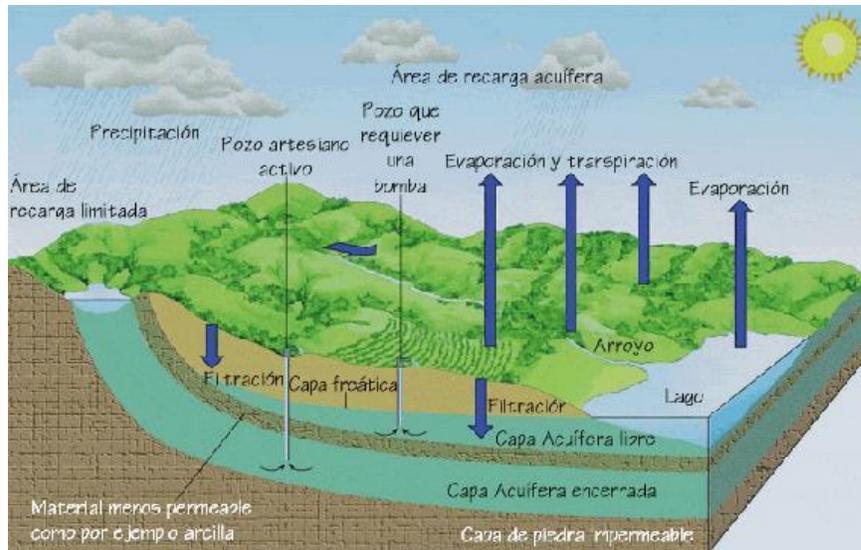
Mercurio

El mercurio se genera de forma natural a nivel global debido a la desgasificación de la corteza terrestre , por emisiones volcánicas y la evaporación de aguas superficiales, también es producido por la industria minera que envía descargas indirectas durante la explotación mundial del metal.

El mercurio atmosférico se dispersa debido a los vientos, volviendo a la tierra por medio de las precipitaciones pudiendo acumularse en las cadenas alimentarias acuáticas y peces en los distintos cuerpos de agua., pudiendo también ser transformado en metilmercurio con la ayuda de algunas bacterias, lo cual puede provocar malformaciones en los seres vivos. Otro uso bastante común fue el de añadir compuestos de mercurio en forma de fungicida a las pinturas, lo cual se usó hasta el año 1990. (lenntech)

Contaminación en acuíferos

La contaminación de los acuíferos son los cambios en las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas debido a las distintas actividades humanas., y para tener una mejor idea de cómo se produce la misma hay que conocer lo que es el ciclo del agua, tomando en cuenta también los niveles de contaminantes presentes tanto en el aire y como en el suelo.



El ciclo hidrológico. Fuente: American Planning Association

El agua pasa por un proceso de vaporización en el que llega al aire mezclándose con los elementos presentes en el mismo y luego llega al suelo poniéndose en contacto con partículas que se pudieran encontrar en este, afectando la calidad del agua.

Se puede estimar que las aguas a nivel mundial se podrían mezclar en algún momento del ciclo, y que debido a la larga vida de los productos usados en las distintas actividades de los seres humanos se puedan en cierta parte filtrar, pero otra parte también se evapora contaminando el aire agravando la magnitud del problema.

Entre las causas principales de contaminantes del suelo están los desechos derivados de los hidrocarburos y la utilización abusiva de productos agroquímicos como fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas, estos últimos llegando a tener una vida residual promedio de unos 30 años. Esto quiere decir que los residuos de dichos químicos que no son aprovechados por las plantas llegan hasta los estratos inferiores con la ayuda de la lluvia.

El nitrógeno procedente de productos para la agricultura tanto químicos como orgánicos, afectando de forma directa el suelo ya que forman compuestos nítricos que luego cuando llueva se van filtrando contaminando las corrientes de subterráneas que alimentan a los acuíferos. Otra parte del nitrógeno se gasifica llegando a la atmósfera y descomponiéndose en forma de óxido nitroso y óxido nítrico que se mezcla con el agua presente en las nubes para formar lo que se conoce como lluvia acida.

Tabla A.2 Contaminantes comunes del agua subterránea y fuentes de contaminación asociadas

FUENTE DE CONTAMINACION	TIPO DE CONTAMINANTE
Actividad Agrícola	nitratos; amonio; pesticidas; organismos fecales
Saneamiento <i>in situ</i>	nitratos; hidrocarburos halogenados; microorganismos
Gasolineras y Garajes	hidrocarburos aromáticos; benceno; fenoles; hidrocarburos halogenados
Disposición de Residuos Sólidos	amonio; salinidad; hidrocarburos halogenados; metales pesados
Industrias Metalúrgicas	tricloroetileno; tetracloroetileno; hidrocarburos halogenados; fenoles; metales pesados; cianuro
Pintura y Esmaltes	alcalobenceno; hidrocarburos halogenados; metales; hidrocarburos aromáticos; tetracloroetileno
Industria Maderera	pentaclorofenol; hidrocarburos aromáticos; hidrocarburos halogenados
Tintorerías tricloroetileno;	tetracloroetileno
Manufactura de Pesticidas	hidrocarburos halogenados; fenoles; arsénico
Disposición de Lodos	nitratos; hidrocarburos halogenados; plomo; cinc
Residuales Domésticos	Curtidurías cromo; hidrocarburos halogenados; fenoles
Exploración/Extracción de Gas y Petróleo	salinidad (cloruro de sodio); hidrocarburos aromáticos
Minas de Carbón y de Metales	acidez; varios metales pesados; hierro; sulfato

Tabla 5: Contaminantes mas comunes en aguas subterráneas
Fuente: Googlesite/geohidrologia1234

Marco metodológico

Para desarrollar la presente investigación se utilizaron distintas herramientas, las cuales son presentadas a continuación:

- a. Estudio exploratorio: El cual dio marcha a la investigación.
- b. Método hipotético-deductivo: Permite la proposición de una hipótesis como consecuencia de un conjunto de datos recopilados, principios y leyes generales.

Tipo de investigación

- ✓ Descriptiva: Fueron descritos datos recopilados mediante la lectura de reportes periodísticos, datos curiosos relevantes, etc.

Diseño de la investigación

Investigación de campo

Al visitar la zona en cuestión, se observaron los distintos factores que inciden en el problema planteado en las páginas presentes, y se recolectaron las muestras para su análisis en el laboratorio.

Investigación documental

Esta investigación se apoya en documentos y estudios relacionados con diversos fenómenos que se dieron lugar en la zona del Lago Enriquillo, así como también las características de dicha cuenca hidrográfica, tomando en cuenta datos estadísticos proporcionados por entidades tanto privadas como gubernamentales, y documentación existente sobre estudios similares realizados en otros países de América Latina.

Proceso de la investigación:

- ✓ El proceso de la investigación del tema mencionado con anterioridad fue llevado a cabo mediante visitas y lecturas de reportes hechos sobre el mismo.
- ✓ Estudio en el balneario Boca de Cachón, de forma tal que se pueda conocer la contribución a la contaminación del Lago Enriquillo.
- ✓ Elegir mediante el uso de programas informáticos de cartografía la ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras.
- ✓ Envío de las muestras seleccionadas a los laboratorios correspondientes para su posterior análisis.
- ✓ Interpretación de los resultados obtenidos mediante el análisis de laboratorio de cada muestra.
- ✓ Para un mayor dominio del tema, se realizaron investigaciones en diversas fuentes bibliográficas que sirvieron como referencia.

Técnicas e instrumentos

Técnicas

- Recopilación de Datos Bibliográficos
- Investigación en campo
- Delimitación de la zona a estudiar
- Toma de muestras en los puntos seleccionados

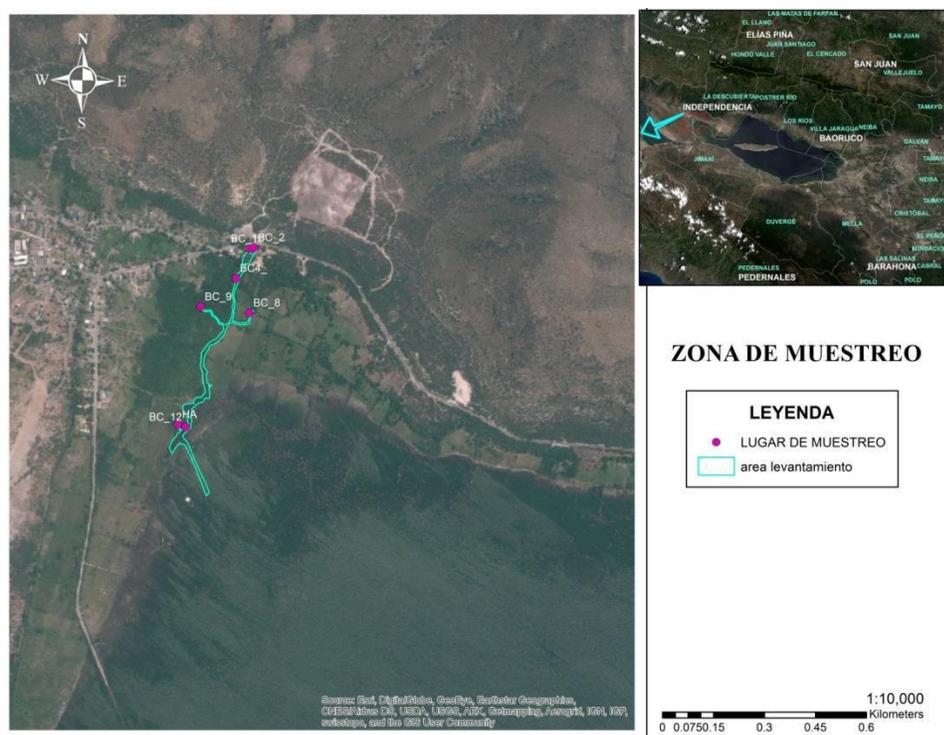
Instrumentos

- Botellas de vidrio para muestreo de 30 ml y 60 ml
- Instrumentación laboratorio para análisis muestras

- Google Earth
- Navegador de mano Garmin Montana 650
- CRISON MultiMeter MM41

Localización del levantamiento y toma de muestra

La toma de muestra se realizó en el balneario de Boca de Cachón, localizado en la margen noroeste del Lago Enriquillo, próximo al antiguo Boca de Cachón.



Mapa 6: Ubicación de los puntos de muestreo Fuente propia.

Metodología

Se realizaron 7 muestreos en el balneario de Boca de Cachón, ubicado en la parte noroeste del Lago Enriquillo.

Las muestras fueron tomadas directamente en el afluente, siendo envasadas en contenedores debidamente esterilizados de manera previa, de plástico para las muestras microbiológicas y de vidrio color ámbar para las demás pruebas realizadas. Las muestras fueron transportadas debidamente en neveras aislantes para conservar las propiedades de las mismas en frío y ser transportadas al laboratorio donde fueron posteriormente analizadas mediante técnicas como la espectrometría de absorción atómica.

