

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad de Ciencia y Tecnología**

Escuela de Ingeniería Civil



**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil**

Tema de Investigación

**“EVALUACIÓN DEL GRADO DE ALTERACIÓN DE LOS FACTORES
FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS AFLUENTES
SUPERFICIALES A LA PRESA DE HATILLO.”**

Asesor

Ing. Emgelberth Vargas

Sustentantes

Raymond Ramírez Merejo 15-0849

Otniel Ramírez Payano 15-0851

Fecha: 23 de noviembre del 2018

Santo Domingo, D.N., República Dominicana.

Agradecimientos

A Dios: Por darnos la vida, salud y estar con nosotros en cada momento.

A la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU): Por abrirnos sus puertas, brindarnos la oportunidad de obtener este título tan anhelado y por tantas facilidades que nos otorgaron para poder hacer esto posible.

A nuestro asesor Ing. Emgelberth D. Vargas Monzón: Quien con su paciencia y vocación fue la guía de este proyecto. Gracias por ser nuestro asesor, que desde inicio del trabajo de investigación estuvo dedicado a ayudar y recomendar acciones con el objetivo de lograr un buen trabajo.

A nuestros profesores: Quienes fueron los guías durante la formación de nuestra carrera universitaria, por sus incalculables esfuerzos de traspasarnos sus conocimientos tanto teóricos como prácticos y su inefable labor como docentes.

Al Servicio Geológico Nacional (SGN): Por brindarnos su apoyo y total disposición para facilitarnos parte del material de investigación.

Al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI): Por brindarnos su apoyo en los análisis de las muestras de laboratorio.

Raymond Ramírez Merejo

Otniel Ramírez Payano

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, gracias por permitirme sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda.

A mi familia que ha sido siempre fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis años de carrera profesional. En especial quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres Esterling Ramírez y Mayra Merejo que sin su ayuda hubiese sido imposible culminar mi profesión. Gracias por ser mi principal fuente de autoeficiencia y por haberme educado para ser un hombre de bien.

A mi tía Ivelisse Merejo y su esposo Manuel De León por su esfuerzo y entera confianza. Gracias por acogerme en la casa y por ayudarme a cumplir y una de mis metas más anheladas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir, son ustedes unas personas admirables y a las cuales le tengo mucho respeto.

A mi abuela Felicita González por ser manantial de cariño y sabiduría derramada a lo largo de este camino. Gracias por estar ahí para mí.

A mi demás familiares y amistades por su orientación y apoyo que me brindaron para alcanzar una de las metas trazadas. Gracias por su apoyo y muestra de cariño.

A Otniel Ramirez por estar desde el primer día hasta el último en este camino. Dios permitió que hiciéramos este trabajo para aprender y conocer muchas cosas. Gracias por tu paciencia y gentileza en cada momento compartido.

A todos, infinitas gracias.

Raymond Ramirez Merejo

A Jehová Dios, por darme las fuerzas y sabiduría que cada día necesité, por estar siempre a mi lado cuidándome, guiándome y manteniendo mi enfoque en la meta que estaba delante. Dios, a ti va todo el mérito de este gran logro en mi vida y confío que podré seguir contando con tu ayuda en los que quedan por venir.

A mi familia, que de manera colectiva me han brindado apoyo incondicional a lo largo de mi vida. De una forma u otra me brindaron el valor y la seguridad que siempre necesité en mi trayecto de formación como profesional.

A mis padres Generoso Ramírez y Tarsis Payano, por darme todo su amor; por dedicarse con empeño en brindarme una buena formación, ofreciéndome la oportunidad de tener un mejor futuro. Gracias por siempre estar ahí sirviéndome de modelos a seguir y tendiéndome una mano siempre que la necesite.

A mis abuelos, donde siempre podía encontrar y sentir ese amor y apoyo extra que no se compara con ningún otro.

A mi gran amiga Aimé Paola Valdez, que fue una segunda hermana que me dio la universidad, brindándome su confianza y cariño a lo largo de mi carrera y que sé que continuará ahí siempre demostrando ser cada día la gran amiga que es.

A Raymond Ramírez que me ha estado acompañando desde el 7mo grado y en cada paso de mi carrera profesional, dándome orientación y una mano amiga. Gracias por formar parte de este trabajo y por cada momento que hemos compartido juntos.

A todos, muchísimas gracias.

Otniel Ramírez Payano

Índice

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
<i>Objetivo General</i>	14
<i>Objetivos específicos</i>	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.5 ANTECEDENTES.....	16
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	18
1.7 ÁMBITO DE ESTUDIO	18
CAPITULO II.....	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 <i>Ecohidrología</i>	21
2.1.2 <i>Calidad de agua</i>	22
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.2.1 <i>Contaminación del agua</i>	25
2.2.2 <i>Características físicas del agua</i>	25
2.2.3 <i>Características químicas del agua</i>	27
2.2.4 <i>Características microbiológicas del agua</i>	39
2.3 MARCO CONTEXTUAL	41
2.3.1 <i>Generalidades</i>	41
2.3.2 <i>Áreas protegidas</i>	42
2.3.3 <i>Clima</i>	43
2.3.4 <i>Flora y Fauna</i>	47
2.3.5 <i>Suelos</i>	47
2.3.6 <i>Capacidad productiva</i>	49
CAPÍTULO III.....	50
MARCO METODOLÓGICO	50
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	51
• <i>Investigación preliminar</i>	52
• <i>Visita a la zona de estudio</i>	53
• <i>Toma de muestras de agua en la zona de estudio</i>	53
• <i>Análisis físico-químico y bacteriológico de las muestras</i>	55
3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	56
• <i>Modo de recolección de datos</i>	57
• <i>Fotos de puntos de recolección</i>	58
3.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	63
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	68
3.6. ANÁLISIS DE DATOS.....	69

CAPÍTULO IV	70
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	70
4.1. RESULTADOS	70
4.1.1. <i>Mapas gráficos de resultados</i>	99
CAPÍTULO V	128
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	128
5.1. CONCLUSIÓN	128
5.2. RECOMENDACIONES.....	132
REFERENCIAS	133
ANEXOS	136

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN I	19
ILUSTRACIÓN II	28
ILUSTRACIÓN III	35
ILUSTRACIÓN IV	41
ILUSTRACIÓN V	43
ILUSTRACIÓN VI	44
ILUSTRACIÓN VII	45
ILUSTRACIÓN VIII	46
ILUSTRACIÓN IX	48
ILUSTRACIÓN X	49
ILUSTRACIÓN XI	58
ILUSTRACIÓN XII	59
ILUSTRACIÓN XIII	60
ILUSTRACIÓN XIV	61
ILUSTRACIÓN XV	62
ILUSTRACIÓN XVI	64
ILUSTRACIÓN XVII	65
ILUSTRACIÓN XVIII	66
ILUSTRACIÓN XIX	67
ILUSTRACIÓN XX	68
ILUSTRACIÓN XXI	75
ILUSTRACIÓN XXII	78
ILUSTRACIÓN XXIII	81
ILUSTRACIÓN XXIV	84
ILUSTRACIÓN XXV	87
ILUSTRACIÓN XXVI	90
ILUSTRACIÓN XXVII	93
ILUSTRACIÓN XXVIII	96

Índice de tablas

TABLA 1	71
TABLA 2	74
TABLA 3	75
TABLA 4	76
TABLA 5	78
TABLA 6	79
TABLA 7	81
TABLA 8	82
TABLA 9	84
TABLA 10	85
TABLA 11	87
TABLA 12	88
TABLA 13	90
TABLA 14	91
TABLA 15	93
TABLA 16	94
TABLA 17	96
TABLA 18	97

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE ALTERACIÓN DE LOS FACTORES
FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS AFLUENTES
SUPERFICIALES A LA PRESA DE HATILLO**

Introducción

La contaminación de las aguas de la presa de Hatillo, la cual representa la mayor reserva de agua artificial de la República Dominicana, viene siendo una inquietud nacional desde hace ya varios años, por lo que se busca determinar los factores contaminantes de estas y de qué manera afectan a los usuarios de dichas aguas.

La presa de Hatillo es la reserva de agua dulce más importante del país, conteniendo 710 millones de metros cúbicos de agua. Está situado en la región del Cibao, zona norte de la República Dominicana, en la provincia de Sánchez Ramírez.

El objetivo principal es realizar un estudio de la caracterización física, química y microbiológica de factores contaminantes presentes en los afluentes de la presa de Hatillo, con fines de proponer un plan de monitoreo ambiental que garantice la preservación de dicha fuente de agua potable.

Se analizará que grado de contaminación y que contaminantes están presentes en dicho embalse, que afluente aporta mayor cantidad de contaminantes, como perjudica a los usuarios de dichas aguas la contaminación presente en estas y proponer un plan para la regulación del grado ecohidrológico de este embalse.

La metodología aplicada fue mediante la observación directa, análisis de muestras y comparación con la regulación nacional para las aguas potables según la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga del Ministerio de Medio Ambiente.

Tiene como propósito dejar la base registrada para implementar soluciones de beneficio nacional para el saneamiento de este embalse y el aprovechamiento debido y seguro de dichas aguas. Luego de obtener la información suministrada por los análisis, se procede a dar respuestas a los objetivos planteados y con esto ayudar a conservar el grado ecohidrológico de la presa de Hatillo.

Capítulo I

Problema de investigación

1.1 Planteamiento del Problema

En la República Dominicana existe una preocupación respecto a las aguas que bañan la cuenca del río Margajita y Yuna, aguas que alimentan en su mayoría la presa de Hatillo el cuerpo de agua artificial más grande de la región caribeña (710 millones de metros cúbicos, una superficie de 22 km² y una longitud máxima de 15 km) y la reserva de agua dulce más importante del país, están expuestas a contaminantes de metales pesados debido a la operación de grandes empresas mineras en la zona.

La entrada en operación de la Barrick Pueblo Viejo, que extrae grandes volúmenes de agua de la presa de Hatillo para la explotación y el beneficiado del oro, parte de los cuales se devuelven al mismo cuerpo de agua por el río Margajita; sumado a los arrastres de metales pesados que hace el río Yuna y afluentes provenientes de la zona de operación de la Falcombridge Dominicana y por último, las aguas del río Sin, provenientes de la minera Cerro Maimón, representan la mayor amenaza que puede recibir cualquier embalse existente en el territorio nacional (Hoy, 4 febrero 2015).

Las amenazas y fuentes de contaminación a la que probablemente está sometida la presa de Hatillo, tienen distintas fuentes y orígenes. Las insostenibles actividades mineras localizadas en su

entorno, la deforestación de las cuencas de los ríos Yuna y Maimón, la disminución acentuada de los caudales que la alimentan, sedimentación acentuada, desperdicios sólidos procedentes de los pueblos ubicados aguas arriba del embalse, vertidos de pocilgas y granjas, residuos de pesticidas, extracción indiscriminada de agregados, entre otros, son claros indicadores del inminente peligro a que está sometida esta gran presa.

Esta preocupación de índole nacional se centra en la importancia estratégica que tiene la presa de Hatillo para el presente y el futuro del país; de ella depende el funcionamiento de 16 acueductos urbanos y rurales del Bajo Yuna; servicios ambientales se verían seriamente afectados por la contaminación de sus aguas con metales pesados y sustancias químicas de toda índole. (Diario Libre, 2 febrero 2015).

“Esta gran reserva de agua dulce de nuestro país, construida esencialmente para contener y regular las grandes crecidas del Río Yuna, va perdiendo progresivamente la calidad de sus aguas, poniendo en grave estado de amenaza la disponibilidad de ese preciado líquido para decenas de acueductos y a las extensas e intensas actividades agrícolas y pecuarias del Valle del Cibao Oriental y el Bajo Yuna, que dependen de estas aguas”, aduce un comunicado (Diario Libre, 2 febrero 2015).

1.2 Preguntas de la Investigación

- ¿Cuáles son los tipos de contaminantes presentes en los afluentes de la presa de Hatillo que alteran su ciclo ecohidrológico?
- ¿Cuáles son los niveles ecohidrológicos aceptables según la norma de calidad del agua del Ministerio de Medio Ambiente?
- ¿De qué manera influye a los usuarios de este embalse la contaminación de sus aguas?
- ¿Qué plan se puede proponer como línea base para la sostenibilidad de la zona?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Realizar un estudio de la caracterización física, química y microbiológica de factores contaminantes presentes en los afluentes de la presa de Hatillo, con fines de proponer un plan de monitoreo ambiental que garantice la preservación de dichas fuentes de agua potable.

Objetivos específicos

- Analizar qué grado de contaminación está presente en los afluentes de la presa de Hatillo.
- Determinar qué afluente aporta mayor cantidad de contaminantes.
- Determinar de qué manera perjudica a los beneficiarios de estas aguas dicha contaminación.
- Proponer un plan para la regulación del grado ecohidrológico de los afluentes que llegan a la presa de Hatillo.

1.4 Justificación

La evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los afluentes superficiales a la presa de Hatillo, brindará información cuantitativa del estado de estos para beneficiar todos los usuarios de estas aguas en esta región, ya que se determinará si los afluentes que llegan a dicha presa están alterando y por consecuencia cambiando las características ecohidrológica del embalse.

El propósito de evaluar el grado de contaminación presentes en los afluentes de la presa de Hatillo, beneficiaría de manera sustancial a los usuarios de dichas aguas, ya que estas se utilizan como fuente de agua potable y extensas actividades agrícolas y pecuarias del valle del Cibao.

El impacto ambiental causado a las cuencas de República Dominicana, específicamente enfocadas en los afluentes de la presa de Hatillo, es de gran preocupación nacional puesto que este es el cuerpo de agua dulce más grande de toda la región caribeña. Además, vale la pena conservar en buen estado este embalse puesto que es considerado la reserva de agua más importante del país.

1.5 Antecedentes

El agua que circula en el río Yaque del Norte contiene agua residual que se utiliza en la irrigación de cultivos, debido a la escasez de agua en la zona noroeste de la República Dominicana. Se desconoce su calidad y grado de contaminación, por lo que la presente investigación tiene como propósito diagnosticar la contaminación del agua descargada en el río. El control de calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, requiere una serie de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos. En el año 1981 se estableció el programa de Calidad de Aguas con fines de evaluar los diferentes problemas de contaminación detectada en los ríos del país. (Guzmán, 2017)

Esta gran reserva de agua dulce de nuestro país construida esencialmente para contener y regular las grandes crecidas del Río Yuna, va perdiendo progresivamente la calidad de sus aguas, poniendo en grave estado de amenaza la disponibilidad de ese preciado líquido para decenas de acueductos y a las extensas e intensas actividades agrícolas y pecuarias del Valle del Cibao Oriental y el Bajo Yuna, que dependen de estas aguas (José Luis Soto, Medio Ambiente, febrero 2015).

Las amenazas y fuentes a la que está sometida la presa de Hatillo, tienen distintas fuentes y orígenes. Las insostenibles actividades mineras localizadas en su entorno, la desforestación de las cuencas del Rio Yuna y Maimón, la disminución acentuada de los caudales que ya alimentan, sedimentación acentuada, desperdicios sólidos procedentes de los pueblos ubicados aguas arriba del embalse, vertidas de pocilgas y granjas, residuos de pesticidas, extracción indiscriminada de agregados, entre otros, son claros indicadores del inminente peligro a la que está sometida esta gran presa, que no tomar medidas heroicas, en corto tiempo se convertirá en un estercolero más (José Luis Soto, Medio Ambiente, febrero 2015).