Se realizaron pruebas en cada punto para obtener datos como pH, conductividad y temperatura, que fueron posteriormente corroborados mediante análisis en el laboratorio usando el equipo CRISON MultiMeter MM41 , que se encuentra en el laboratorio de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Los puntos elegidos para la toma de muestra fueron los siguientes, incluyendo sus coordenadas:

	CODIGO	COORDENADAS		ALTURA (MTS)
		NORTE	ESTE	
1	BC1	2054074	200797	-25
2	BC2	2054077	200808	-22
3	BC4	2053987	200756	-25
4	BC8	2053885	200795	-21
5	BC9	2053903	200652	-21
6	BC12	2053549	200608	-22
7	HOYO AZUL	2053557	200585	-21

Tabla 6: Numero de muestras y ubicación

Resultados

Se tomaron muestras en el balneario de Boca de Cachón, directamente en el acuífero que llega al Lago Enriquillo y posteriormente las muestras fueron enviadas al laboratorio de la Dirección General de Aduanas, ubicado en la Calle Carlos Sánchez Esquina Lope de Vega, Ensanche Naco, Santo Domingo, República Dominicana, siendo las muestras sometidas al análisis microbiológico para conocer los posibles niveles de contaminación presentes en los puntos de muestreo.

El análisis se basó en determinar la presencia y niveles de metales pesados como mercurio, plomo, arsénico y cadmio, y también los niveles de nitrógeno total, fosforo total, Coliformes totales, Coliformes fecales, niveles de pH y conductividad.

Parámetros de comparación

Según datos de normas europeas que rigen las características que deben presentar las aguas superficiales aquellas aguas destinadas a actividades que no requieran agua potable no deben presentar una conductividad superior a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y las aguas potables no deben presentar unos niveles de conductividad que superen los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas destinadas a riego no deben superar los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (ficus, 2007)

Tabla 3.1. Valores máximos aceptables de parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en cuerpos hídricos superficiales y en aguas costeras.

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
PARÁMETROS GENERALES							
Agentes tensioactivos	mg/L	0.15	0.5	2	-	-	-
Cloruros	mg/L	250	250	1000	-	-	-
Coliformes fecales	NMP/100 ml	400	1000	4,000	400	2000	2000
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	1,000	10,000	1,000	10,000	10,000
Color	Unidades Pt-Co	15	50	200	CN	CN	-
DBO5	mg/L	2	5	100	-	-	-
Fluoruros	mg/L	0.7	1	3	1.5	1.5	-
Fósforo PO4-P	mg/L	-	-	-	0.4	0.4	-
Fósforo total	mg/L	0.025	0.025	0.1	-	-	-
Grasas y aceites	mg/L	ausente	1	20	1	1	1
NH ₃ -N	mg/L	0.5	0.5	-	0.5	0.5	-
NO ₂ -N + NO ₃ -N	mg/L	10	10	-	15	20	-
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat.	> 80	> 70	> 50	> 60	> 50	> 45
PH	-	6.5-8.5	6.5-9.0	5.0-10.0	7.5-8.5	7.5-8.5	-
Sólidos disueltos	mg/L	1,000	1,000	5,000	-	-	-
Sólidos flotantes	-	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sulfatos	mg/L	400	400	5000	-	-	-
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	-	0.01	0.01	-
ΔT	°C	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3
METALES							
Arsénico	mg/L	0.05	0.05	1	0.15	0.15	-
Aluminio	mg/L	5	5	-	-	-	-
Bario	mg/L	1	2	10	1	1	-
Berilio	mg/L	0.1	0.1	-	-	-	-
Boro	mg/L	0.5	0.5	5	5	5	-
Cadmio	mg/L	0.005	0.005	0.05	0.005	0.005	0.005
Cianuro	mg/L	0.1	0.1	0.5	0.02	0.02	-
Cobalto	mg/L	0.2	0.2	0.5	-	-	-

Tabla 3.1 Cont.

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
Cobre	mg/L	0.2	0.2	2	0.05	0.05	-
Cromo hexavalente, Cr ⁶⁺	mg/L	0.01	0.01	0.1	0.05	0.1	0.1
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	1	0.1	0.3	0.3
Hierro	mg/L	0.3	0.3	3	0.3	0.3	-
Litio	mg/L	2.5	2.5				
Manganeso	mg/L	0.5	1	5	0.1	0.1	-
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005
Molibdeno		0.01	0.01				
Niquel	mg/L	0.1	0.1	-	0.008	0.008	-
Plata	mg/L	0.01	0.01	0.1	0.01	0.01	-
Plomo	mg/L	0.05	0.05	0.5	0.05	0.05	-
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	-
Vanadio	mg/L	0.1	0.1				
Zinc	mg/L	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	-
RADIOACTIVIDAD							
Actividad α	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
Actividad β	Bq/L	1	1	1	1	1	-
BIOCIDAS (ÓRGANO-CLORADOS Y OTROS PERSISTENTES)							
Aldrin-Dieldrin	µg/L	0.0008	0.0008	-	0.0008	0.0008	-
Clordano	µg/L	0.005	0.004	-	0.005	0.005	-
DDT y metabolitos	µg/L	0.0003	0.0003	-	0.0003	0.0003	-
Endosulfano	µg/L	0.009	0.009	-	0.009	0.009	-
Endrin	µg/L	0.002	0.002	-	0.002	0.002	-
Heptacloro	µg/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Lindano	µg/L	0.075	0.075	-	0.075	0.075	-
Metoxicloro	µg/L	0.02	0.02	-	0.02	0.02	-
Mirex	µg/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Pentaclorofenol	µg/L	7.9	7.9	-	7.9	7.9	-
Pertano	µg/L	0.07	0.07	-	0.07	0.07	-
Toxafeno	µg/L	0.0002	0.0002	-	0.0002	0.0002	-
BIOCIDAS (ÓRGANO-FOSFORADOS, SULFUROSOS Y OTROS NO-PERSISTENTES)							
Azinfos-Metil	µg/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Clorpirifos	µg/L	0.04	0.04	-	0.006	0.006	-
Coumafos	µg/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Diazinon	µg/L	0.00002	0.00002	-			
2 4 D	µg/L	4	4	-	ausente	ausente	-
Paraquat	µg/L	0.00001	0.00001	-	-	-	-
Diquat	µg/L	0.00007	0.00007	-	-	-	-

Tabla 7: Valores aceptable Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descarga Ministerio de Medio Ambiente.

Nombre de punto	
BC1	



Coordenadas	
Norte	Este
2054074	200797

Altura
-25

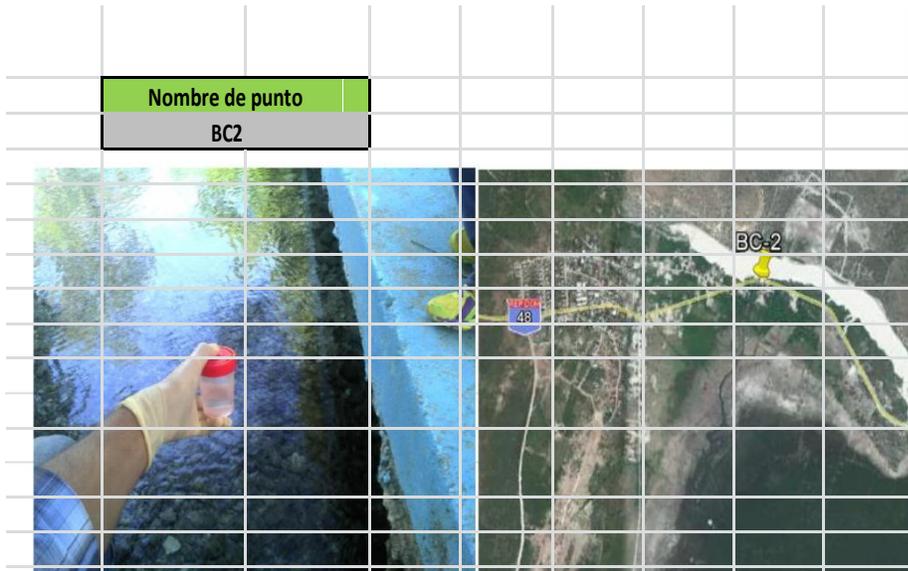
Hora
8:50:04 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	66.89	10
DBO5 (mg/L)	47.77	2
Nitrógeno T (mg/L)	5.6	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.0137	0.05
Hg (mg/L)	0.0442	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0538	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	18	1000
pH	7.34	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	1393	2000

Después de ser analizada la muestra se determinó que existen niveles elevados de los siguientes

parámetros: La Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), en comparación con los valores máximos permitidos en la Norma Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

De igual forma en los metales pesados Mercurio (Hg) y Arsénico (As) los valores calculados se encuentran por encima del máximo establecido en la norma. Los niveles obtenidos de los parámetros de Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Coliformes Totales, pH y Conductividad están dentro de los rangos permitidos.



Nombre de punto
BC2

Coordenadas	
Norte	Este
2054077	200808

Altura
-22

Hora
9:01:52 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	14.01	10
DBO5 (mg/L)	21.01	2
Nitrógeno T (mg/L)	1.6	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.0039	0.05
Hg (mg/L)	0.0624	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0385	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	8	1000
pH	7.23	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	1910	2000

Después de ser analizada la muestra se determinó que existen niveles elevados de los siguientes

parámetros: La Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), en comparación con los valores máximos permitidos en la Norma Ambiental

del Ministerio de Medio Ambiente. De igual forma en los metales pesados Mercurio (Hg) y Arsénico (As) los valores calculados se encuentran por encima del máximo establecido en la norma. Los niveles obtenidos de los parámetros de Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Coliformes Totales, pH y Conductividad están dentro de los rangos permitidos.



Nombre de punto	
BC4	

Coordenadas	
Norte	Este
2053987	200756

Altura
-25

Hora
9:27:42 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	<10.0	10
DBO5 (mg/L)	6.33	2
Nitrógeno T (mg/L)	1.1	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.0047	0.05
Hg (mg/L)	0.0272	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0271	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	76	1000
pH	7.58	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	2.49	2000

En este punto de muestreo se determinó que existen niveles elevados de los siguientes parámetros: La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y la Conductividad en comparación con el valor máximo permitido en la Norma Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. Los metales pesados Mercurio (Hg) y Arsénico (As) están

por encima de los valores máximos permitidos por las normas. Los niveles obtenidos de los parámetros de Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Coliformes Totales y pH están dentro de los rangos permitidos.