La presa de Hatillo, que actualmente almacena en promedio unos 450 millones de metros cúbicos de agua, sería un cementerio de materia orgánica muerta, haciéndolo fuente permanente de otros tipos de contaminación. Además, la economía dominicana recibiría un fuerte golpe, pues, además, tendría secuelas directas en el comercio y eliminaría al país como posible destino turístico (7Dias, 09 octubre 2013).

En el año 1991 dentro del marco del proyecto GTZ-INDRHI (1993), se diseñó una red de monitoreo de calidad de agua en las cuencas prioritarias, donde se tomó en cuenta, aspectos y actividades que tienden a modificar la calidad de sus aguas. Se incluyó la determinación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, materia orgánica y plaguicidas en la columna de agua, y la toma de muestra de sedimentos en los embalses y estuarios. Se definieron las

metodologías de muestreo, las necesidades de los laboratorios, el equipamiento, la capacidad y entrenamiento necesario para el lanzamiento del programa. (Guzmán, 2017)

1.6 Alcances y limitaciones

Se analizará física, química y microbiológica factores contaminantes presentes en los afluentes de la presa de Hatillo y proponer un plan para la regulación del grado ecohidrológico de los afluentes que llegan a la presa de Hatillo en caso de ser necesarios.

Está limitado debido a la falta de información de la zona, y al no tener todas las muestras necesarias debido a limitaciones económicas.

1.7 Ámbito de estudio

Este estudio se realizó en la Republica Dominicana en Cotuí, municipio cabecera de la provincia de Juan Sánchez Ramírez, situado a 113 km al noroeste de la ciudad de Santo Domingo. Las coordenadas de la Ubicación de la presa son latitud 19.0338 y longitud -70.199.

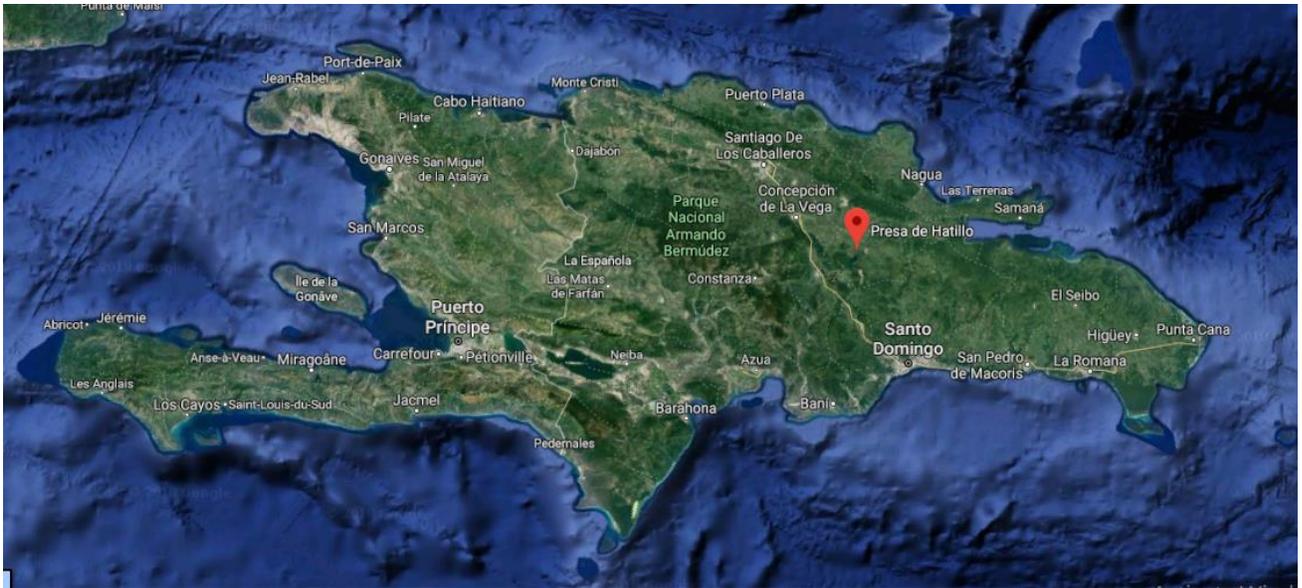


Ilustración 1

Fuente: (Google Maps)

Capítulo II

2.1 Marco Teórico

El río Yuna es la principal fuente de abastecimiento de la presa de Hatillo seguido por el río Margajita, el primero mencionado es considerado el río más caudaloso de la República Dominicana con un caudal medio de 35.4 m³/seg.

El río Yuna y Margajita siguen sufriendo los embates de la contaminación desde los distintos afluentes que van a parar a estas fuentes de agua de trascendental importancia para la producción agropecuaria de la región nordeste del país. Se ha convertido en un sucio vertedero de basuras sólidas y líquidos contaminados que los arrastra hasta la presa de Hatillo, presa que es utilizada en gran medida en la región del Cibao.

La explotación minera del yacimiento epitermal de alta sulfidación de Pueblo Viejo, en la República Dominicana, conlleva importantes afecciones en el medio ambiente debido principalmente a la generación de drenajes ácidos asociados al lavado meteorico de los yacimientos y las escombreras. Estas aguas acidas se forman por la disolución oxidativa de los sulfuros y sulfosales. El riesgo ambiental de estas aguas no solo está ligado a su acidez sino que, bajo estas condiciones, muchos elementos se solubilizan fácilmente pudiendo ser transportados fuera del entorno minero.

2.1.1 Ecohidrología

El concepto de la Ecohidrología fue desarrollado en el marco del programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (Zalewski et al, 1997) inspirado en las conclusiones de la Conferencia Internacional de Agua y Medioambiente de Dublín en 1992 (Zalewski, 2002). En esta conferencia se revisaron las soluciones existentes en cuanto a las prácticas de gestión del agua y se llegó a la conclusión que para lograr la sustentabilidad de los recursos hídricos del planeta había que proponer nuevas soluciones y por lo tanto la necesidad de nuevos conceptos.

La ecohidrología constituye un enfoque innovador en el ámbito de las ciencias ambientales que promueve la integración de la hidrología y la ecología con miras a la gestión sostenible de los recursos hídricos. Se basa en el supuesto de la gestión sostenible de los recursos hídricos depende de la capacidad para mantener procesos evolutivos de circulación de agua y nutrientes y de flujos energéticos a escala de las cuencas mediante la ordenación integrada de los procesos biológicos, biogeoquímicos e hidrológicos como instrumentos de gestión. El desarrollo del concepto de ecohidrología refleja la necesidad apremiante de elaborar y poner en práctica métodos innovadores y eficaces en relación con su costo para mejorar la calidad del agua, frente a la presión creciente que se ejerce sobre los recursos de agua dulce (UNESCO, 2005).

Según Gonder de Beauregard et al (2002), los objetivos de la Ecohidrología muestran por si mismos el marco metodológico a aplicar. Estos están basados en tres pasos:

- El estudio preliminar de una cuenta comienza con una comprensión ecológica profunda del ambiente (clima, ciencia de suelo, vegetación, ocupación humana).
- La prevención de la contaminación, fundamento de un desarrollo sostenible, representa el segundo paso. Esto implica que para establecer un modelo ideal de la cuenca se precisa ver y determinar fuentes y flujos de los agentes contaminadores.
- Se deben poner varias tecnologías en ejecución para consolidar los ecosistemas considerando escenarios a largo plazo.

2.1.2 Calidad de agua

El agua es un compuesto esencial para la vida, hasta el punto de que esta no sería posible sin ella. Se utiliza en la alimentación de los seres vivos, en la agricultura, en la industria, etc. El agua es el medio en el que se producen la mayoría de las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que son fundamentales para la vida.

La calidad del agua cruda (no tratada) ya sea extraída de una fuente superficial o de un acuífero subterráneo, destinada al consumo como agua potable varían ampliamente, desde casi transparente hasta muy contaminada. Debido a que tanto el tipo como la cantidad de contaminantes en el agua

cruda son variados, los procesos utilizados en la purificación también difieren del lugar en el que se encuentre.

Se refiere a las características físicas, químicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito (Oceane Bidault, 28 junio 2016).

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento de estas. Los estándares más utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

Relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que define la composición, grado de alteración, y la utilidad del cuerpo hídrico. Estos parámetros físicos son algunos como PH, DBO, DQO, color, turbidez, coliformes totales, OD, magnesio, hierro, entre otros.

Al mismo tiempo se utilizara la validación de estos parámetros según la norma Ambiental sobre Calidad de Agua y Control de descarga (NA-AG-001-03), dada por el Ministerio de Medio Ambiente cuyo objetivo es proteger, conservar y mejorar la calidad de los cuerpos hídricos nacionales para de este modo garantizar la seguridad de su uso y promover el mantenimiento adecuado para el desarrollo de los ecosistemas asociados a los mismos, en cumplimiento con las disposiciones de la Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley 64-00).

Mediante esta norma la clasificación consiste en una definición según letra para así seguir un mantenimiento las cuales son:

a). Clase A: aguas destinadas al abastecimiento público de agua potable sin necesidad de tratamiento previo, excepto simple desinfección. Aguas que pueden ser destinadas para riego de vegetales de consumo crudo. Aguas destinadas a la preservación de la fauna y la flora.

b). Clase B: aguas destinadas al abastecimiento público de agua potable con el tratamiento. Aguas aprovechables para regadíos de cultivos, deportes acuáticos sin contacto directo, y usos industriales y pecuarios.

c). Clase C: aguas utilizadas para navegación, enfriamiento y otros usos que no impliquen contacto directo.

d). Clase D: aguas superficiales a preservar en condiciones naturales, por su excepcional calidad o gran valor ecológico.

2.2 Marco conceptual

El avance y desarrollo de las regiones muchas veces está ligado a comprometer en gran manera la integridad del medio ambiente, causa insostenibilidad en este y se refleja con la degradación de los recursos naturales. Esta conceptualización de las terminologías utilizadas a lo largo de la investigación está dada para entender la importancia del impacto ambiental que podría o no estar alterando la ecohidrológica de la presa de Hatillo.

2.2.1 Contaminación del agua

La contaminación del agua se genera por la incorporación de distintas sustancias dañinas y que provocan que estas sean inseguras o no aptas para el uso de los seres vivos que una u otra forma se benefician de ellas. Proviene de múltiples factores como son industrias, la flora, la fauna, etc. Estos contaminantes también son arrojados por el ser humano, ya sea desde una persona que vierte grandes cantidades de detergentes o bien grandes empresas y fabricas que vierten toneladas de sustancias toxicas a las aguas.

2.2.2 Características físicas del agua

Son aquellas características que permiten que el agua sea agradable hacia los usuarios por medio de aspectos estéticos, por ejemplo, como se ve el agua, su olor, su textura, etc. Todos los

aspectos que se pueden determinar con los cinco sentidos son de vital importancia para la aceptación de dicha agua, por esta razón debemos analizar dichos parámetros.

2.2.2.1 Color

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto de barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas.

El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como color verdadero al que depende solamente del agua y sustancias disueltas, mientras el aparente es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). El color aparente es entonces el de la muestra tal como la obtenemos en el sistema a estudiar. Para determinar el color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas. (Goyenola, 2007)

2.2.2.2 Turbidez

Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez. Esta es considerada una buena medida de la calidad del agua. (Linnetech)

La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe ser exenta de las mismas. (Goyenola, 2007)

2.2.3 Características químicas del agua

El agua, también llamada el solvente universal, esta medida por varios parámetros químicos que están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, nutrientes, materia orgánica entre otros.

2.2.3.1 PH

Las siglas PH que significan “Potencial Hidrogeniones”. Es la unidad de medida de alcalinidad o acidez, específicamente mide el contenido de iones de hidrogeno que están presentes en una solución (Carbotecnia).

La escala utilizada para la determinación del PH en una solución va del 0 al 14, siendo el siete (7) considerado como el punto neutro, el cero (0) el grado de acidez máximo y el catorce (14) el punto base o de alcalinidad máximo. Esta escala es logarítmica de base diez, lo que indica que un grado siguiente a otro contiene 10 veces la cantidad del anterior, es decir, un PH de seis (6) es diez veces más ácido que un PH de siete (7), o un PH de cuatro (4) es cien veces más ácido que un PH de seis (6).

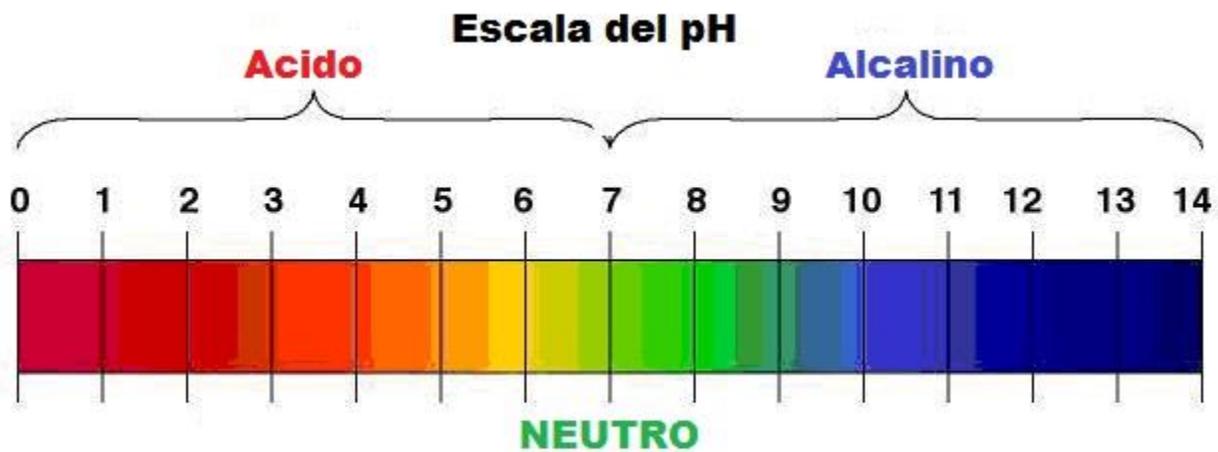


Ilustración II

Fuente: (PoolMarket)

2.2.3.2 Calcio

Es un metal alcalino de color blanco brillante, blando y dúctil, que se oxida con el aire y el agua; ocupa el quinto lugar en abundancia entre los elementos de la tierra, pero en la naturaleza no existe en estado puro; se encuentra en la calcita, el mármol, la roca caliza, varios silicatos, etc.

En las aguas naturales, la concentración de calcio y magnesio es habitualmente muy superior a la del resto de alcalinotérreos, por lo que, una gran cantidad de calcio en el agua indica que dicha agua es de una dureza alta. El agua dura deja depósitos sólidos o costras en las tuberías pudiendo llegar a obstruirlas. Sin embargo, la dureza del agua es beneficiosa para el riego porque los iones alcalinotérreos tienden a flocular las partículas coloidales del suelo (es decir que favorecen la formación de agregados de dichos coloides) lo cual aumenta la permeabilidad del suelo al agua. (Técnica Avanzada en Química, 2004)

2.2.3.3 Magnesio

Es un metal alcalino de color blanco plateado, maleable y ligero, que existe en la naturaleza solamente en combinación química con otros elementos y es un componente esencial del tejido animal y vegetal. Al igual que el Calcio la presencia de grandes concentraciones de Magnesio en el agua, da lugar a un tipo de agua muy alcalina o dura.

Es un mineral alimentario para todos los organismos excepto para los insectos. Es un átomo central de la molécula de la clorofila, y por lo tanto es una sustancia necesaria para la función fotosintética de las plantas. El magnesio se encuentra en el agua de mar, ríos y agua de lluvia, de esta forma se distribuye de forma natural en el medio ambiente (Lenntech).

2.2.3.4 Sodio

Es un metal alcalino de color blanco plateado, blando, ligero y explosivo (muy reactivo) al contacto con el agua que se encuentra muy abundantemente en la naturaleza siempre combinado formando sales.

El sodio procede de rocas y de suelos. En el agua de mar se encuentra aproximadamente una concentración de 11 ppm de sodio, los ríos y lagos solo contienen una concentración media de 9 ppm. Sin embargo, estas concentraciones son mucho más bajas, su valor depende de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales de procedencia industrial (Lenntech).

2.2.3.5 Carbonato y Bicarbonato

Son sales que están formadas por la combinación del ácido carbónico y una base. Los iones de carbonato y bicarbonato se combinan con Calcio y Magnesio precipitando en forma de carbonato cálcico o carbonato magnésico cuando la solución del suelo se concentra bajo condiciones secas. La concentración de Calcio y Magnesio decrece en relación al sodio, esto provoca la alcalinización y aumento del PH. Entonces, cuando el análisis del agua indica un nivel alto de PH, esto es una señal de que los valores de carbonatos y bicarbonatos son altos (Lenntech).

2.2.3.6 Cloruro

Es un compuesto de cloro y otro elemento químico diferente del oxígeno; se obtiene por la acción del ácido clorhídrico con un metal o su hidroxilo.

El ion cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg CL/L se puede detectar el sabor salado si el catión es Sodio. Por otra parte, este puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1 g CL/L cuando los cationes que predominan son el Calcio y Magnesio.

Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando estas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora en forma importante la calidad del suelo.

2.2.3.7 Sulfato

Son las sales que forman un ácido sulfúrico. Estas sales se componen de cuatro átomos de oxígeno que rodean un átomo de azufre ubicado en el centro. Se puede encontrar en casi todas las aguas naturales.

Concentraciones elevadas de sulfatos pueden provocar que el agua tenga un sabor amargo. Además, pueden actuar como laxantes cuando se ingieren en cantidades que sobrepasan la capacidad del intestino para absorberlos.

2.2.3.8 Nitrato

El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es NO_3 . El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2). (Lenntech)

El nitrato es uno de los contaminantes más frecuentes del agua en áreas rurales. Debe ser controlado en el agua potable principalmente porque a niveles excesivos pueden provocar metahemoglobina. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, si indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o agricultura, tales como bacterias o pesticidas (Lenntech).

2.2.3.9 Nitrito

Los nitritos son sales del ácido nitroso. El ion nitrito es el NO_2^- . Naturalmente los nitritos deben su formación a la oxidación de las aminas y del amoníaco, o también a la reducción del nitrato en ausencia de oxígeno.

Los nitritos están presentes naturalmente en suelos, agua, vegetales y tejidos animales. Los niveles en suelos cultivados y en agua se ven incrementados por la utilización de fertilizantes nitrogenados comerciales.

Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estado intermedio en formación de nitratos. La concentración del mismo en agua y vegetales es baja. Sin embargo, la conversión microbiológica de nitrato puede ocurrir durante el almacenamiento de vegetales frescos a temperatura ambiente, en el cual puede alcanzar niveles elevados (alrededor de 3,6 g/g- peso seco-).

2.2.3.10 Fosfatos y fósforos

Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio (Quiminet, 2012).

Los compuestos del fosforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento del algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosforo existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan solo un gramo de fosfato-fosforo ($\text{PO}_4\text{-P}$) provoca el crecimiento de 100 gramos de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de 150 gramos.

El fosforo se encuentra en el medio ambiente como fosfatos que son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía. (Lenntech)

Las principales fuentes de emisión de fosfatos en el medio ambiente en debida a la industria minera y a los cultivos que utilizan fertilizantes fosfatados. Las aguas superficiales (lagos, ríos, embalses, etc.) son una gran fuente de fosfatos debido a los vertidos industriales y a los residuos ganaderos. (Agency), 2007)



Ilustración III

Fuente: (Petra Putz, 2010)

2.2.3.11 Dureza total

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales alcalinas.

La dureza del agua se mide en grados. Las sales disueltas de calcio y de magnesio se reducen a la cantidad equivalente de CaO. Un grado alemán de dureza significa: 1 gramo de CaO disuelto en 100 l de agua. Las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; puede ser expresado en concentraciones de CaCO₃. (Química Industrial)

Algunos estudios han demostrado que hay una débil relación inversa entre la dureza del agua y las enfermedades cardiovasculares en los varones, por encima del nivel de 170 mg de carbonato de calcio por litro en el agua. La organización mundial de la salud ha revisado las evidencias y concluyó que los datos eran inadecuados para permitir una recomendación acerca de un nivel de dureza.

2.2.3.12 Alcalinidad

La alcalinidad del agua se debe a los contenidos de carbonatos y bicarbonatos en solución, los cuales son muy comunes en las aguas subterráneas.

La alcalinidad total indica la cantidad de componentes alcalinos (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos) disueltos en el agua. La alcalinidad recomendada se sitúa entre 125-150 ppm. Una alcalinidad adecuada nos asegura un mejor control del PH y menos alteraciones de éste. Si la alcalinidad no está en los valores de 125-150 ppm habrá oscilaciones con el PH no pudiendo conseguir una estabilidad del mismo, de manera que podrá haber pHs altos o bajos, es decir, problemas de turbiedad, incrustaciones, o de corrosión, irritación de ojos, coloración verdosa del agua respectivamente. (Piscines DOME, 2016)

2.2.3.13 Oxígeno disuelto

El análisis de oxígeno disuelto mide la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto (O₂) en una solución acuosa. El oxígeno se introduce en el agua mediante difusión desde el aire que rodea la mezcla, por aeración (movimiento rápido) y como un producto de desecho de la fotosíntesis. Cuando se realiza la prueba de oxígeno disuelto, solo se utilizan muestras tomadas recientemente y se analizan inmediatamente. Por lo tanto, debe ser preferentemente una prueba de campo (CIMCOOL, 2014).

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

2.2.3.14 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación microbiana de la materia orgánica presente en el agua. Existen diferentes condiciones preestablecidas para determinar este parámetro, pero la más frecuente es la DBO₅ que usa unos periodos de incubación de cinco días a 20 °C ya que el proceso de descomposición varía

según la temperatura. Este parámetro es indispensable cuándo se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o afluentes (CMA).

2.2.3.15 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido bajo condiciones preestablecidas por la oxidación química de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se usan diferentes oxidantes, como el dicromato potásico o el permanganato potásico. Este ensayo permite medir la cantidad de compuestos orgánicos, sales minerales oxidables (como los sulfuros) ya sean biodegradables o no.

2.2.3.16 Mercurio

La contaminación por mercurio, supone un riesgo para la salud humana, ya que se acumula en el cerebro y los riñones, provocando a largo plazo enfermedades neurológicas. Sus fuentes de emisión son los vertidos de la industria y la minería, sobre todo la extracción artesanal de oro (Analytical methods 2013).

2.2.4 Características microbiológicas del agua

2.2.4.1 Coliformes totales

Los coliformes totales son las Enterobacteriáceas lactosa positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriáceas y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C. (Adina, 2013)

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal.

2.2.4.2 Coliformes fecales

Las bacterias coliformes fecales son organismos que se encuentran naturalmente en las heces de seres humanos y animales, y su presencia en fuentes y cuerpos de agua se utiliza como indicador de contaminación biológica. La bacteria tiene un impacto muy particular y una serie de efectos en el medio ambiente y la salud pública, por lo que estas aguas se vigilan muy de cerca por agencias gubernamentales y medioambientales.

2.2.4.3 Escherichia Coli

Es una bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente. Aunque la mayoría de las cepas son inofensivas, algunas pueden causar una grave enfermedad de transmisión alimentaria. La infección por E-Coli se transmite generalmente por consumo de agua o alimentos contaminados, como productos cárnicos poco cocidos y leche cruda. (Organización Mundial de la Salud)

2.3 Marco contextual

2.3.1 Generalidades

Ubicación

La presa de Hatillo está ubicada en el río Yuna a la altura de Cotuí municipio cabecera de la provincia de Sánchez Ramírez, situado a 113 km de la provincia de Santo Domingo. Las coordenadas de la Ubicación de la presa son latitud 19.0338 y longitud -70.199.

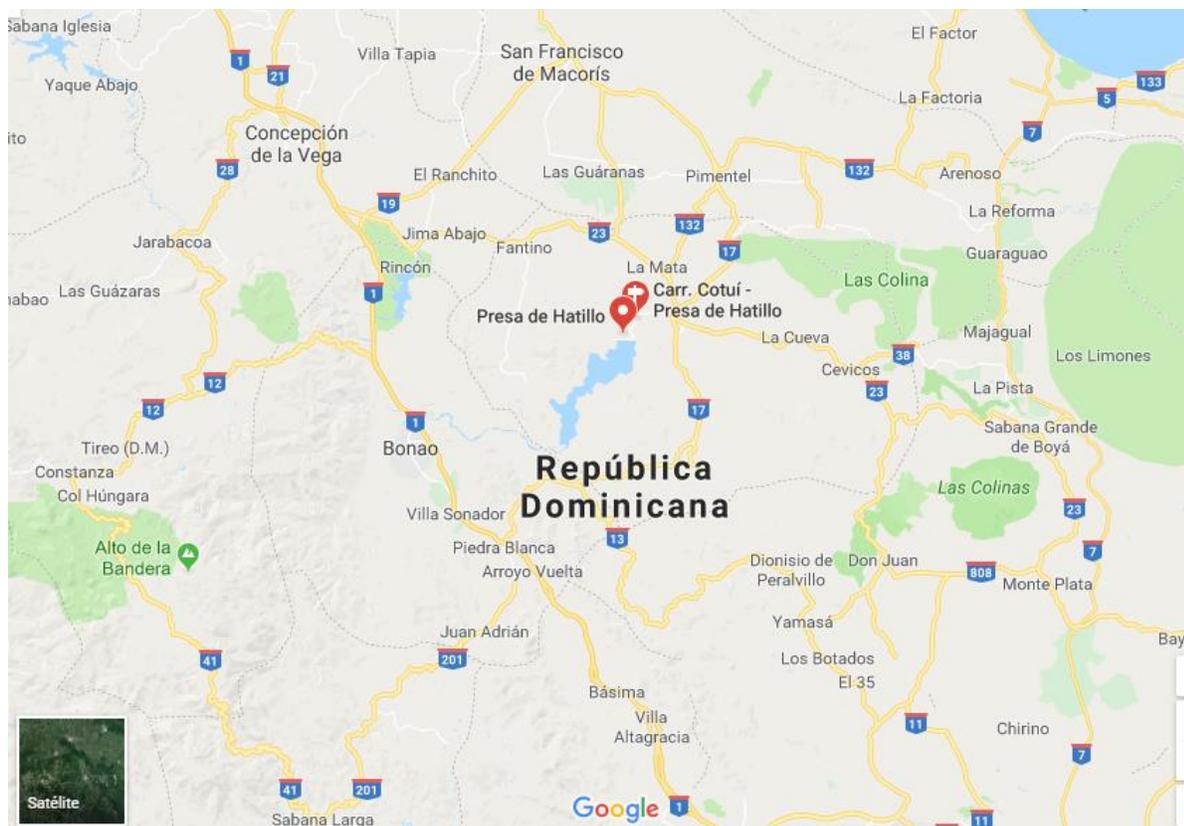


Ilustración IV

Fuente: (Google Maps)

Descripción

Las principales fuentes de abastecimiento de la presa de Hatillo es el río Yuna y el río Margajita, este primero con una longitud de 138.60 kilómetros, un caudal medio de 35.4 m³/seg., precipitación promedio de 1,562.47 mm/año. Esta es la cuenca hidrográfica de mayor precipitación en República Dominicana con una extensión de 5,235.63 km².

Esta presa brinda agua a la zona con más precipitaciones al año en el país, siendo esta una de las mejores para la producción de arroz. Este embalse cuenta con un volumen de agua de 710 millones de metros cúbicos, una superficie de 22 km² y una longitud máxima de 15 km. Y un nivel mínimo de operación es de 70 m.s.n.m.

2.3.2 Áreas protegidas

La provincia Juan Sánchez Ramírez cuenta con dos áreas protegidas, agrupada en una categoría de manejo correspondiente a Parque Nacional (Parque Nacional Aniana Vargas), ocupando una superficie de 141.05 km² lo que corresponde aproximadamente al 12% del área total de la provincia que están dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (Ministerio de Medio Ambiente)

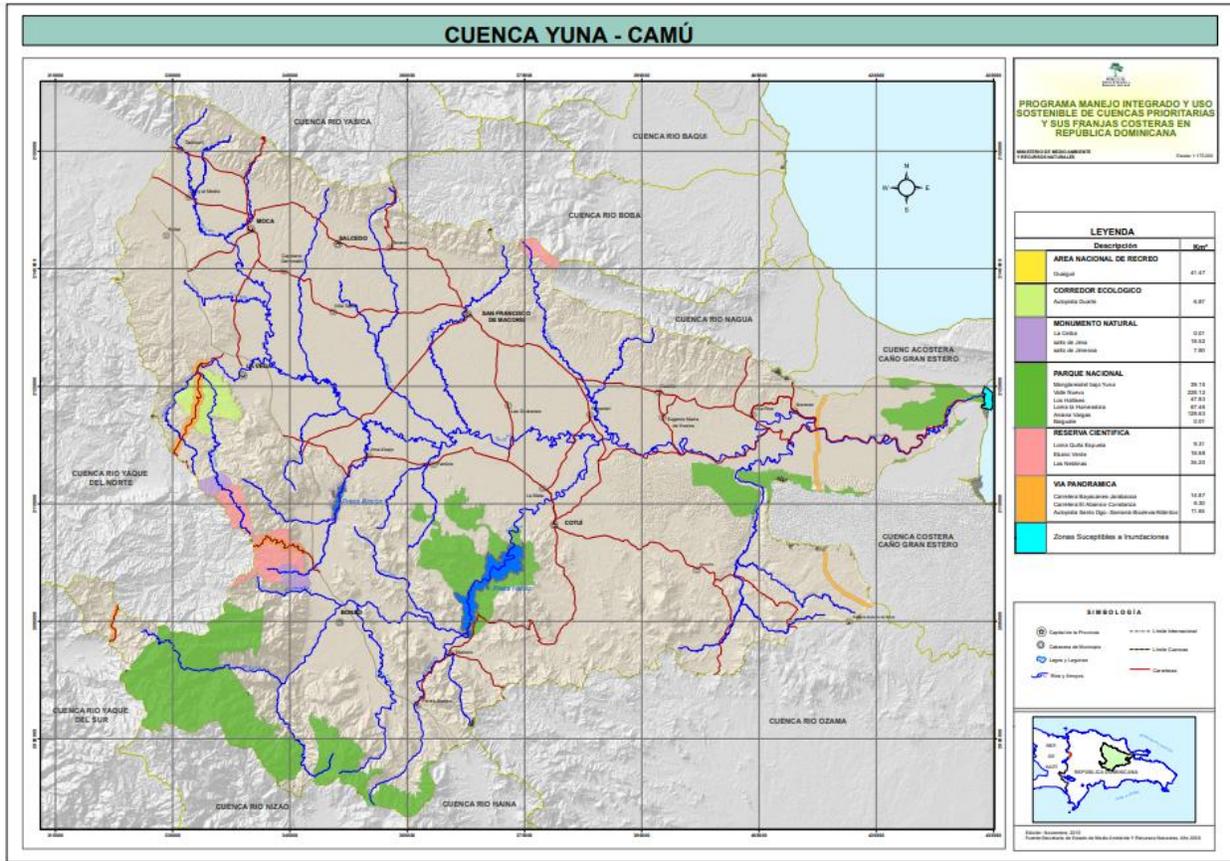


Ilustración V

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

2.3.3 Clima

El clima de Cotuí está clasificado como tropical. Hay precipitaciones durante todo el año, incluso en el mes más seco ocurren muchas lluvias. De acuerdo con Köppen y Geiger clasifica el clima como Af (tropical húmedo). La temperatura media anual en Cotuí es de 27.5 °C con precipitaciones promedio de 1,733 mm/año.