Nombre de punto	
BC8	



Coordenadas	
Norte	Este
2053885	200795

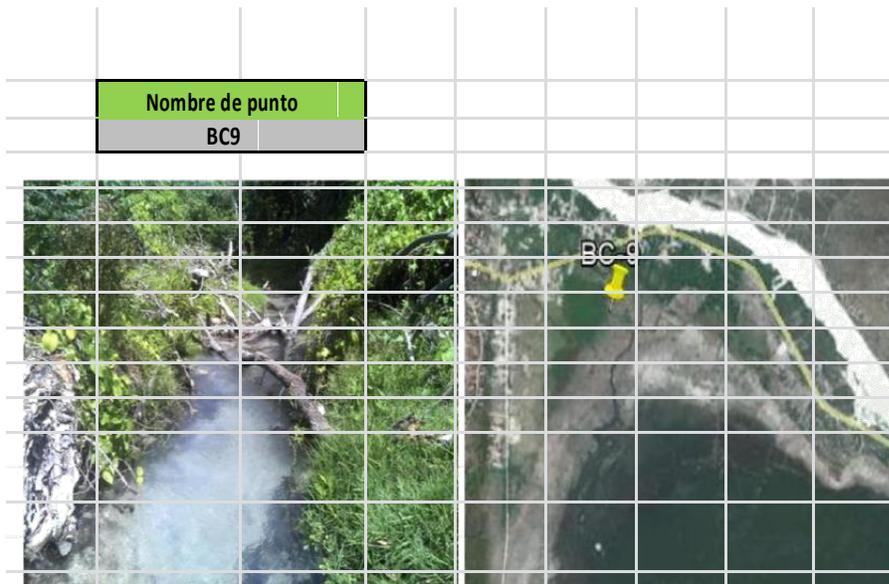
Altura
-21

Hora
10:36:31 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	<10.0	10
DBO5 (mg/L)	4.34	2
Nitrógeno T (mg/L)	0.9	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.0117	0.05
Hg (mg/L)	0.0218	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0218	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	338	1000
pH	7.55	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	1412	2000

En este punto se obtuvieron valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) que superan los niveles máximos establecidos en la Norma del Ministerio de Medio Ambiente. En el análisis de metales pesados se determinó que el mercurio y el arsénico están por encima de los valores máximos permitidos por las normas. Los niveles obtenidos de los

parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Coliformes Totales, pH y Conductividad están dentro de los rangos permitidos.



Nombre de punto	
BC9	

Coordenadas	
Norte	Este
2053903	200652

Altura
-21

Hora
11:02:13 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	<10.0	10
DBO5 (mg/L)	5.21	2
Nitrógeno T (mg/L)	1.7	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.0214	0.05
Hg (mg/L)	0.0265	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0265	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	354	1000
pH	7.71	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	2340	2000

Después de ser sometida la muestra a los análisis se determinó que existen niveles elevados de los parámetros: La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y la Conductividad en comparación con los valores máximos permitidos en la Norma Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

Arsénico (As) se encuentran por encima de los valores máximo

establecido en la norma.

Los niveles obtenidos de los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Coliformes Totales y pH están dentro de los rangos permitidos.

Nombre de punto	
BC12	



Coordenadas	
Norte	Este
2053529	200608

Altura
-22

Hora
11:51:43 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	<10.0	10
DBO5 (mg/L)	5.88	2
Nitrógeno T (mg/L)	2.4	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	<0.0030	0.05
Hg (mg/L)	0.0677	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0022	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	156	1000
pH	7.62	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	2070	2000

En este punto se determinó que existen niveles elevados de los parámetros: la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y la Conductividad en comparación con el valor máximo permitido en la Norma Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. Con respecto a los metales pesados se determinó que el Mercurio (Hg) está

por encima de los valores máximos permitidos por las normas. Los niveles obtenidos de los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsenico (As) Coliformes Totales y pH están dentro de los rangos permitidos.

Nombre de punto	
HOYO AZUL	



Coordenadas	
Norte	Este
2053557	200585

Altura
-21

Hora
11:54:43 a.m.

Parámetros	Resultados	Valor máximo permitido en norma NA-AG-001-003
DQO (mg/L)	37.8	10
DBO5 (mg/L)	22.24	2
Nitrógeno T (mg/L)	3.2	10
Fósforo T (mg/L)	<1.0	0.025
Pb (mg/L)	0.206	0.05
Hg (mg/L)	0.0093	0.001
Cd (mg/L)	<0.0003	0.005
As (mg/L)	0.0538	0.005
Coliformes T (NMP/100mL)	2	1000
pH	7.35	6.5-8.5
Conductividad (µs/cm)	1649	2000

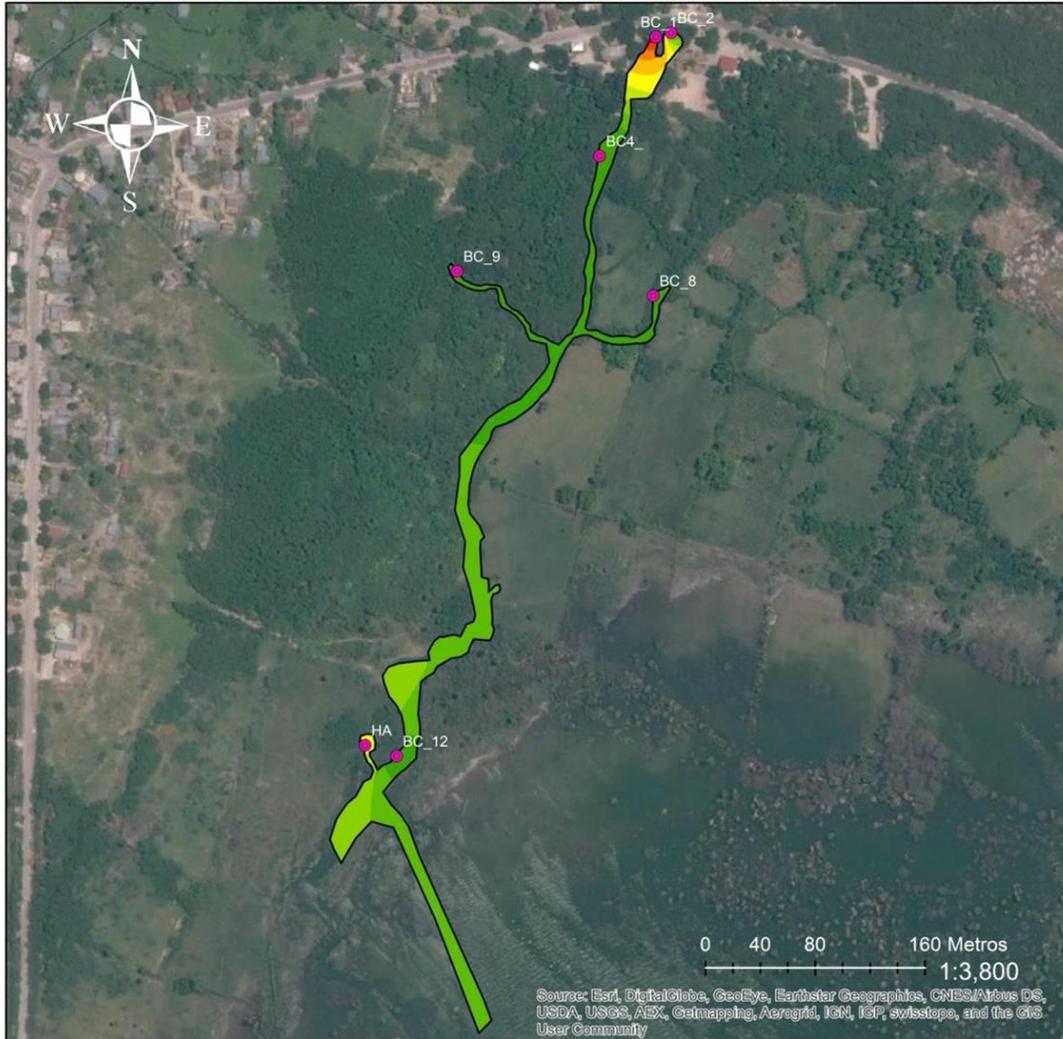
En este punto obtuvimos valores elevados en los siguientes parámetros: La Demanda Química de Oxígeno (DQO)

y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

por encima de los valores máximos establecidos en la Norma Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

En los metales pesados se

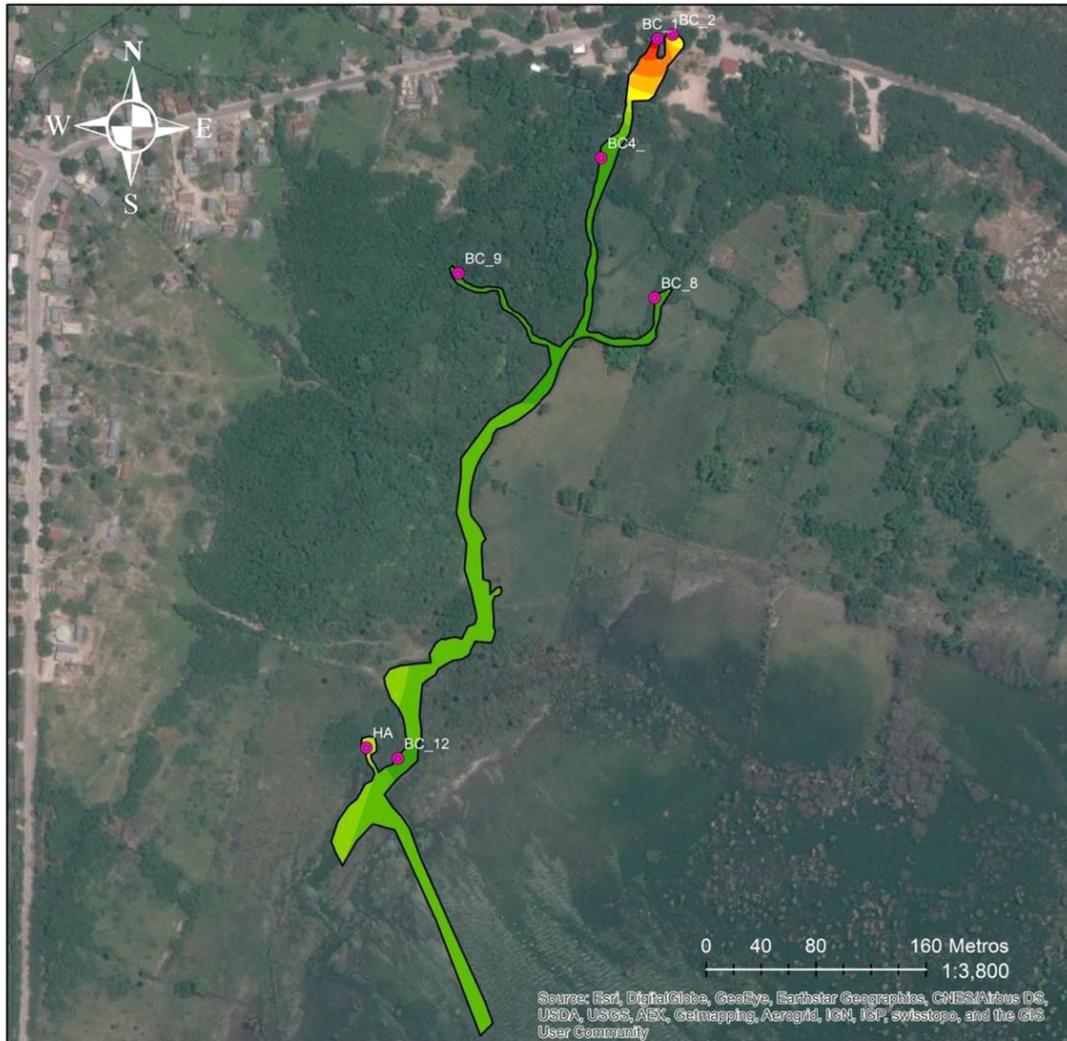
determinó presencia de Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Arsénico (As) con valores que sobrepasan los niveles máximos permitidos por las normas. Los niveles obtenidos de los parámetros Nitrógeno Totales (N_T), Fosforo Totales (P_T), Cadmio (Cd), Coliformes Totales, pH y Conductividad están dentro de los rangos permitidos.