Climograma en Cotuí

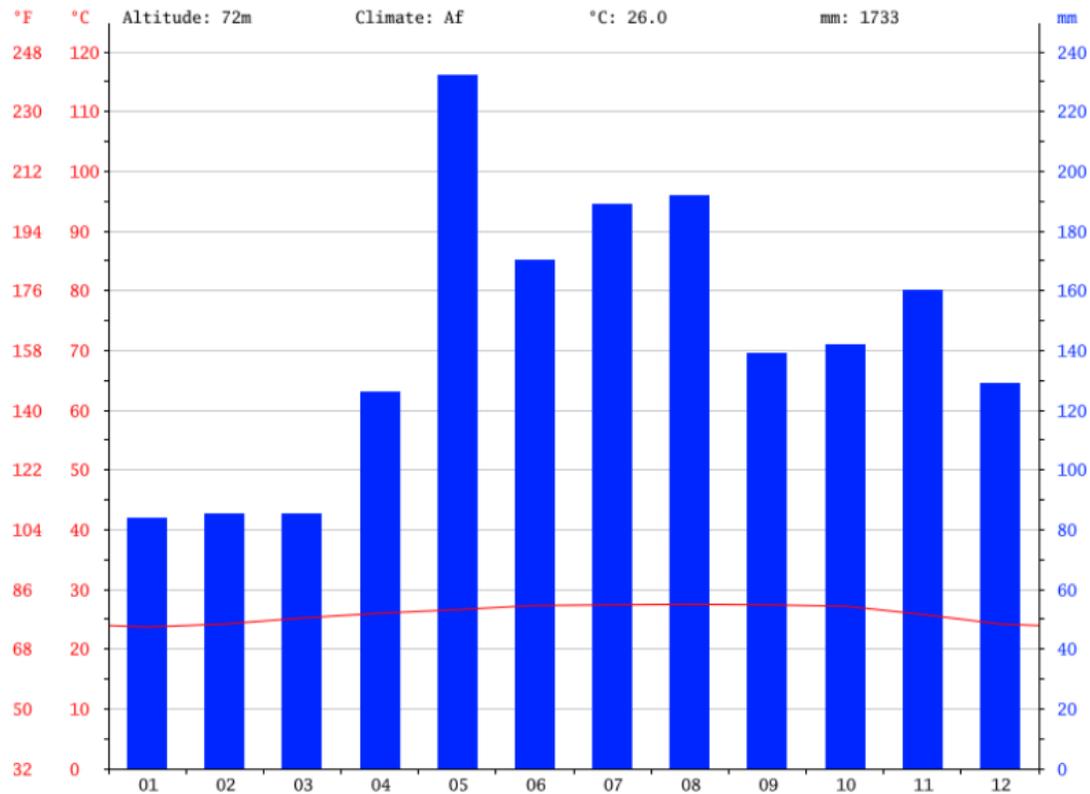


Ilustración VI
Fuente: (Climate-data)

La precipitación más baja es enero, con un promedio de 84 mm, la caída a la media se produce después del mes de mayo siendo este el mes con la mayor precipitación en el año con unos 233 mm de lluvia.

Diagrama de temperatura en Cotuí

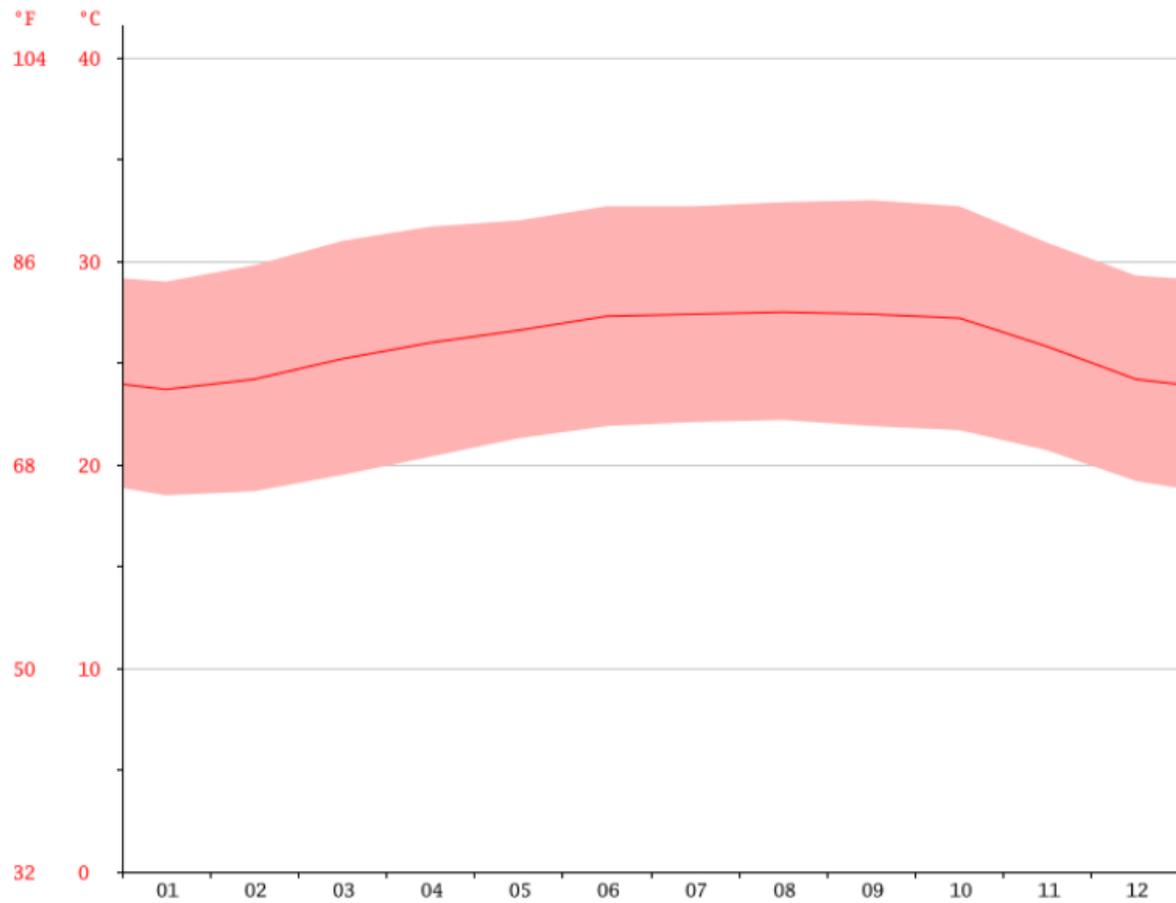


Ilustración VII
Fuente: (Climate-data)

La temperatura media anual es de 27.5 °C, siendo agosto el mes más caluroso y enero el más frío con temperaturas de 32.0 °C y 18.0 °C respectivamente.

Tabla climática con datos históricos del tiempo en Cotuí

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.7	24.2	25.2	26	26.6	27.3	27.4	27.5	27.4	27.2	25.8	24.2
Temperatura mín. (°C)	18.5	18.7	19.5	20.4	21.3	21.9	22.1	22.2	21.9	21.7	20.7	19.2
Temperatura máx. (°C)	29	29.8	31	31.7	32	32.7	32.7	32.9	33	32.7	30.9	29.3
Temperatura media (°F)	74.7	75.6	77.4	78.8	79.9	81.1	81.3	81.5	81.3	81.0	78.4	75.6
Temperatura mín. (°F)	65.3	65.7	67.1	68.7	70.3	71.4	71.8	72.0	71.4	71.1	69.3	66.6
Temperatura máx. (°F)	84.2	85.6	87.8	89.1	89.6	90.9	90.9	91.2	91.4	90.9	87.6	84.7
Precipitación (mm)	84	85	85	126	232	170	189	192	139	142	160	129

Ilustración VIII
Fuente: (Climate-data)

Entre los meses más secos y más húmedos, la diferencia entre las precipitaciones es de 148 mm.

Las temperaturas medias varían durante el año en unos 3.8 °C.

2.3.4 Flora y Fauna

Para el año 2003, según el mapa de Uso y Cobertura de la Tierra elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la provincia cuenta con diferentes usos agropecuarios ocupando una superficie de 686.18 km², en donde el pasto, cacao, cultivo intensivo y arroz ocupan el 94% de la superficie de uso agrícola.

De acuerdo al mapa de Cobertura Forestal 2011 elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la superficie boscosa de la provincia es de 328.41 km², equivalente al 28% aproximadamente de la superficie total de esta. Esta provincia está constituida por el bosque de coníferas latifoliadas en un 100%.

2.3.5 Suelos

En 1967 la Organización de los Estados Americanos (OEA) realizó un estudio suelo en la República Dominicana, este proyecto tenía el nombre "Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana". Con el levantamiento de informaciones sobre suelos, y el análisis de fotografías aéreas a escala 1:60,000 se delimitaron unidades geomorfológicas que corresponden a asociaciones de suelos y en algunos casos a serie. (Ministerio de Medio Ambiente)

2.3.6 Capacidad productiva

De acuerdo al mapa de Capacidad Productiva (OEA, 1967), en la zona de Cotuí los suelos son aptos para producir cultivos agrícolas incluyen la clase II y clase V (adecuadas para cultivos agrícolas) (ver ilustración X), los suelos no aptos para producir cultivos agrícolas incluyen la clase VI y clase VII (tienen limitantes de topografía).

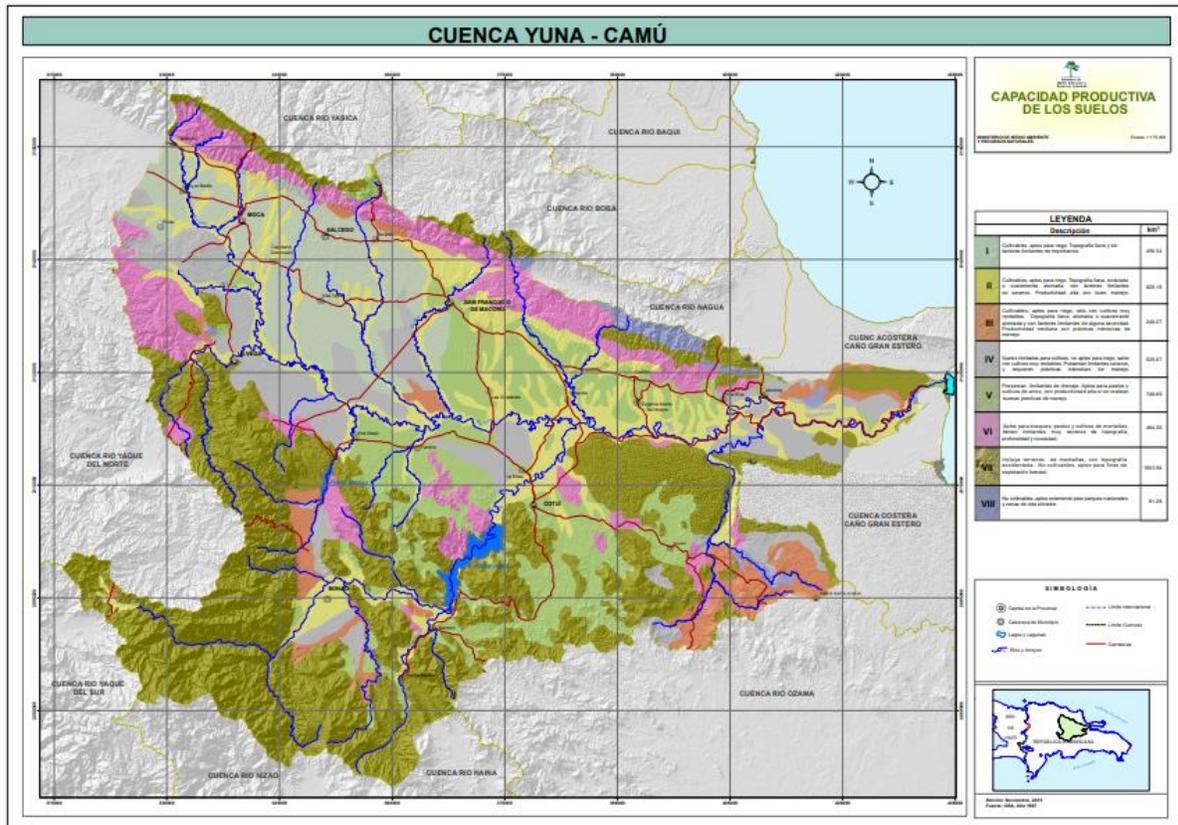


Ilustración X

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

Capítulo III

Marco metodológico

3.1. Enfoque de la investigación

Analizar ambientalmente la presa de Hatillo ubicada a seis kilómetros al suroeste del municipio de Cotuí, capital de la provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. El enfoque de la investigación es cualitativo ya que se basa en la recolección de datos de tipo descriptivo y a su vez cuantitativo pues la misma abarca la interpretación de los resultados de los estudios realizados, por medio de indicadores de contaminación versus lo que representaría un ambiente no contaminado, de manera tal que se puedan establecer relaciones entre las variables.

3.2. Tipo de investigación

Desde el punto de vista del análisis global esta investigación puede considerarse aplicada debido a que busca la generación de conocimientos con aplicación directa a los problemas que causa la contaminación y a partir de esto poder actuar, es decir que busca el conocer para hacer, actuar y dar soluciones. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y los resultados de los análisis realizados a la presa de Hatillo.

Según el objetivo de la investigación, la misma puede definirse como explicativa ya que pretende conducir a un sentido de comprensión o entendimiento de un fenómeno, en este caso los niveles de contaminación de la presa, lo que guía a una recogida de datos de campo y obtener mediante los procesos aplicados los diagnósticos de lugar.

Por su periodo y secuencia un estudio transversal que da a conocer la magnitud y la distribución de la contaminación que posee la anteriormente mencionada presa de Hatillo.

3.3. Procedimiento de la investigación

El procedimiento de la investigación abarca el escoger los medios y etapas necesarias para obtener los resultados buscados. Se recaudó información mediante los estudios y toma de muestras de las aguas de la presa de Hatillo en ocho (8) diferentes puntos, durante un periodo de ocho horas y treinta minutos.

Aquí se muestran las etapas necesarias para recopilar toda la información pertinente para obtener los resultados encontrados, entre ellas están:

- **Investigación preliminar**

En primer plano se recopiló información en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre los niveles de contaminación de la presa de Hatillo que ellos manejan y las medidas de control empleadas por dicho ministerio.

En la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), se solicitaron datos sobre las precipitaciones y temperatura de la zona en cuestión.

El Servicio Geológico Nacional suministro datos concernientes a la ubicación, clima, flora y fauna de toda la zona.

Y, por último, en los laboratorios de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) y del Instituto Nacional De Recursos Hidráulicos (INDRHI), se realizaron los análisis físico-químicos y bacteriológicos de las aguas de la presa de Hatillo, los cuales dichos análisis son el sustento de esta investigación.

- **Visita a la zona de estudio**

Se realizó una traslación hacia el municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, con la finalidad en un primer viaje de dar reconocimiento a toda la zona, observar las condiciones en la que se encuentra esta y establecer los puntos adecuados para la toma de muestras. Luego en el segundo viaje se tomaron muestras de agua en ocho puntos seleccionados ya previamente que incluyen puntos dentro del embalse y aguas arriba de los afluentes que ingresan a este. Dichas muestras tomadas para revelar los niveles de diferentes sustancias y bacterias tomados como parámetros para la contaminación, mediante análisis físico-químicos y bacteriológicos.

- **Toma de muestras de agua en la zona de estudio**

Seleccionados ya ocho puntos de muestreo ubicados estratégicamente para obtener la mayor precisión posible y, además, saber exactamente cuál es la procedencia de los análisis de las aguas arrojados por cierto punto en particular.

El punto uno (1) fue tomado en el afluente que lleva como nombre Río Margajita, fue tomado aguas arriba de este específicamente en las coordenadas N185645.3 W701442.1, con 96 metros de altura sobre el nivel del mar a las 11:44 am. El punto dos (2) fue tomado en el afluente que lleva como nombre Río Yuna, tomado aguas arriba de este, con las coordenadas N185630.6 W701501.8, con 98 m.s.n.m. a las 12:08 pm. El punto tres (3) fue tomado aguas abajo del punto uno (1) en el

Rio Margajita, con las coordenadas N185648.7 W701449, con 100 m.s.n.m. a las 12:22 pm. El punto cuatro (4) fue tomado en el Rio Yuna aguas abajo del punto (2), con las coordenadas N185658.8 W701459.9, con 101 m.s.n.m. a las 12:36 pm. El punto cinco (5) tomado en la unión de los afluentes Rio Yuna y el Rio Margajita, con las coordenadas N185722.9 W701458.4, con 102 m.s.n.m. a las 12:52 pm. El punto seis (6) tomado en las coordenadas N185746.5 W701512.6, con 102 m.s.n.m. a la 01:02 pm. El punto siete (7) con las coordenadas N18597 W701352.3, a 99 m.s.n.m. a la 01:50 pm. El punto ocho (8) y último tomado en las coordenadas N185949.9 W701225.9, con 102 m.s.n.m. a las 02:35 pm.

Estos puntos fueron elegidos con la finalidad de determinar la variación de la calidad del agua a medida que ingresa a la presa y hace su recorrido aguas debajo de esta, debido a las diversas actividades humanas que se realizan a lo largo de dicho embalse.

Los días seleccionados para la primera visita y la toma de muestras de agua del embalse en cuestión fueron miércoles 20 de junio de 2018 y miércoles 04 de julio de 2018 respectivamente. Todas las muestras fueron tomadas entre las 11:00 am y las 03:00 pm.

Para el procedimiento de la toma de muestras, un personal calificado de los laboratorios destinados para dichos estudios (INDRHI y CAASD) suministro el procedimiento adecuado para la recolección de las muestras, luego se realizó la entrega de ocho recipientes para los análisis físico-químicos y bacteriológicos.

- **Análisis físico-químico y bacteriológico de las muestras**

A cada una de las muestras de agua tomadas en los diferentes puntos de recolección se le realizaron diferentes pruebas como indicadores de la calidad de dicha agua, estas pruebas las son indicadores físicos, químicos y bacteriológicos, son las siguientes:

Dentro de los indicadores Físicos tenemos:

1. Color
2. Turbidez

Dentro de los indicadores Químicos tenemos:

1. PH
2. Calcio
3. Magnesio
4. Mercurio
5. Sodio
6. Potasio
7. Carbonato y bicarbonato
8. Cloruro
9. Sulfato
10. Nitrato
11. Nitrito
12. Fosfatos y fósforos
13. Fluoruro

14. Dureza total
15. Alcalinidad
16. Oxígeno disuelto
17. Demanda bioquímica de oxígeno
18. Demanda química de oxígeno
19. Hierro
20. Aceites y grasas

Dentro de los indicadores microbiológicos tenemos:

1. Coliformes totales
2. Coliformes fecales
3. E-Coli

3.4. Método de investigación

El método de la investigación es considerado deductivo puesto que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. Es decir que, si las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay manera de que la conclusión no sea verdadera. Por lo tanto, solo hay dos vertientes, que sea verdadera o sea falsa.

Solo se va a considerar si existen realmente o no contaminantes en la Presa de Hatillo, y si estos afectan o no a las zonas que toman sus aguas, no hay un punto medio.

- **Modo de recolección de datos**

1. Ubicarse sobre el punto de recolección.
2. Ubicar un lugar donde haya corriente.
3. Abrir y cerrar el recipiente debajo del agua a una altura de unos 10 cm por debajo de la superficie.
4. Enjuagar varias veces en recipiente con la misma agua a tomar en caso de que este no sea el envase para la prueba microbiológica, de ser así no enjuagar el recipiente previamente.
5. Sumergir el recipiente completamente en el agua sin topar el fondo del río, manteniendo un ángulo de 45 grados y contra la corriente.
6. Llenar el recipiente completamente y sellar.
7. Preservar la muestra al momento de su recolección a una temperatura menor de 4°C en ausencia de luz.
8. Llevar las muestras al laboratorio antes de 24h para su análisis con el procedimiento de lugar.

- **Fotos de puntos de recolección**



Entrada del rio margajita a la presa de Hatillo

Ilustración XI
Fuente: (Propia)



Punto uno (1) de muestreo. Rio Margajita

Ilustración XII
Fuente: (Propia)



Punto dos (2) de muestreo. Río Yuna

Ilustración XIII
Fuente: (Propia)



Punto tres (3) de muestreo. Río Margajita aguas abajo

Ilustración XIV
Fuente: (Propia)



Isla habitada por garzas. Punto cinco (5) de muestreo.

Ilustración XV
Fuente: (Propia)

3.5. Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación a utilizar son por medio de experimentos de laboratorio, pues se denomina así a un estudio analítico, caracterizado por una duración limitada de menos de un mes, en la que la población estadística está restringida a voluntarios autoseleccionados.

Los experimentos se enfocan en procesos realizados en campo y análisis de muestra en laboratorios dando la completa certificación de orden acreditado. Las técnicas aplicadas llevaron consigo un conjunto de equipos los cuales dieron los parámetros de lugar para así poder determinar el nivel de contaminación y validar el método utilizado al realizar la comparación con la norma.

Algunos de los procesos realizados utilizaron los siguientes equipos:

- PH-metro: instrumento utilizado para medir el grado de alcalinidad o acidez presentes en las muestras de agua tomadas en los puntos asignados. Mide la diferencia de potencial entre un electrodo de PH y un electrodo de referencia y así esta diferencia de potencial lleva a determinar el PH de la solución.



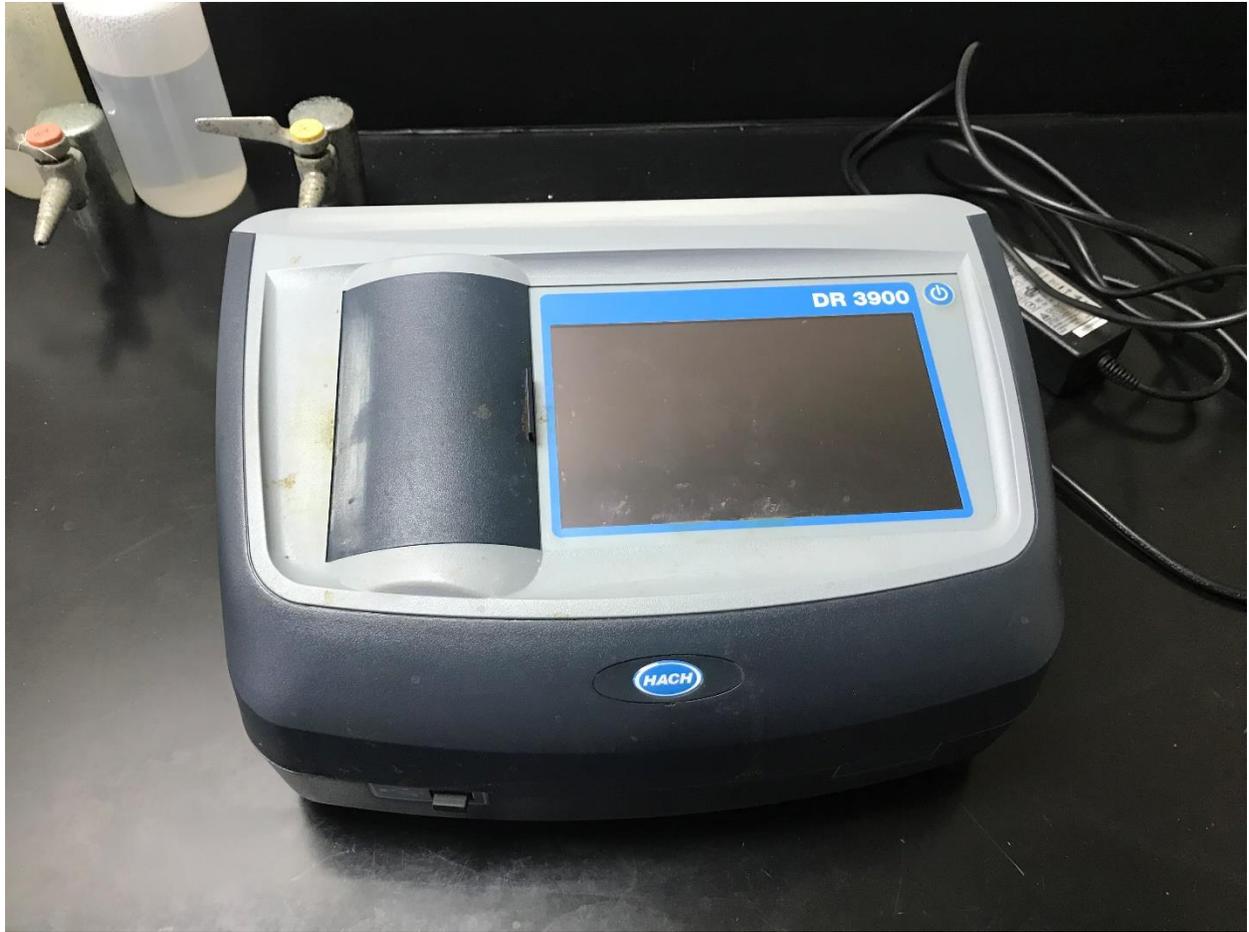
PH-metro y conductímetro. Instrumento utilizado para medir el PH y conductividad eléctrica

Ilustración XVI
Fuente: (Propia)



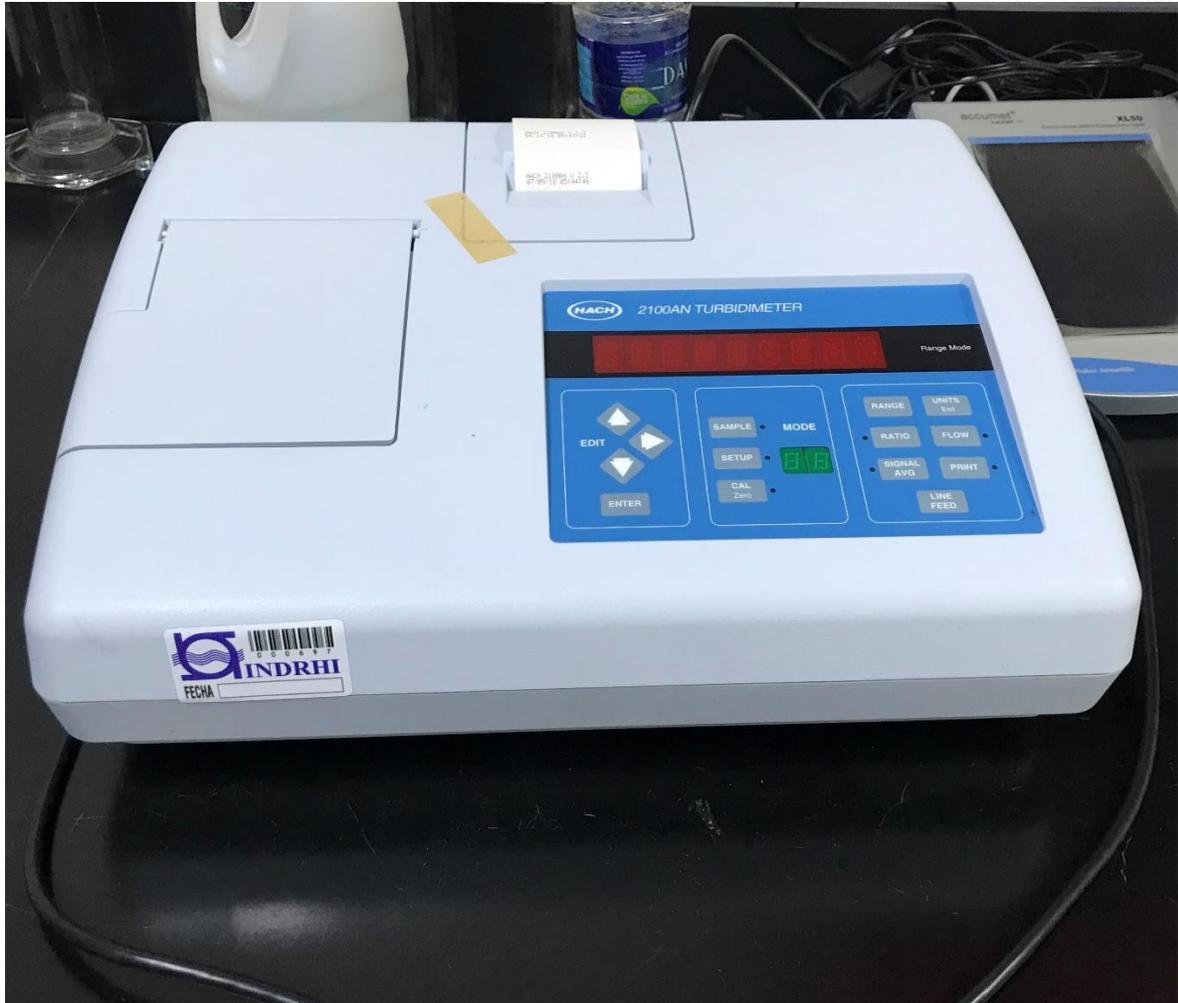
Bureta

Ilustración XVII
Fuente: (Propia)



Turbidímetro

Ilustración XVIII
Fuente: (Propia)



Espectroni multiparámetro

Ilustración XIX
Fuente: (Propia)



Campana y baño maría

Ilustración XX
Fuente: (Propia)

3.5. Población y muestra

La población es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan unas de las observaciones sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones o hacer inferencia. La población ha sido seleccionada por probabilidad dando así la oportunidad a cada uno de los pobladores de ser elegidos bajo el mismo rango de aceptación por lo que no se definen parámetros arbitrarios de un tipo.