FLUJO DEL DQO EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



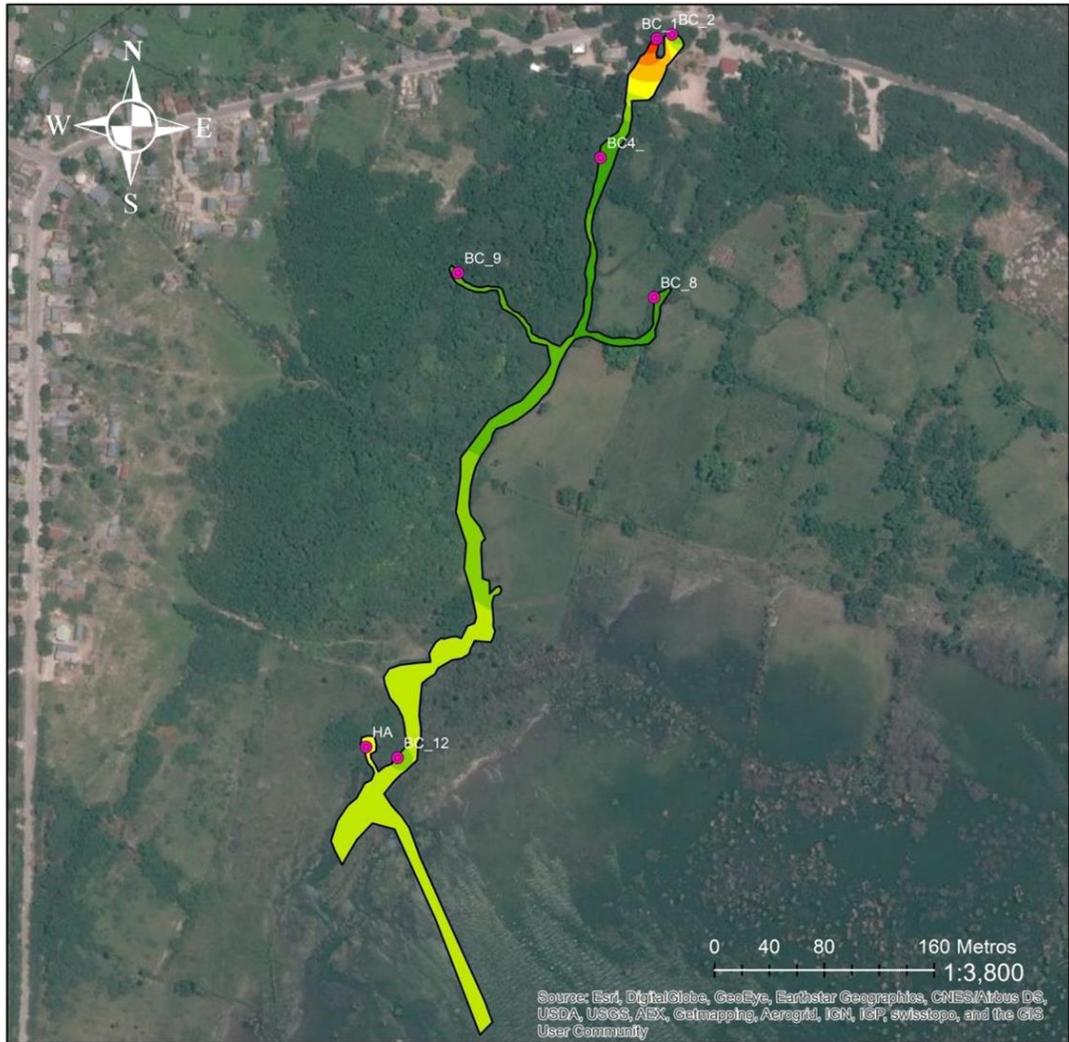
Mapa 7: Flujo del DQO



FLUJO DEL DBO5 EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



Mapa 8: Flujo DBO5



FLUJO DEL NITROGENO TOTALES EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