La muestra a evaluar es aleatoria dentro del rango que abarcan las aguas de la Presa de Hatillo.

Las aguas de esta presa, expuestas a una posible contaminación, afectarían de manera directa a unas 2,943 personas que utilizan dichas aguas para riego de unas 228,928 tareas (143.95 Km²). Además, el uso de estas aguas como suministro de agua potable podría afectar a uno cinco millones de habitantes de la zona norte o Cibao a través de acueductos.

3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizarán bajo criterios interpretativos y valorativos que arrojaran las conclusiones de la premisa para poder determinar si esta es falsa o verdadera.

Capítulo IV

Resultados y discusiones

4.1. Resultados

Para evaluar la calidad de los resultados obtenidos, se realiza una comparación con la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas dominicana NA-AG-001-003, para de esa manera conocer si los resultados de los parámetros arrojados por las pruebas exceden el rango de lo permitido por dicha norma.

Además, se consideran otros parámetros que no están contemplados en la norma, pero bien si podrían ser perjudiciales para algunos organismos.

El estudio de la calidad de las aguas con fines agrícolas se ha considerado con respecto a la salinidad y sodicidad de estas, según la clasificación de la V.S. Salinity Laboratory Staff basado en el índice SAR (Specific Absorption Rate).

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 ₃ -N + NO ₂ -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 1. Norma NA-AG-001-003.

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	μ g/L	0.0008	0.0008	-	0.0008	0.0008	-
Clordano	μ g/L	0.005	0.004	-	0.005	0.005	-
DDT y metabolitos	μ g/L	0.0003	0.0003	-	0.0003	0.0003	-
Endosulfano	μ g/L	0.009	0.009	-	0.009	0.009	-
Endrin	μ g/L	0.002	0.002	-	0.002	0.002	-
Heptacloro	μ g/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Lindano	μ g/L	0.075	0.075	-	0.075	0.075	-
Metoxicloro	μ g/L	0.02	0.02	-	0.02	0.02	-
Mirex	μ g/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Pentaclorofenol	μ g/L	7.9	7.9	-	7.9	7.9	-
Pertano	μ g/L	0.07	0.07	-	0.07	0.07	-
Toxafeno	μ g/L	0.0002	0.0002	-	0.0002	0.0002	-
BIOCIDAS (ÓRGANO-FOSFORADOS, SULFUROSOS Y OTROS NO-PERSISTENTES)							
Azinfos-Metil	μ g/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Clorpirifos	μ g/L	0.04	0.04	-	0.006	0.006	-
Coumafos	μ g/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Diazinon	μ g/L	0.00002	0.00002	-			
2 4 D	μ g/L	4	4	-	ausente	ausente	-
Paraquat	μ g/L	0.00001	0.00001	-	-	-	-
Diquat	μ g/L	0.00007	0.00007	-	-	-	-

Tabla 1. Norma NA-AG-001-003.

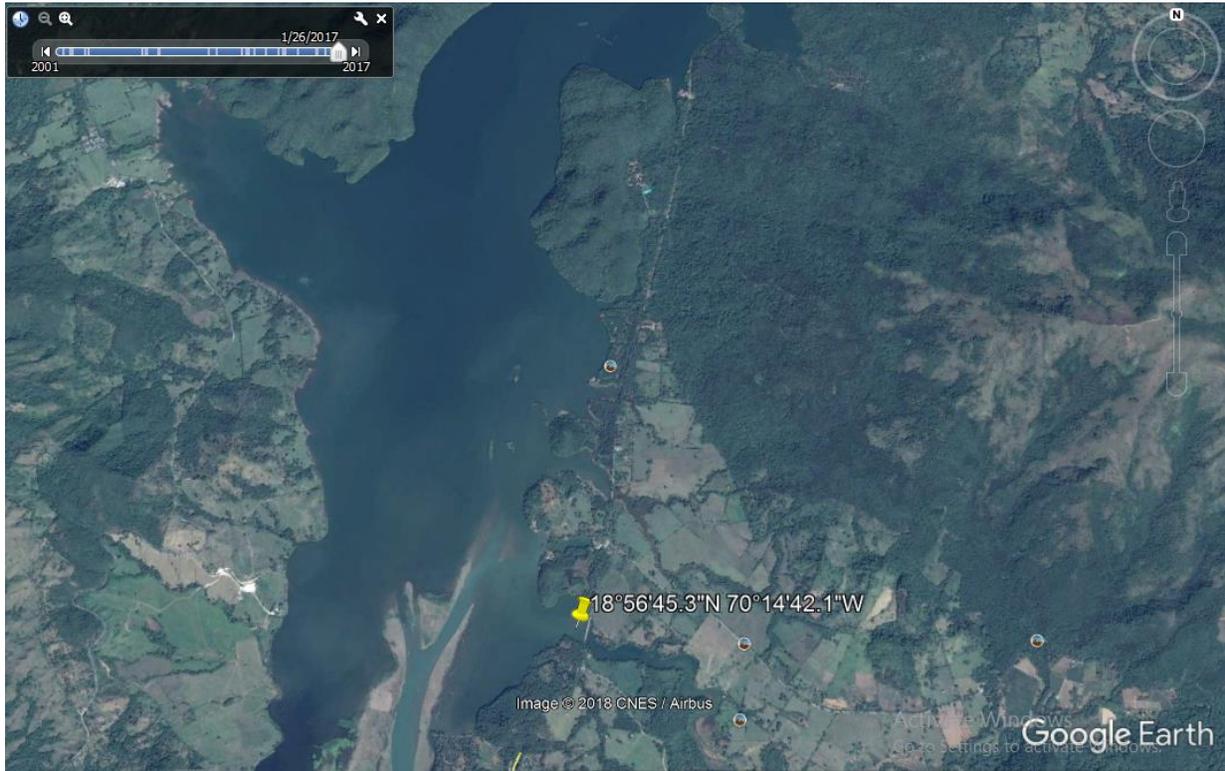
PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
Demeton	µg/L	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-
Fentión	µg/L	0.4	0.4	-	0.4	0.4	-
Malatión	µg/L	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-
Naled	µg/L	0.4	0.4	-	0.4	0.4	-
Paratión	µg/L	0.01	0.01	-	ausente	ausente	-
2,4,5 -TP	µg/L	10	10	-	ausente	ausente	-
SUSTANCIAS ORGÁNICAS							
Benceno	µg/L	5	7	-	400	400	-
Bifenilos policlorados (PCB)	ng/L	1	1	5	-	-	-
Cloruro de vinilo	µg/L	2	2	-	5,300	5,300	-
Diclorobencenos	µg/L	75	75	-	2,600	2,600	-
1,2 Dicloroetano	µg/L	5	10	-	2,500	2,500	-
1,1 Dicloroetileno	µg/L	7	7	-	20	20	-
Diclorometano	µg/L	5	10	-	-	-	-
Etilbenceno	µg/L	50	100	-	-	-	-
Hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH)	µg/L	0.7	1	1	-	-	-
Sustancias fenólicas	µg/L	1	1	-	10	10	-
Tetracloroetileno	µg/L	5	10	-	90	90	-
Tetracloruro de carbono	µg/L	2	5	-	70	70	-
1,1,1 Tricloroetano	µg/L	200	200	-	1,100	1,100	-
Tricloroetileno	µg/L	5	5	-	850	850	-
Triclorobenceno	µg/L	5	10	-	-	-	-
Tolueno	µg/L	50	100	-	-	-	-

Tabla 1. Norma NA-AG-001-003.

CLASIFICACIÓN SALINIDAD / SODICIDAD	
Código	CLASE
C1-S1	Agua de baja salinidad, baja en sodio
C1-S2	Agua de baja salinidad, media en sodio
C1-S3	Agua de baja salinidad, alta en sodio
C1-S4	Agua de baja salinidad, muy alta en sodio
C2-S1	Agua de salinidad media, baja en sodio
C2-S2	Agua de salinidad media, media en sodio
C2-S3	Agua de salinidad media, alta en sodio
C2-S4	Agua de salinidad media, muy alta en sodio
C3-S1	Agua altamente salina, baja en sodio
C3-S2	Agua altamente salina, media en sodio
C3-S3	Agua altamente salina, alta en sodio
C3-S4	Agua altamente salina, muy alta en sodio
C4-S1	Agua muy altamente salina, baja en sodio
C4-S2	Agua muy altamente salina, media en sodio
C4-S3	Agua muy altamente salina, alta en sodio
C4-S4	Agua muy altamente salina, muy alta en sodio

Tabla 2. Clasificación agronómica de las aguas

Punto 1



Punto 1 de toma de muestra

Ilustración XXI
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación	Afluente rio Margajita
Coordenadas:	N185645.3 W701442.1
Altura sobre el nivel del mar:	96 m
Clase	C4-S1
Hora de recolección:	11:44 a. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 3. Datos geográficos del punto 1.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
		CLASE B				
<i>Físico-químicos</i>						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	2,247.00		No	INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	7.7	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	454.8			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	29.52			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	6.9			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	0			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	73.2			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	31.38	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	1,050.00		No	INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	36.52			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.25			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.14			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.4		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	1.11		No	CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	1,309.00			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	60			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	6.72			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	82.68	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	0.91	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	40	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.18	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0038	Si		INDRHI
<i>Microbiológico</i>						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	200	Si		INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	200	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Presentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

Tabla 4. Resultados de las pruebas del punto 1.

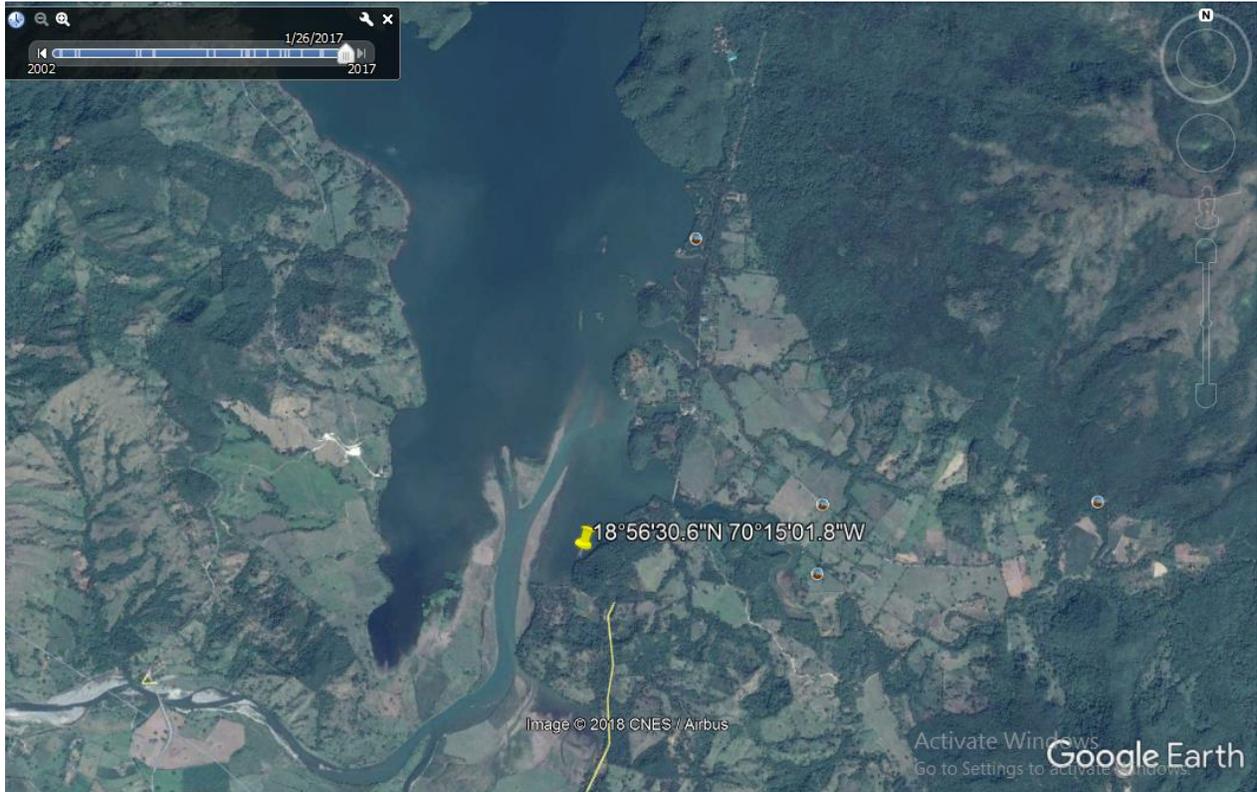
Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos totales disueltos, sulfato, fósforo total, fluoruro, porcentaje de oxígeno disuelto y E-Coli se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de

Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: diarrea, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades. Además, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua dificultan la supervivencia de seres vivos en estas aguas.

Punto 2



Punto 2 de toma de muestra

Ilustración XXII

Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Afluente rio Yuna
Coordenadas:	N185630.6 W701501.8
Altura sobre el nivel del mar:	98 m
Clase	C4-S1
Hora de recolección:	12:08 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 5. Datos geográficos del punto 2.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS		CLASE B	0.14			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	2,065.00		No	INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.09		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	2,430.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	7.80	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	430.20			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	24.72			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	11.27			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	0.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	73.20			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	27.69	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	950.00		No	INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	31.68			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	3.00			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.26			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.20		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.99	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	1,178.50			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	60.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	6.78			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	83.42	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	0.78	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	52.00			INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.12	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0268	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	1,100		No	INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	400	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Ausentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

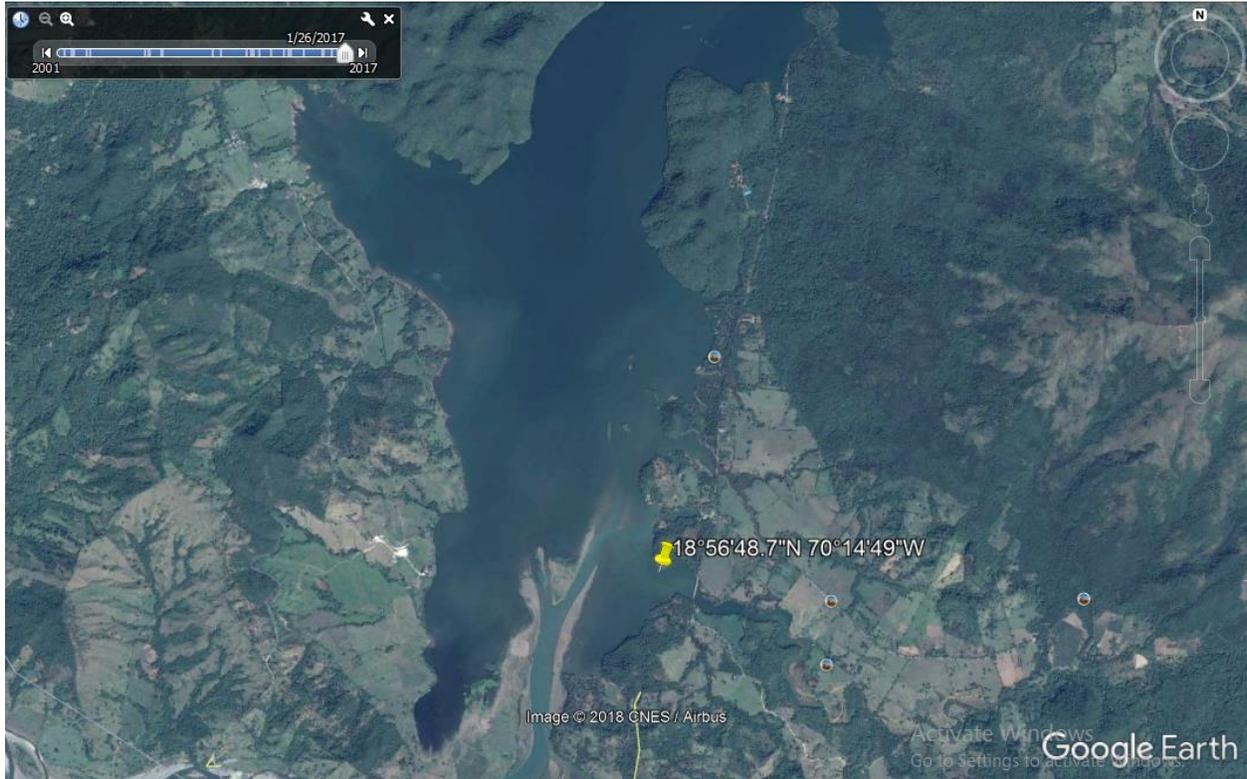
Tabla 6. Resultados de las pruebas del punto 2.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos totales disueltos, sólidos totales suspendidos, sulfato, fósforo total y coliformes totales se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis, salmonelosis, diarrea, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades.

Punto 3



Punto 3 de toma de muestra

Ilustración XXIII
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Afluente rio Margajita
Coordenadas:	N1856487.7 W701449
Altura sobre el nivel del mar:	100 m
Clase	C4-S1
Hora de recolección:	12:22 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 7. Datos geográficos del punto 3.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS			0.38			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	2,244.00		No	INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.09		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	2,640.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	7.80	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	456.60			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	26.88			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	30.59			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	0.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	134.20			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	29.47	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	1,100.00		No	INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	37.84			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	2.46			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.15			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.10		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	1.12		No	CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	1,253.50			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	120.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	6.89			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	84.77	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	0.45	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	40.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.16	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0336	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	780	Si		INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	450	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Ausentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

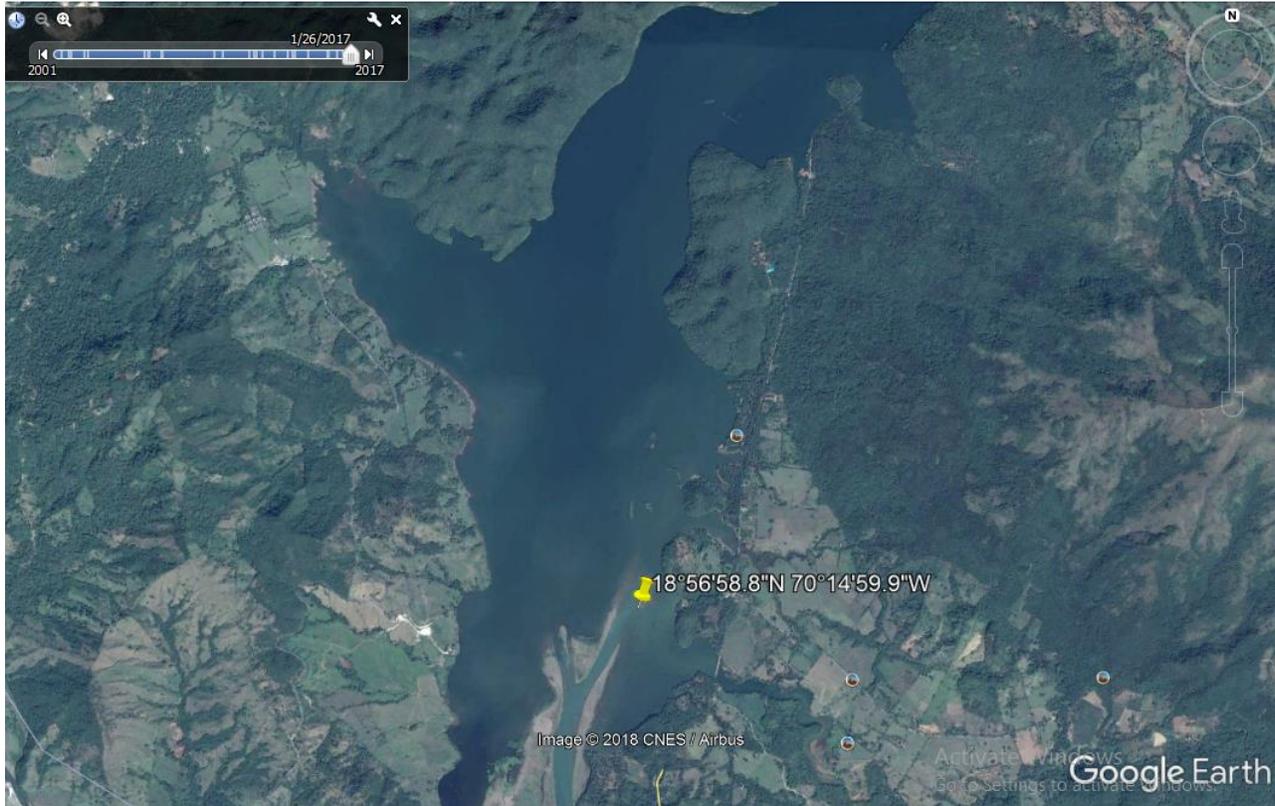
Tabla 8. Resultados de las pruebas del punto 3.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, fósforo total y fluoruro, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: diarrea, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades.

Punto 4



Punto 4 de toma de muestra

Ilustración XXIV
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Afluente rio Yuna
Coordenadas:	N185658.8 W701459.9
Altura sobre el nivel del mar:	101 m
Clase	C2-S1
Hora de recolección:	12:36 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 9. Datos geográficos del punto 4.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS		CLASE B	0.14			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	263.00	Si		INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.08		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	325.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	8.20	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	33.20			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	16.68			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	3.91			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	0.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	146.40			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	18.46	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	1.00	Si		INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	25.52			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.17			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.12			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.40		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.02	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	152.50			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	120.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	5.96			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	73.33	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	1.18	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	44.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.05	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	N/A			INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	4,900		No	INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	3,300		No	INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Presentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

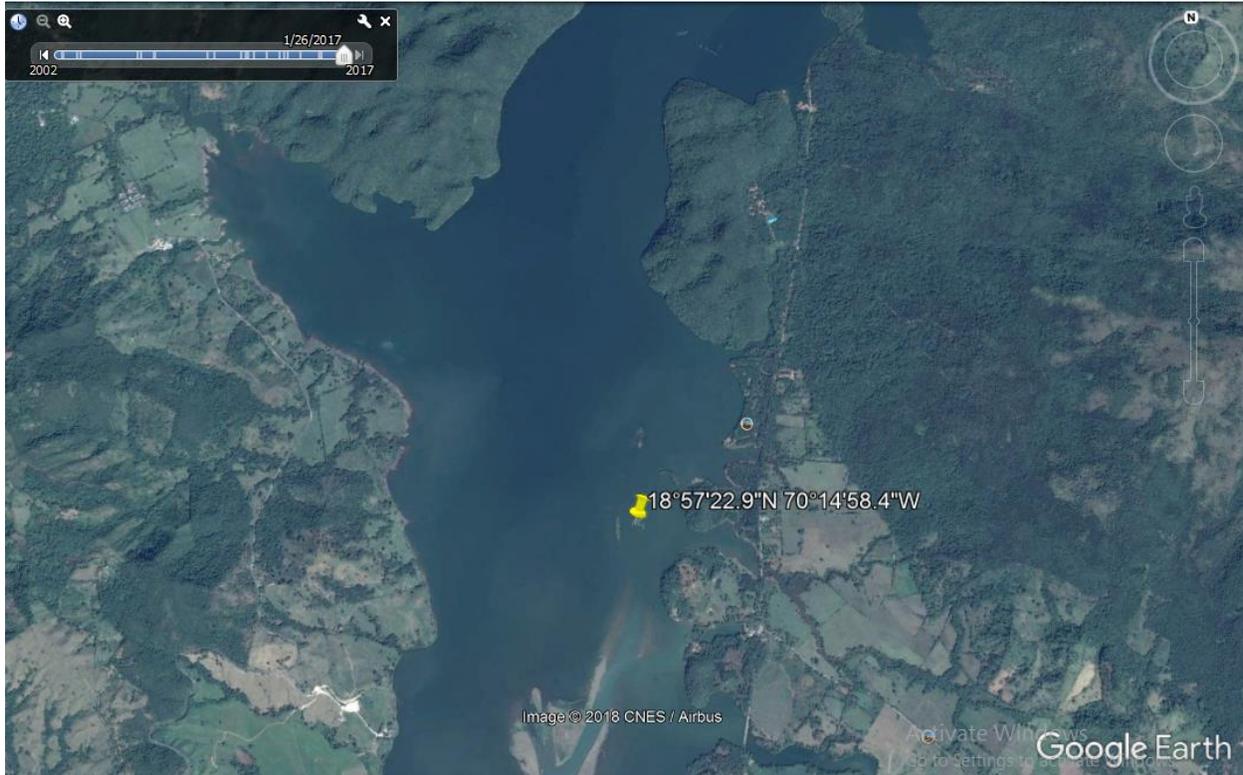
Tabla 10. Resultados de las pruebas del punto 4.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos suspendidos, fósforo total y coliformes totales, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis, salmonelosis, diarrea, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades.

Punto 5



Punto 5 de toma de muestra

Ilustración XXV

Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Presa de Hatillo
Coordenadas:	N185722.9 W701458.4
Altura sobre el nivel del mar:	102 m
Clase	C2-S1
Hora de recolección:	12:52 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 11. Datos geográficos del punto 5.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS			0.57			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	313.00	Si		INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	8.00		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	426.00			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	8.64			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	17.25			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	0.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	134.20			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	20.24	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	49.00	Si		INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	25.52			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.175			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.13			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.40		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.20	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	173.50			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	110.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	6.03			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	74.19	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	1.24	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	24.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.05	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0042	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	4,800		No	INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	820	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Presentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

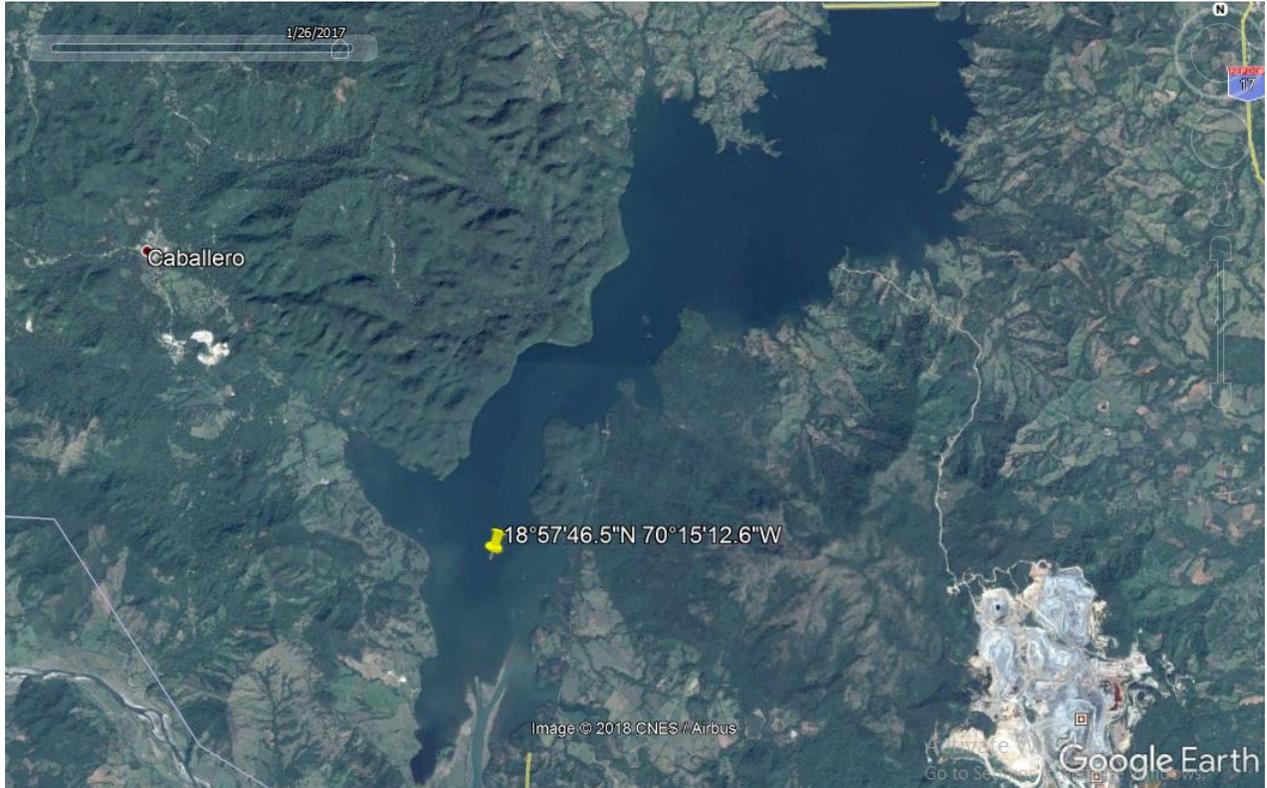
Tabla 12. Resultados de las pruebas del punto 5.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos suspendidos, fósforo total y coliformes totales, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis, salmonelosis, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades.