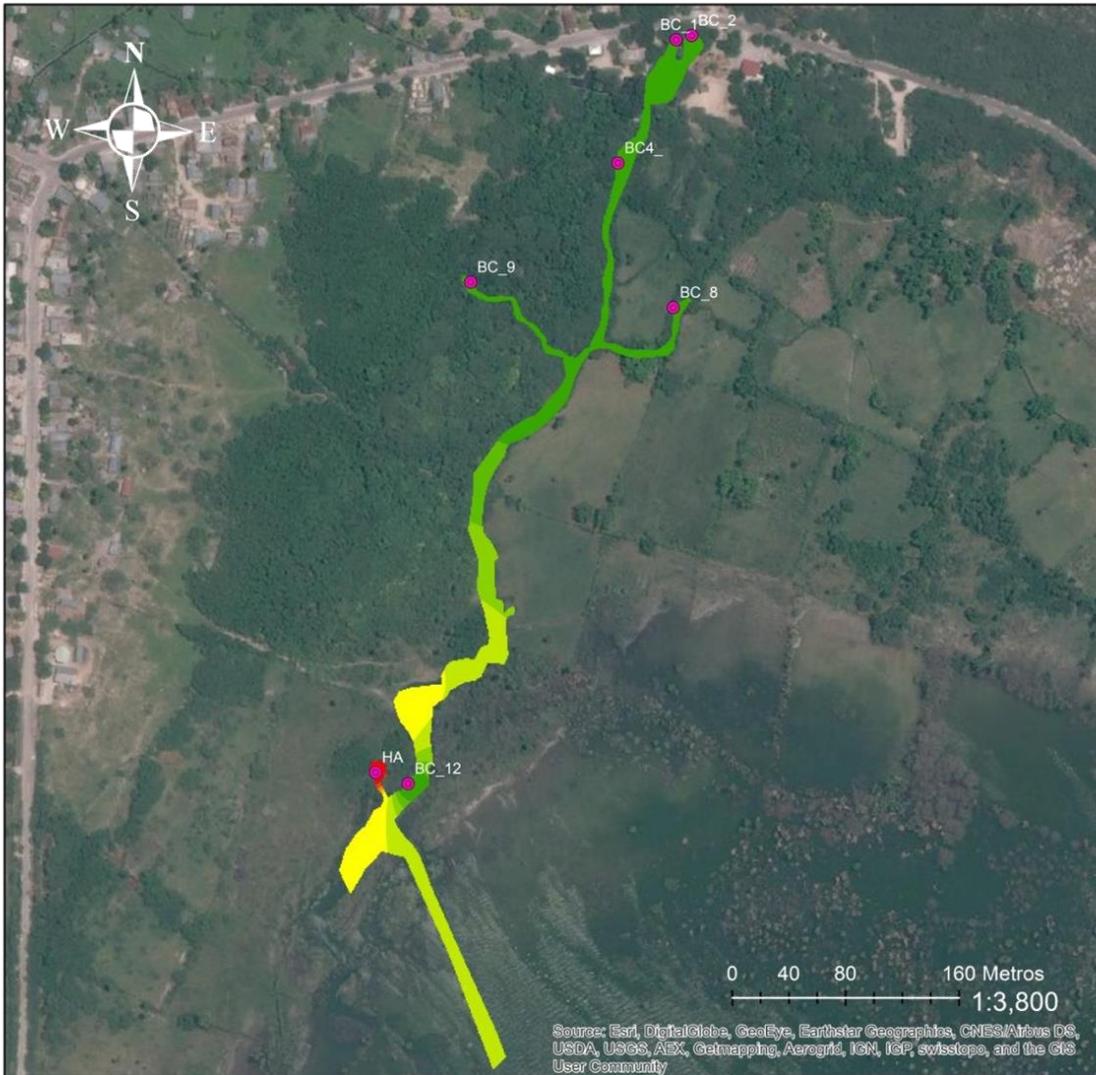
Mapa 9: Flujo Nitrógeno Totales



FLUJO DEL FOSFORO TOTALES EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



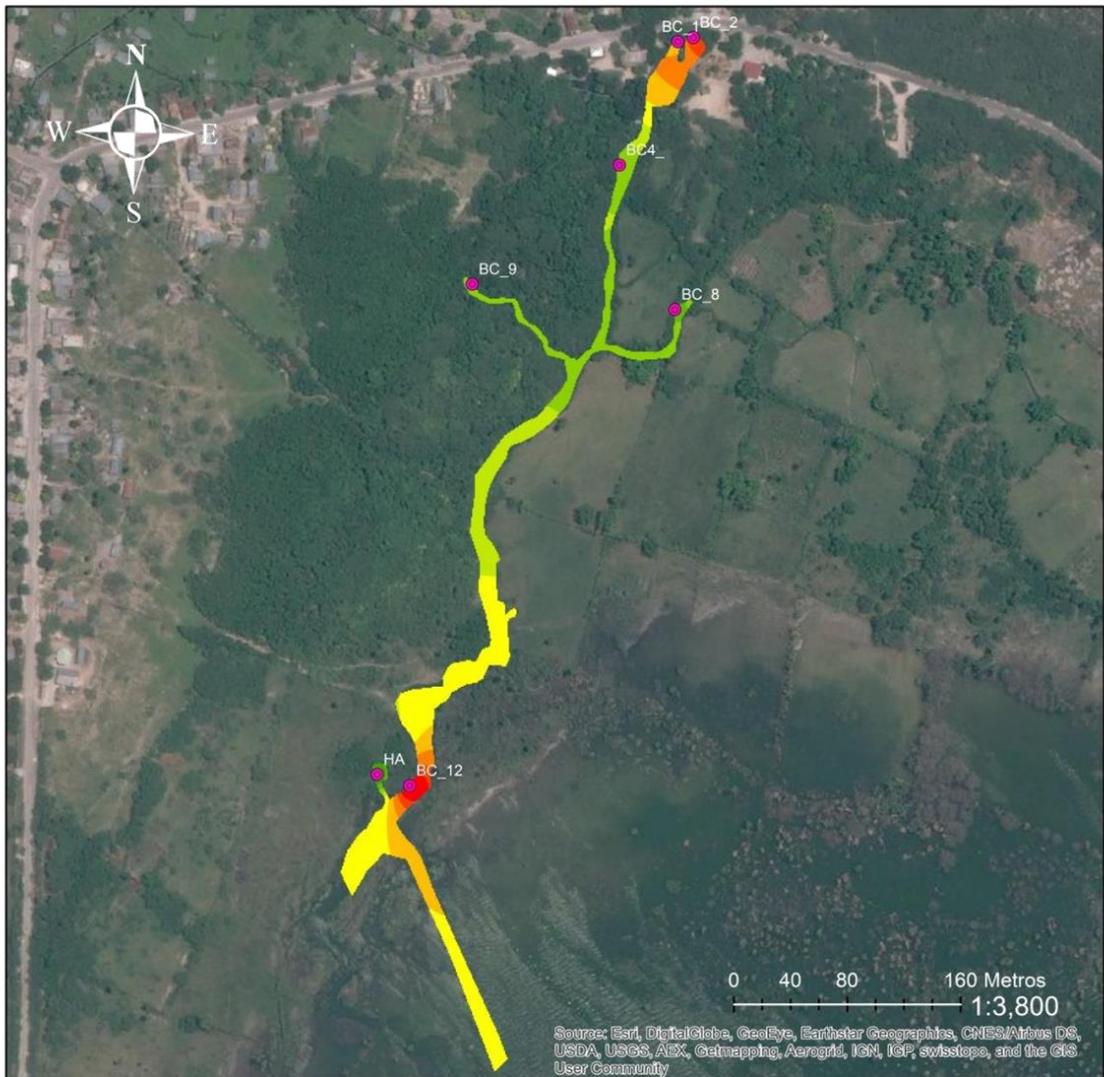
Mapa 10: Flujo Fosforo Totales



FLUJO DEL PLOMO EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



Mapa 11: Flujo Plomo



FLUJO DEL MERCURIO EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



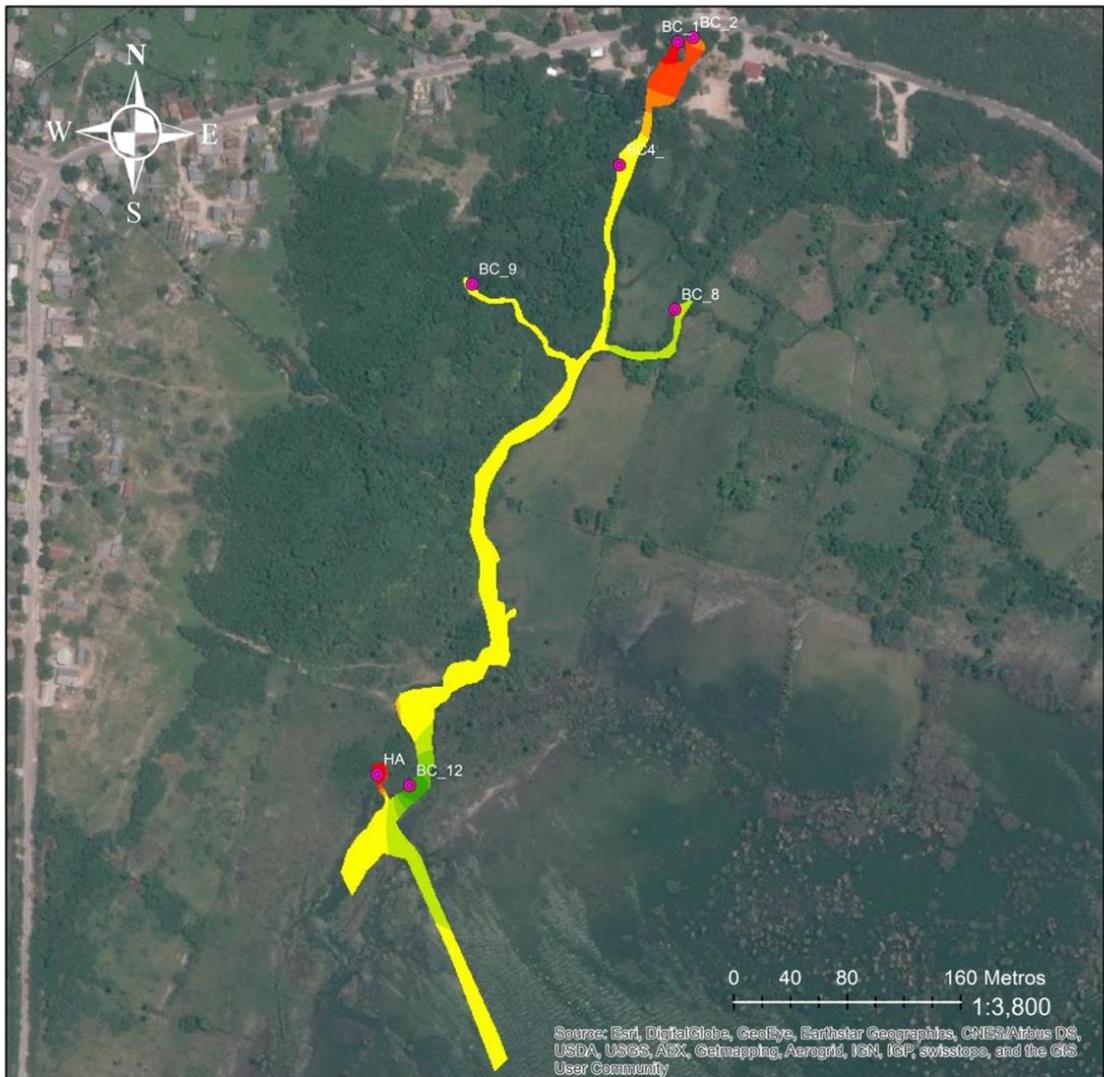
Mapa 12: Flujo Mercurio



FLUJO DEL CADMIO EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



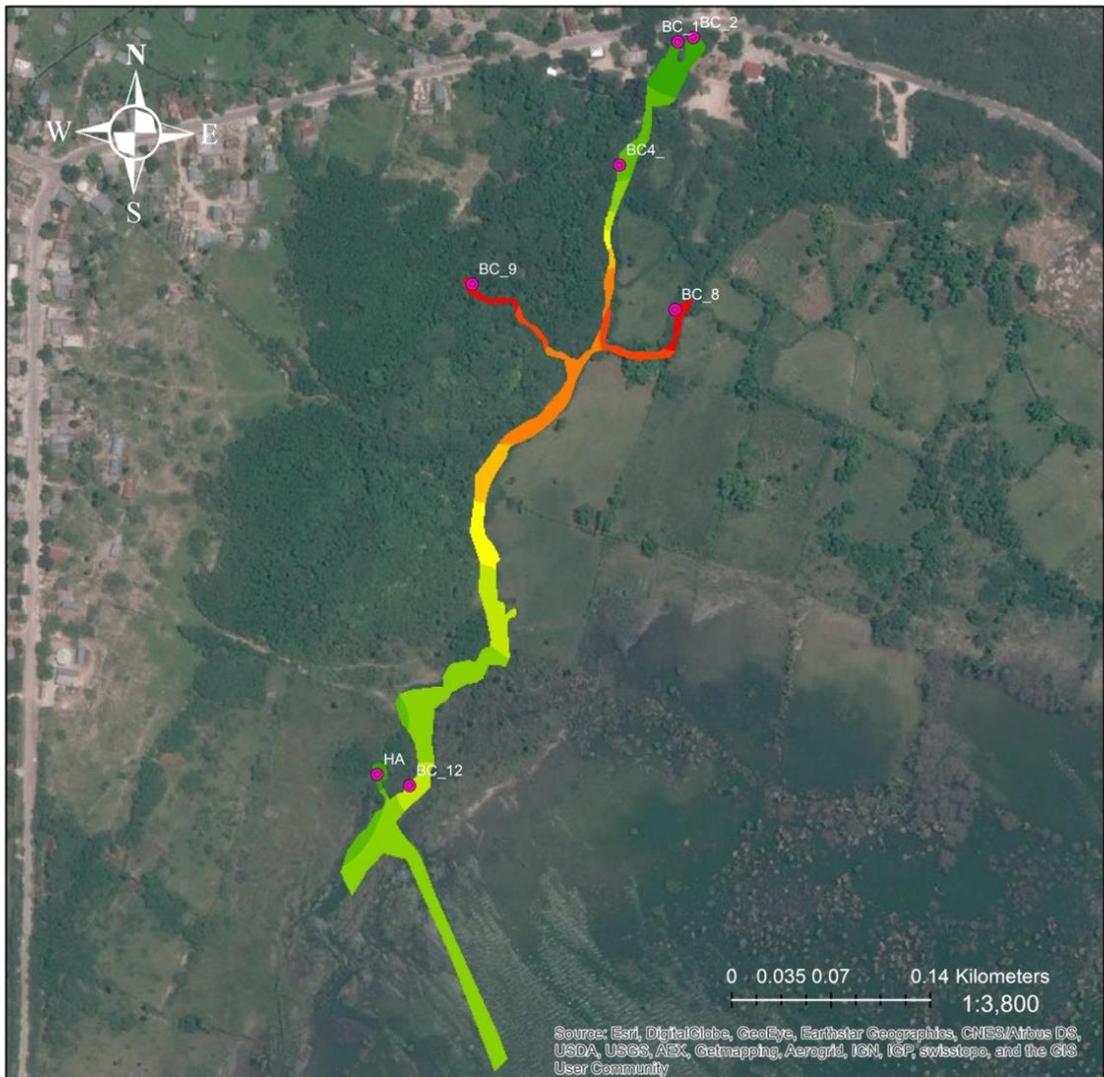
Mapa 13: Flujo Cadmio



FLUJO DEL ARSENICO EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



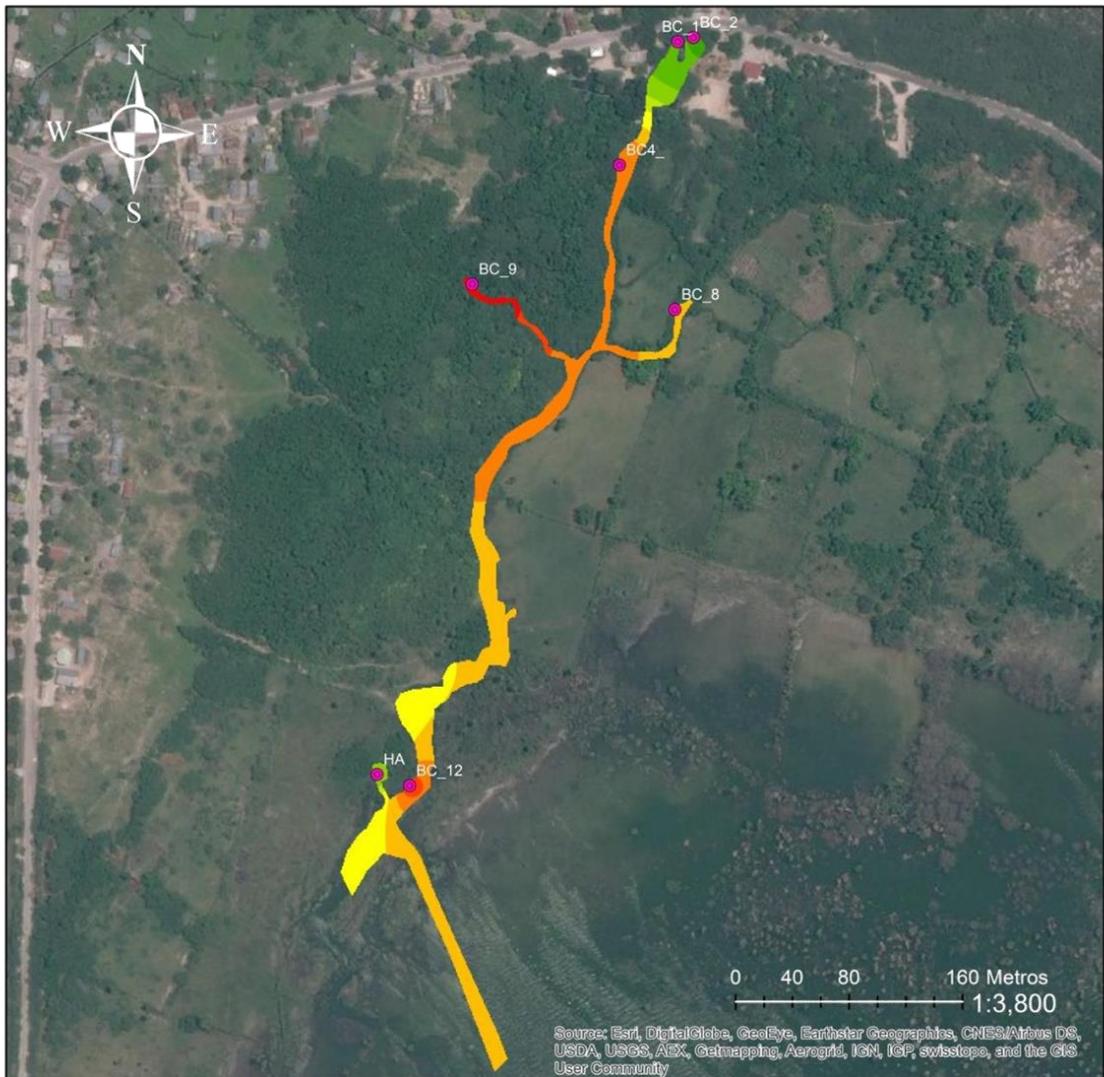
Mapa 14: Flujo Arsénico



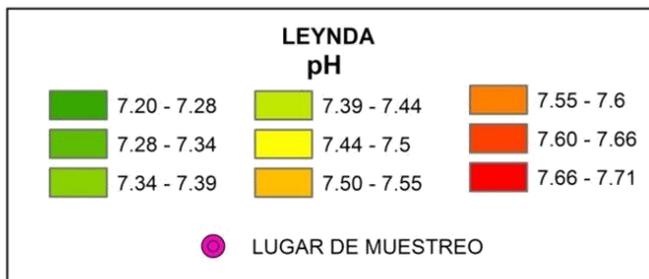
FLUJO DEL COLIFORMES TOTALES EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



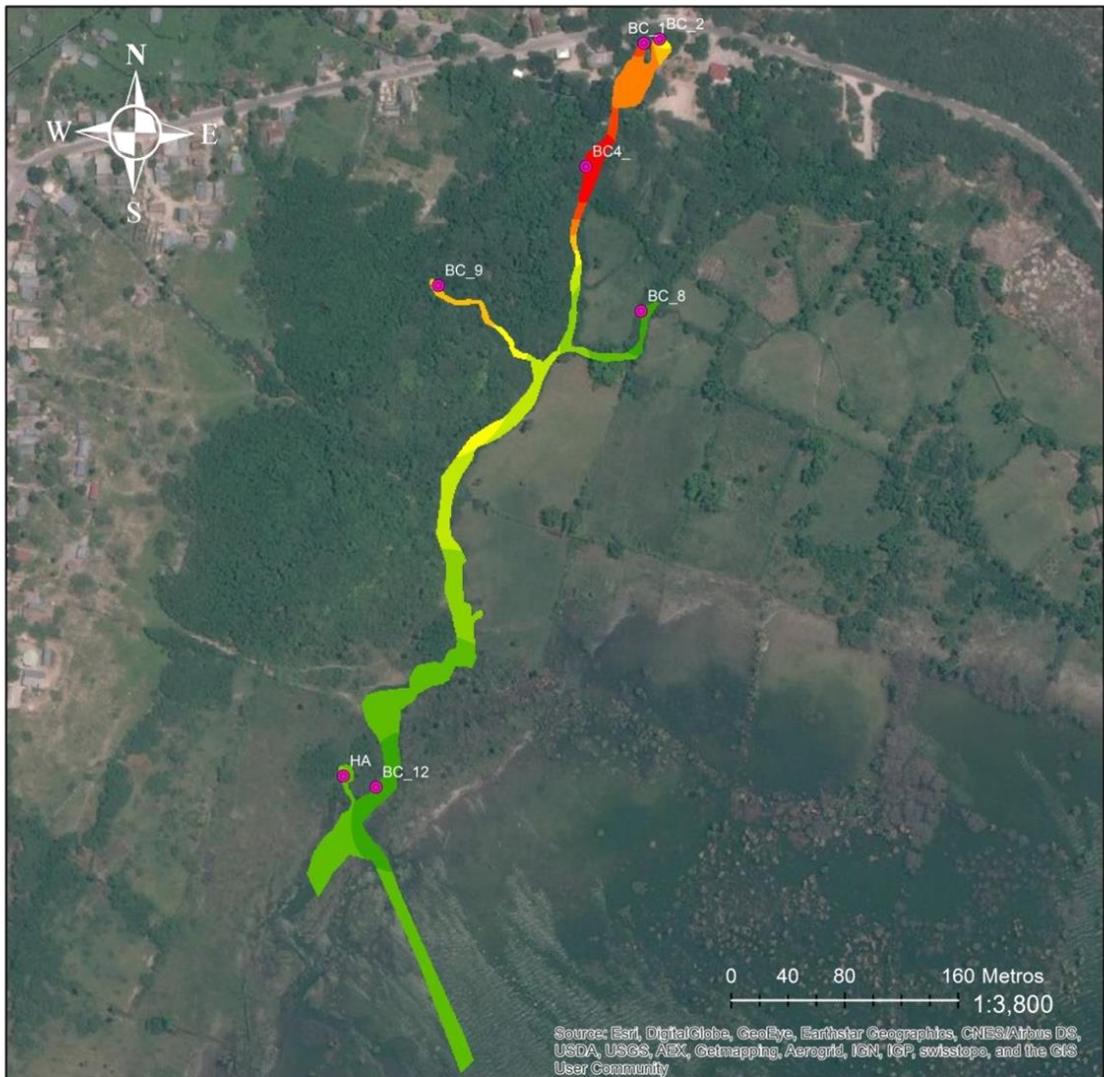
Mapa 15: Flujo Coliformes Totales



FLUJO DEL pH EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



Mapa 16: Flujo pH



FLUJO DE LA CONDUCTIVIDAD EN AFLUENTE BOCA DE CACHÓN



Mapa 17: Flujo Conductividad

Conclusión y Recomendaciones

Como resultado del estudio realizado para la determinación de los niveles de contaminación presentes en el Balneario de Boca de Cachón y su posible influencia en el deterioro del ecosistema de las aguas del Lago Enriquillo y de las comunidades aledañas, se determinó:

- La presencia de metales pesados como el mercurio (Hg), arsénico (As) y plomo (Pb) se encuentran fuera de los rangos permitidos por la Norma NA-AG-001-003 de Medio Ambiente.
- Los niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), se encuentran fuera de los rangos permitidos por la Norma NA-AG-001-003 de Medio Ambiente.
- Conductividad se encuentran fuera de los rangos permitidos según normas europeas.
- Los niveles elevados de DQO Y DBO₅ son indicadores del nivel de contaminación que están presentes en el agua, ocasionados por la presencia de microorganismos provenientes de actividades humanas y desechos de animales. Siendo la relación obtenida de los datos (DBO₅/DQO) mayor a 0,5, lo que indica desechos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos, los cuales pueden ser solucionados con un tratamiento biológico.
- Existe una elevada cantidad de comunidades aledañas sin sistemas sanitarios adecuados carentes en su totalidad de tratamientos de aguas residuales, por ende las mismas son descargadas directamente sobre los acuíferos.
- Existe una alta tasa de infiltración de las agua no tratadas debido a la composición de los suelos y como consecuencia estos factores contaminantes

llegan a las aguas subterráneas que afloran en el Balneario Boca de Cachón, siendo este un afluente del Lago Enriquillo.

- Los valores anómalos de conductividad en los puntos BC9, BC12 y BC4 sobrepasaron los niveles permitidos por la norma, esto podría ser vestigio de las crecidas que tuvo el Lago Enriquillo durante el año 2014-2015 (ver mapa 5), la salinidad de las aguas del lago es elevada y esto conlleva a un aumento en los niveles de conductividad. Así como también la presencia de algunos minerales en el suelo incrementarían la conductividad presente en los puntos de muestreo.
- Los metales pesados están presentes de forma natural en la corteza terrestre, pero en altas concentraciones pueden ser perjudiciales para salud de los seres humanos y pudiendo contaminar fuentes de alimentos, como es el caso de los peces, que por la ingestión de estos se aumenta el nivel de exposición y por ende el riesgo de intoxicación. Esto se pudo observar ya que en el referido afluente pobladores de comunidades aledañas pescan en estas aguas parte de su dieta diaria.
- La alta concentración de mercurio obtenidas en las muestras pueden dar indicios de algunas posibles fuentes de liberación antropogéneas tales como la minería, incineración de desechos, vertederos de basura, cementerios y la posibilidad de la presencia de algunos tipos de minerales que contengan mercurio, descartable casi en un 80% dado que no existe en la memoria geológica de la República Dominicana la presencia de minerales con esa composición, como sería el caso del Cinabrio que es altamente común pero que no existe información de su presencia en la Isla La Hispaniola.

- En las muestras los valores de plomo se presentan en baja concentración lo que no presenta un factor perjudicial a la salud de los pobladores de la zona, sin embargo debido a actividades humanas se podría incrementar su concentración en el medio ambiente. En la muestra HA observamos un valor de concentración de Plomo en un rango muy grande comparado con el permitido por la Norma, esto amerita un estudio de mayor profundización en dicha zona dado que puede afectar la salud y el ecosistema.
- El valor de Plomo elevado podría estar dando indicios de desechos antiguos en los que el Plomo estaba presente en altas concentraciones y que está siendo infiltrado por afluentes subterráneos.
- Los niveles de nitrógeno totales no sobrepasan lo establecido por las normativas de Medio Ambiente, pero en los puntos BC1, BC12 Y HA dicho valor aumenta considerablemente pudiendo atribuirse a la presencia de estiércol de animales de pastoreo, ya que estos pudieron haber consumido algún tipo de vegetación con contenido de nitrato proveniente de abono utilizado que por el ciclo de nitrógeno regresa nuevamente al medio ambiente.
- El nitrógeno presente puede ser causado por orina ya que la urea contenida en esta libera amoníaco aumentando de esta manera los niveles de nitrógeno, llegando al balneario por infiltración.
- Los valores de Fosforo totales obtenidos no son elevados por lo cual no se debería considerar como un parámetro que pudiera afectar la salud de los seres vivos ni del ecosistema en general.

- El Cadmio como metal pesado fue analizado, obteniendo concentraciones mínimas, no presentando ningún peligro para la salud de los habitantes ni la vida del ecosistema.
- Los Coliformes Totales presentes están por debajo del valor permitido por la Norma de Medio Ambiente. Sin embargo en los puntos BC4, BC8, BC9 Y BC12 se elevaron considerablemente en comparación con las demás puntos de muestreo, pudiendo esto ser una consecuencia de la presencia de animales y residuos de actividades humanas.
- Los valores de pH obtenidos se mantienen dentro de los rangos normales esperados.
- Los elevados niveles de arsénico encontrado en las muestras podría ser causado por minerales en la zona, llegando a las fuentes de agua por el polvo en el aire o arrastrado en las aguas subterráneas.

Recomendaciones

1. Lograr obtener la colaboración de las autoridades para enfocarse en la problemática de la región.
2. Diseñar y construir un sistema de saneamiento adecuado, donde las aguas servidas de las comunidades aledañas pasen por un tratamiento antes de que puedan alcanzar los acuíferos.
3. Diseñar un plan de concientización de los habitantes para reducir el impacto de contaminantes por causas antropogénicas.
4. Proponer nuevas investigaciones enfocándose en la aparición de los metales pesados Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), que son los resultados más alarmantes en nuestra investigación.
5. Actualizar el estudio geológico de la zona con el fin de caracterizar a mayor profundidad los minerales presentes y asociarlos con los valores de contaminantes obtenidos en la investigación.
6. Un plan de capacitación a las comunidades para un mejor manejo de los recursos naturales y conocimiento sobre las enfermedades que la contaminación podría causar.

Bibliografía

ficus. (2007). Recuperado el 18 de agosto de 2016, de

http://ficus.pntic.mec.es/ngom0007/analisis_aguas.html

*MARCO ESTRATÉGICO PARA LA RECUPERACIÓN Y TRANSICIÓN AL
DESARROLLO*. (2009). barahonna: PNUD.

Republica-dominicana.blogspot.com. (09 de julio de 2009). Obtenido de <http://republica-dominicana.blogspot.com/2009/07/parque-nacional-isla-cabrita-lago.html>

Boca de Cachon. (07 de abril de 2015).

Ambiente.gob.do. (s.f.). Obtenido de <http://www.ambiente.gob.do/ambienterd/informacion-ambiental/informacion-provincial/independencia/>

Analisis de los resultaddos y conclusiones. (s.f.). Recuperado el 18 de agosto de 2016, de [ficus.pntic.mec.es: ficus.pntic.mec.es/ngom0007/analisis_aguas.html](http://ficus.pntic.mec.es/ngom0007/analisis_aguas.html)

Bervel, V. A. (s.f.). *Hidrologia Isotopica*. Cordoba: UNiversidad de cordoba, Facultad de Ingenierias .

BUCK, D. G. (2004). *LIMNOLOGY AND PALEOLIMNOLOGY OF HYPERSALINE LAGO ENRIQUILLO, DOMINICAN REPUBLIC*. florida: UNIVERSITY OF FLORIDA.

Carbotecnia. (24 de septiembre de 2014). *carbotecnia*. Recuperado el 11 de agosto de 2016, de <http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/metales-pesados/>

Castillo Sarabia, A., Osorio Bayter, Y. Y., & Vence Marquez, L. P. (2009). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE* . Cesar: Universidad popular del cesar, facultad ciencias de la salud .

CEA.go.cr. (s.f.). Obtenido de

http://www.cea.go.cr/documentos/area_desarrollo/MEDIO_AMBIENTE.pdf

DÍAZ, K. (01 de Dic de 2013). Poblados de extrema pobreza rodean el Lago Enriquillo. págs. <http://www.diariolibre.com/noticias/poblados-de-extrema-pobreza-rodean-el-lago-enriquillo-MNDL413197>.

Diaz, N. A., Barcena Ruiz, J., Fernandez Reyes, E., Galvan Cejudo, A., Jorin Novo, J., Peinado Peinado , J., y otros. (s.f.). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Córdoba, España.

Franco, P. (11 de diciembre de 2003). *ecoportal*. Obtenido de

[ecoportal.net](http://www.ecoportal.net): [http://www.ecoportal.net/Temas-](http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Biodiversidad/La_Problematica_Ambiental_Dominicana)

[Especiales/Biodiversidad/La_Problematica_Ambiental_Dominicana](http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Biodiversidad/La_Problematica_Ambiental_Dominicana)

Gomez, A. M., Polanco, G. J., & Lora Arias, G. (2016). LABORATORIO DE LA DIRECCION GENERAL DE ADUANAS. *La Ciencia y Tecnologia al Servicio del Comercio Exterior de la Republica Dominicana*. Santo Domingo , Distrito Nacional, Republica Dominicana: Editora Alfa & Omega.

Industrial, M. (s.f.). www.microlabindustrial.com. Recuperado el 11 de agosto de 2016, de www.aguasresiduales.info: <http://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>

Jmarcano.com. (s.f.). Obtenido de

http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/rios/l_enriquillo.html

L, D. M., & J, W. R. (s.f.). *tecnicas nucleares e isotopicas para la investigacion de la contaminacion marina.*

(s.f.). *la hidrologia isotopica en america latina.* iaea.org.

lenntech. (s.f.). *lenntech.* Recuperado el 11 de agosto de 2016,

de <http://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>

Mendez , R., Rosado, G., Rivas, D., Motilla , T., Hernandez, S., Ortiz, A., y otros. (2016).

Climate Variability and Its Effects on the Increased Level of Lake Enriquillo in the Dominican Republic, 2000-2013. Science and Education Publishing.

Ojeda Cuadros, M. O. (2012). *Caracterizacion FisicoQuimica y parametros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja.*

Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

perez, G. (s.f.). *ESPECTROMETRIA.COM.* Obtenido de

http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

Perez, R. G. (06 de agosto de 2011). *Elnacional.com.do.* Obtenido de

<http://elnacional.com.do/crecida-lago-enriquillo/>

RIHA. (ene-abril de 2015). *scielo.sld.cu.* Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382015000100005&script=sci_arttext

Rivas, J. (16 de junio de 2010). *Turismoverde*. Obtenido de turismoverde.wordpress.com:
<https://turismoverde.wordpress.com/2010/06/16/lago-enriquillo-reserva-de-biosfera/>

Rodriguez, H. (2009). *Aporte al conocimiento de La cuenca del LAGO ENRIQUILLO*.
Santo Domingo .

Sanchez, T. A. (04 de junio de 2013). *Elnacional.com*. Obtenido de
<http://elnacional.com.do/crecida-del-lago-enriquillo-afectan-a-535-familias/>

turismo verde. (s.f.). Obtenido de turismo verde:
<https://turismoverde.wordpress.com/category/interpretacion-ambiental/turismo-de-naturaleza-interpretacion-ambiental/>

jmarcano. (n.d.). Retrieved from [jmarcano.com](http://www.jmarcano.com):
http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/rios/l_enriquillo.html

Urbaz, R., Martinez, I. O., Batista Benjamin , Orrego, J. C., Perez, A. M., Deschamps, A., et al. (2013). *PLAN ESTRATEGICO DE RECUPERACION Y TRANSICION AL DESARROLLO PARA LAS ZONAS DEL LAGO ENRIQUILLO*. SANTO DOMINGO: Editora Búho .

wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Fluorescencia_de_rayos_X

Wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Fluorescencia_de_rayos_X

Wright, V. D., Hornbach, M. J., Mchugh, C., & Mann, P. (25 de agosto de 2015). *www.scirp.org*. Obtenido de
<http://dx.doi.org/10.4236/nr.2015.68045>

Quezada, A. C. (2009). *EL CICLO HIDROLOGICO DEL LAGO ENRIQUILLO*.

Anexos

Proyecto numero: DOM7/003. 2009-2011

Título: Estimación del balance hídrico de la zona de recarga de Los Haitises para el establecimiento de un plan de manejo hídrico.

Institución: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y el Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Clasificación: Finalizado

Objetivo: Comprender la disponibilidad de agua, en sus diferentes manifestaciones, en la región de Los Haitises en República Dominicana.

Resultados esperados:

1. Balance hídrico en el sector de Los Haitises, subcuenca Yabacao.
2. Modelo conceptual hidroquímico del acuífero Cárstico de Los Haitises, subcuenca Yabacao.
3. Modelo conceptual de flujo del acuífero Cárstico de la caliza de los Haitises, sector Subcuenca Yabacao.
4. Vulnerabilidad intrínseca en el sector de Los Haitises, subcuenca Yabacao.
5. Divulgación alcances técnicos del Proyecto e impacto en toma de decisiones.

Proyecto numero: RLA7016. 2012-2013

Título: Estudios de actualización hidrogeológica y de contaminación difusa de los recursos de agua subterránea en acuíferos sobreexplotados.

Institución: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y el Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Clasificación: No finalizado

Proyecto Número: RLA7017. 2012-2013

Título: Evaluación del potencial de los recursos hídricos subterráneos del acuífero de Los Lagos y la utilización sustentable de las aguas subterráneas dentro del contexto de la gestión integrada aguas-suelos

Institución: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Ministerio de Medioambiente de Haití (ONEV) y el Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Clasificación: Finalizado

Proyecto Numero: RLA7016. 2013-2015

Título: Uso de isótopos para evaluación hidrogeológica de acuíferos intensamente explotados en América Latina (ARCAL CXXVII). Caso de estudio Acuífero de la Planicie de Azua.

Institución: Servicio Geológico Nacional (SGN) y el Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA)

Clasificación: En Curso

Objetivo: Para caracterizar el uso de isótopos ambientales del estado actual hidrogeológico de los acuíferos seleccionados que se explotan intensivamente en América Latina y el Caribe.

Resultados:

1. Los isótopos estables indican que todas las aguas subterráneas tienen la misma firma isotópica (la variación en oxígeno-18 es menor que uno por mil) y, por ende, que todas tienen un origen en común. Los aljibes tienden a tener unos valores ligeramente más enriquecidos, pero eso puede ser por evaporación, aunque este fenómeno no es muy acentuado ni en las aguas subterráneas ni en los ríos, ya que todas están muy cerca o encima de la línea meteórica global.
2. En general, las aguas subterráneas parecen ser muy recientes. La muestra de agua lluvia dio 1.6 ± 0.2 TU y la muestra de río está acorde con ella (1.8 TU). De los ocho pozos muestreados para tritio, siete presentaron actividades medibles (entre 0.6 y 1.7 TU). Sólo en uno (P08, #6 Las Charcas) no fue posible detectar tritio. Este pozo es uno de los más profundos del área de estudio (70 metros). Sin embargo, la actividad de radiocarbono medida en este pozo indica que el agua es igualmente reciente (88.4 pmc).

Proyecto Numero: RLA7021. 2016-2017

Título: Utilización de isótopos ambientales e instrumentos hidrogeoquímicos convencionales para evaluar los efectos de la contaminación causada por las actividades agrícolas y domésticas en la calidad de las aguas subterráneas (ARCAL CXLIX)". Caso de estudio Acuífero de la Planicie de Azua.

Institución: Servicio Geológico Nacional (SGN) y el Organismos Internacional de Energía Atómica (OIEA)

Clasificación: En Curso

Objetivo: Evaluar los efectos de la contaminación causada por actividades agrícolas y domésticas en la calidad de las aguas subterráneas, utilizando isótopos ambientales e instrumentos hidrogeoquímicos convencionales.

Resultados que se esperan obtener:

1. Mejorar el conocimiento de los sistemas hidrogeológicos propuestos de los países participantes, mediante la generación de un modelo conceptual para cada una de las zonas de estudio.
2. Contribuir al conocimiento de las fuentes de nitratos que contaminan las zonas de estudio mediante el análisis de isótopos de ^{15}N y ^{18}O en conjunto con otras técnicas isotópicas y métodos hidrodinámicos e hidrogeoquímicos convencionales.
3. Divulgación del conocimiento de los casos de estudio tratados en el proyecto, con especial énfasis hacia las autoridades gestoras y administrativas de los recursos hídricos, así como los sectores productivos, científicos y población en general.
4. Realizar una presentación de los resultados del proyecto a las autoridades gestoras y administrativas del recurso hídrico, donde se expongan los principales logros obtenidos durante el proyecto.
5. Elaborar un documento científico (IAEA TECDOC, publicación de una edición especial en una revista, entre otros), donde se resuman los diferentes casos para cada uno de los países involucrados en el proyecto.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
AV. LOS PRÓCEROS, URBANIZACIÓN GALA
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
APARTADO POSTAL 342 S + 249-2
T 809 887 8071
F 809 587 0200
INTEC EDUCO

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016
No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	19 DE AGOSTO, 2016

REPORTE DE ANALISIS TESIS LAGO ENRIQUILLO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS Y AMBIENTALES
Av. de Los Próceros, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809.567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
ariscgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
AV. DE LOS PRÓCEROS, LOS JARDINES DEL NORTE 10602
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
APARTADO POSTAL 3119 • TEL. 809 567 9271
F. 809 567 9200
INTEC.EDU.DO

RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	1) BC 12	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2290	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS	METODOS	RESULTADOS	UNIDADES	
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	HACH - BODTrak	5.88	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	HACH 8000	<10.0	mg/L	
Fósforo Total	HACH 8190	<1.0	mg/L	
Nitrógeno Total	HACH 10071	2.4	mg/L	
METALES				
Arsénico	AA	0.0022	mg/L	
Cadmio	AA	<0.0003	mg/L	
Mercurio	AA	0.0677	mg/L	
Plomo	AA	<0.0030	mg/L	
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Totales	SM 9221 B	156	NMP/100ml	
MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE				

ARISMENDIS GOMEZ, MsC
Consultor Ambiental 07-390
Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS Y AMBIENTALES

Av. de Los Próceros, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809.567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
arigomez02@hotmail.com marlany.ferreira@intec.edu.do





RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	2) HOYO AZUL	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2291	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS		METODOS	RESULTADOS	UNIDADES
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		HACH - BOOTrak	5.88	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		HACH 8000	<10.0	mg/L
Fósforo Total		HACH 8190	<1.0	mg/L
Nitrógeno Total		HACH 10071	2.4	mg/L
METALES				
Arsénico		AA	0.0538	mg/L
Cadmio		AA	<0.0003	mg/L
Mercurio		AA	0.0093	mg/L
Plomo		AA	0.0206	mg/L
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Totales		SM 9221 B	2	NMP/100mL
"MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE"				

ARISMENDIS GOMEZ, MSc
Consultor Ambiental 07-390
Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS Y AMBIENTALES
Av. de Los Próceres, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809.567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
arisgomez02@hotmail.com marlery.ferreira@intec.edu.do





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
AV. DE LOS PROCERES, LOS JARDINES DEL NORTE 10602.
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
TELÉFONO: (809) 567-9271 / 567-9272
FAX: (809) 567-9271
P. AV. BELLORE
INTEC@INTEC.EDU.DO

RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACIÓN JOSÉ LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	3) BC 1	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2292	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS		MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		HACH - BODTrak	44.77	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		HACH 8000	66.89	mg/L
Fósforo Total		HACH 8190	<1.0	mg/L
Nitrógeno Total		HACH 10071	5.6	mg/L
METALES				
Arsénico		AA	0.0573	mg/L
Cadmio		AA	<0.0003	mg/L
Mercurio		AA	0.0442	mg/L
Plomo		AA	0.0137	mg/L
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Totales		SM 9221 B	18	NMP/100ml
MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE				

ARISMENDIS GÓMEZ, MSc
Consultor Ambiental 07-390
Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS Y AMBIENTALES
Av. de Los Próceres, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809.567-9271 EXT. 457. Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
arlgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do





RESULTADOS DE ANALISIS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
 DE CALIFICACIONES, INVESTIGACION Y SERVICIOS
 LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS Y AMBIENTALES
 Av. de Los Próceres, Los Jardines del Norte 10602
 TEL: 809 567 9271 EXT. 457 Móvil: 809 756 7036 / 809 880 5816
 arisgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	4 BC 2	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2293	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS		METODOS	RESULTADOS	UNIDADES
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		HACH - BOOTrak	21.01	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		HACH 8000	14.01	mg/L
Fósforo Total		HACH 8190	<1.0	mg/L
Nitrógeno Total		HACH 10071	1.6	mg/L
METALES				
Arsénico		AA	0.0385	mg/L
Cadmio		AA	<0.0003	mg/L
Mercurio		AA	0.0624	mg/L
Plomo		AA	0.0038	mg/L
MICROBIOLOGICOS				
Coliformes Totales		SM 9221 B	8	NMP/100mL
MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE				

ARISMENDIS GOMEZ, MSc
 Consultor Ambiental 07-390
 Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
 LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS Y AMBIENTALES
 Av. de Los Próceres, Los Jardines del Norte 10602
 TEL: 809 567-9271 EXT. 457 Móvil: 809 756 7036 / 809 880 5816
 arisgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
DE LOS PRÓCEROS, ORGANIZACIÓN G.U.A.
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
ANILLOS POSTAL, 342-4 P-2092
Tel: 809-567-9271
F: 809-880-5816
INTEC-F02-001

RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	5) BC 4	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2294	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS	METODOS	RESULTADOS	UNIDADES	
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	HACH - BODTrak	6.33	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	HACH 8000	<10.0	mg/L	
Fósforo Total	HACH 8190	<1.0	mg/L	
Nitrógeno Total	HACH 10071	1.1	mg/L	
METALES				
Arsénico	AA	0.0271	mg/L	
Cadmio	AA	<0.0003	mg/L	
Mercurio	AA	0.0272	mg/L	
Plomo	AA	0.0047	mg/L	
MICROBIOLOGICOS				
Coliformes Totales	SM 9221 B	76	NMP/100mL	
"MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE"				

ARISMENDIS GÓMEZ, MSc
Consultor Ambiental 07-390
Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS Y AMBIENTALES
Av. de Los Próceros, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809.567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
arisgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
AV. LOS PRÓCEROS, ESTACION 06, S.D.
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
INTEC - TEL: 809 567 9271
TEL: 809 567 9271
TEL: 809 567 9271
TEL: 809 567 9271

RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	6) BC 8	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2295	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS		METODOS	RESULTADOS	UNIDADES
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		HACH - BODTrak	4.34	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		HACH 8000	<10.0	mg/L
Fósforo Total		HACH 8190	<1.0	mg/L
Nitrógeno Total		HACH 10071	0.9	mg/L
METALES				
Arsénico		AA	0.0218	mg/L
Cadmio		AA	<0.0003	mg/L
Mercurio		AA	0.0218	mg/L
Plomo		AA	0.0117	mg/L
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Totales		SM 9221 B	338	NMP/100ml
"MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE"				

ARISMENDIS GOMEZ, MSc
Consultor Ambiental 07-390
Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS Y AMBIENTALES
Av. de Los Próceros, Los Jardines del Norte 10602.
TEL. 809 567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
ariagomez02@hotmail.com marieny.ferreira@intec.edu.do





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
 Av. de Los Próceres, Urbanización de La
 Gracia, Santo Domingo, República Dominicana
 400000, PO BOX 345, 809 800
 T 809-567-9271
 Y 809-490-0290
 WWW.INTEC.EDU.DO

RESULTADOS DE ANALISIS

CLIENTE	ESTUDIANTE DE INVESTIGACION JOSE LUIS PAULINO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA	11 DE AGOSTO, 2016	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	7) 8C 9	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA	
No. DE MUESTRA	2296	No. DE REFERENCIA	INTEC 16-299	
PARAMETROS		METODOS	RESULTADOS	UNIDADES
GENERALES				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		HACH - BODTrak	5.21	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		HACH 8000	<10.0	mg/L
Fósforo Total		HACH 8190	<1.0	mg/L
Nitrógeno Total		HACH 10071	1.7	mg/L
METALES				
Arsénico		AA	0.0265	mg/L
Cadmio		AA	<0.0003	mg/L
Mercurio		AA	0.0265	mg/L
Plomo		AA	0.0214	mg/L
MICROBIOLOGICOS				
Coliformes Totales		SM 9221 B	354	NMP/100ml
MUESTRA COLECTADA POR EL CLIENTE				

ARISMENDIS GOMEZ, MSc
 Consultor Ambiental 07-390
 Enc. de Laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC)
 LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS Y AMBIENTALES
 Av. de Los Próceres, Los Jardines del Norte 10602.
 TEL. 809.567-9271 EXT. 457 Móvil 809 756 7036 / 809 880 5816
 arisgomez02@hotmail.com marleny.ferreira@intec.edu.do





Equipo CRISON MultiMeter MM41