Punto 6



Punto 6 de toma de muestra

Ilustración XXVI
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Presa de Hatillo
Coordenadas:	N185746.5 W701512.6
Altura sobre el nivel del mar:	102 m
Clase	C2-S1
Hora de recolección:	1:02 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 13. Datos geográficos del punto 6.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS			0.35			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	252.00	Si		INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.05		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	327.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	9.00	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	40.20			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	10.08			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	9.66			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	36.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	36.60			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	16.69	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	39.00	Si		INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	18.48			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.17			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.07			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.10		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.20	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	140.00			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	90.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	5.78			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	71.11	Si		CAASD
DBO	mg/l	5	1.10	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	52.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.02	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0102	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	<1.8	Si		INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	<1.8	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Presentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Ausentes			INDRHI

Tabla 14. Resultados de las pruebas del punto 6.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos suspendidos y fósforo total, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades.

Punto 7



Punto 7 de toma de muestra

Ilustración XXVII
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Presa de Hatillo
Coordenadas:	N18597 W701352.3
Altura sobre el nivel del mar:	99 m
Clase	C2-S1
Hora de recolección:	1:50 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 15. Datos geográficos del punto 7.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximos recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS			0.3			INDRHI
Físico-químicos						
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	238.00	Si		INDRHI
Sólidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.06		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	μS/cm	N/A	311.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	8.90	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	35.20			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	11.64			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	8.05			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	24.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	73.20			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	14.91	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	38.00	Si		INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	18.48			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.13			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.11			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.00	Si		CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.17	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	136.50			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	100.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	5.64			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	69.39		No	CAASD
DBO	mg/l	5	0.73	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	36.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.01	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0084	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	<1.8	Si		INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	<1.8	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Ausentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Presentes			INDRHI

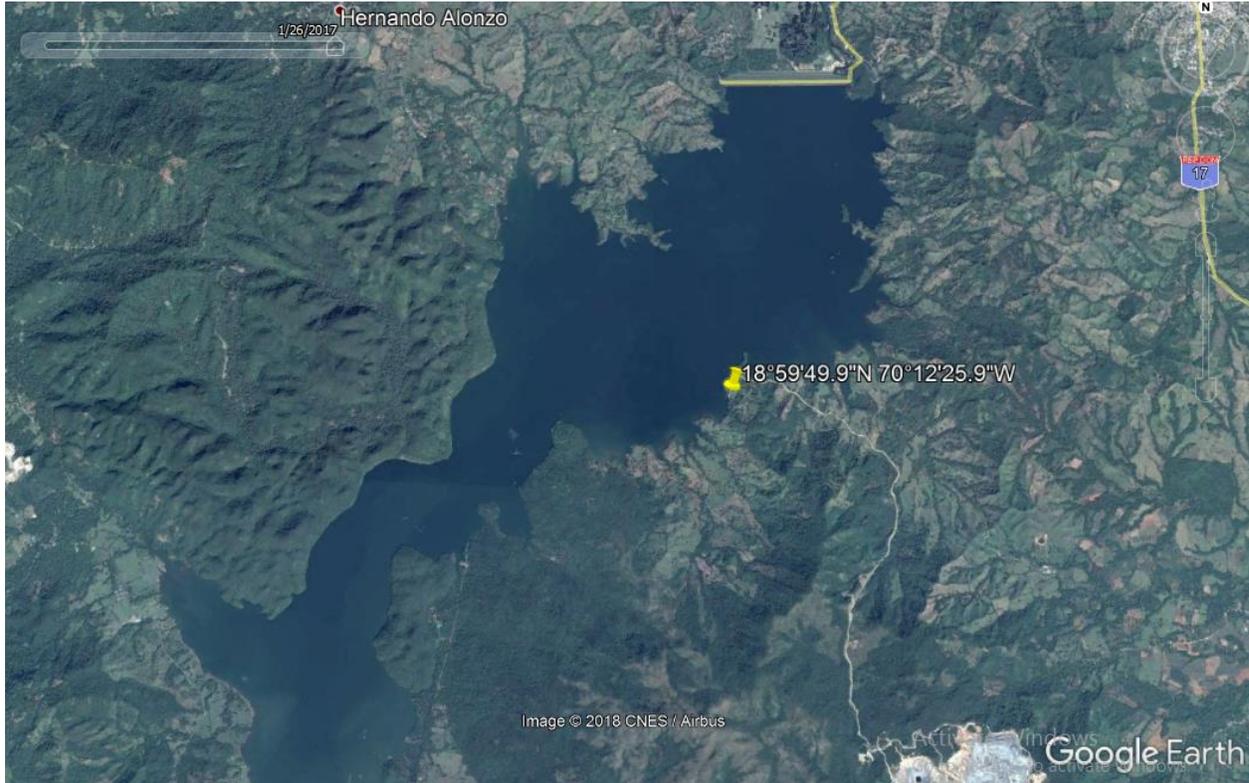
Tabla 16. Resultados de las pruebas del punto 7.

Fuente: (Propia)

En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos suspendidos y porcentaje de oxígeno disuelto, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua dificultan la supervivencia de seres vivos en estas aguas.

Punto 8



Punto 8 de toma de muestra

Ilustración XXVIII
Fuente: (Google Earth)

Datos geográficos	
Municipio:	Cotuí
Provincia:	Juan Sánchez Ramírez
Cuenca:	Presa de Hatillo
Ubicación:	Presa de Hatillo
Coordenadas:	N185949.9 W701225.9
Altura sobre el nivel del mar:	102 m
Clase	C2-S1
Hora de recolección:	2:35 p. m.
Fecha de recolección:	04 julio de 2018
Fecha de inicio del análisis:	05 julio de 2018

Tabla 17. Datos geográficos del punto 8.

Fuente: (Propia)

Parámetros	Unidad	Valores máximo recomendados	Valores obtenidos	Cumple		Laboratorio
				Si	No	
RAS			0.34			INDRHI
Físico-químicos						
Solidos totales disueltos	mg/l	1000	219.00	Si		INDRHI
Solidos Suspendidos	g/l	Ausentes	0.06		No	INDRHI
Conductividad eléctrica	µS/cm	N/A	305.00			INDRHI
PH	Ud PH	6.5-9.0	8.80	Si		INDRHI
Calcio	mg/l	N/A	33.20			INDRHI
Magnesio	mg/l	N/A	11.64			INDRHI
Sodio	mg/l	N/A	8.97			INDRHI
Carbonato	mg/l	N/A	24.00			INDRHI
Bicarbonato	mg/l	N/A	61.00			INDRHI
Cloruro	mg/l	250	15.62	Si		INDRHI
Sulfato	mg/l	400	26.00	Si		INDRHI
Nitrato	mg/l	N/A	26.40			INDRHI
Nitrito	mg/l	N/A	0.44			INDRHI
Fosfatos	mg/l	-	0.13			INDRHI
Fósforo total	mg/l	0.025	0.10		No	CAASD
Fluoruro	mg/l	1	0.10	Si		CAASD
Dureza total	mg/l	N/A	131.00			INDRHI
Alcalinidad	mg/l	N/A	90.00			INDRHI
Oxígeno disuelto	mg/l	-	5.07			CAASD
Oxígeno disuelto	% sat	>70	62.38		No	CAASD
DBO	mg/l	5	0.17	Si		CAASD
DQO	mg/l	250	56.00	Si		INDRHI
Hierro	mg/l	0.3	0.04	Si		CAASD
Aceites y grasas	mg/l	1	0.0055	Si		INDRHI
Microbiológico						
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	200	Si		INDRHI
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000	<1.8	Si		INDRHI
Escherichia Coli	-	N/A	Presentes			CAASD
Pseudomonas	-	N/A	Ausentes			INDRHI

Tabla 18. Resultados de las pruebas del punto 8.

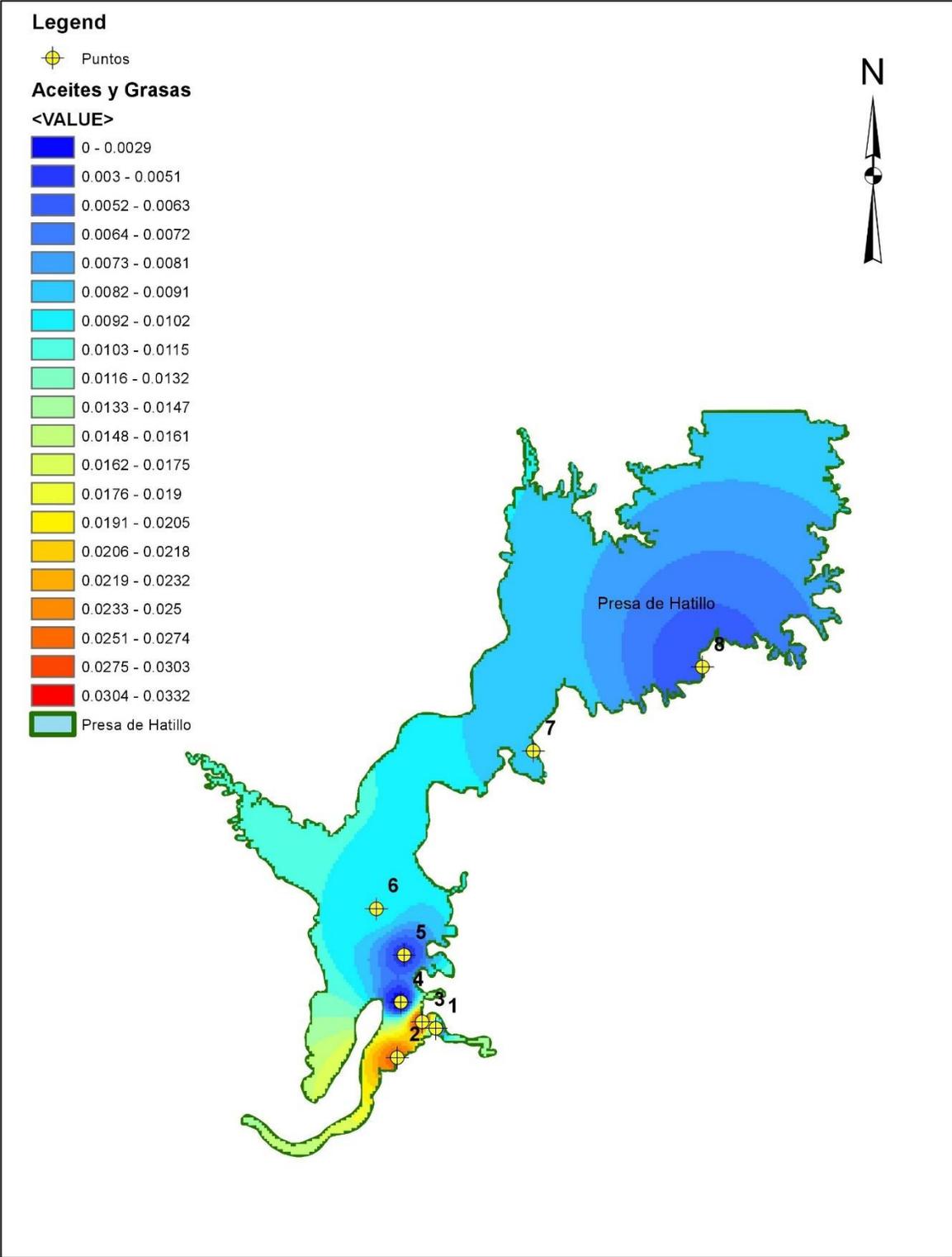
Fuente: (Propia)

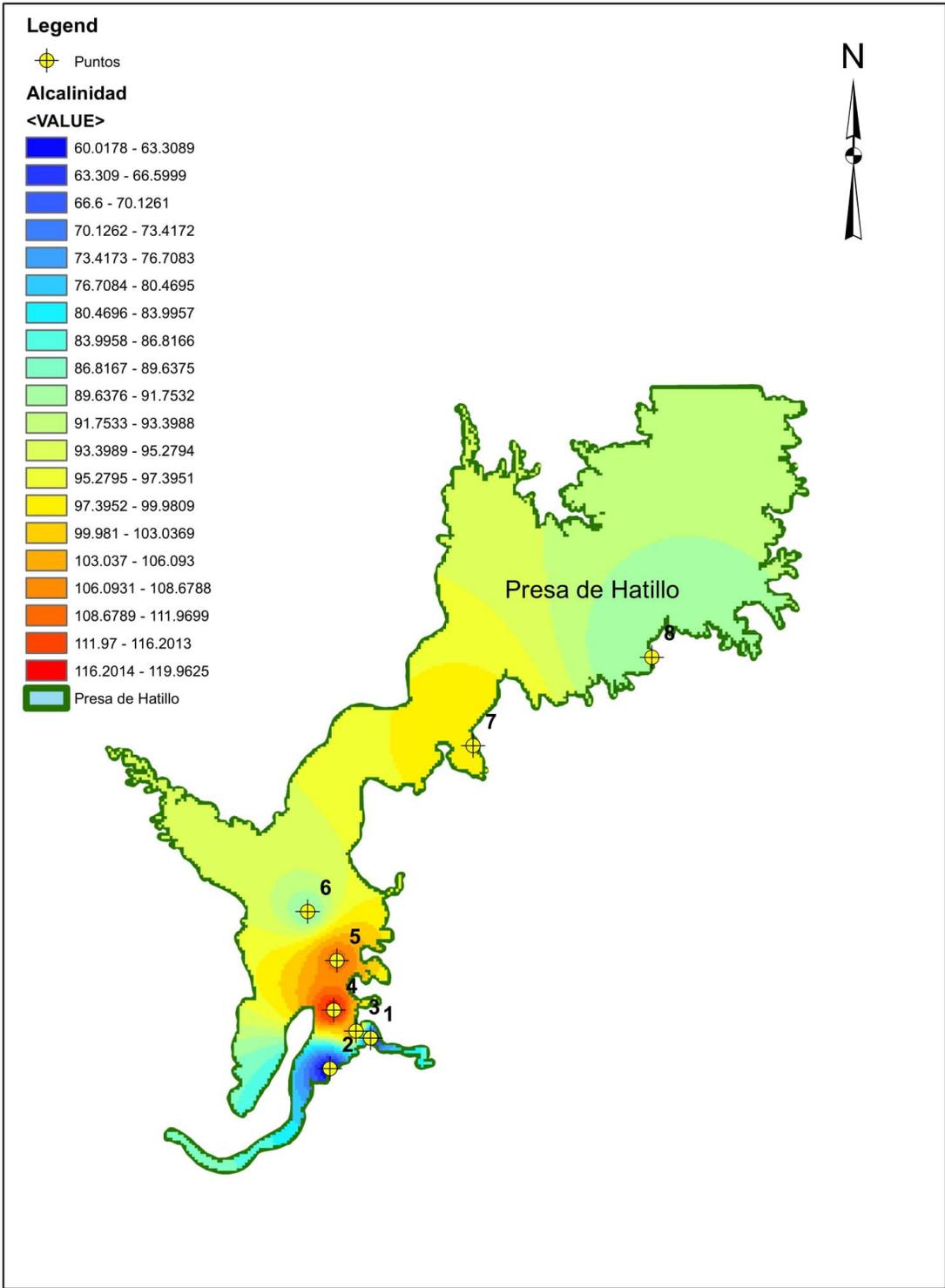
En este punto se observaron valores inaceptables en los parámetros de: sólidos suspendidos, fósforo total y porcentaje de oxígeno disuelto, se encuentran fuera del rango aceptable de los valores máximos y mínimos establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

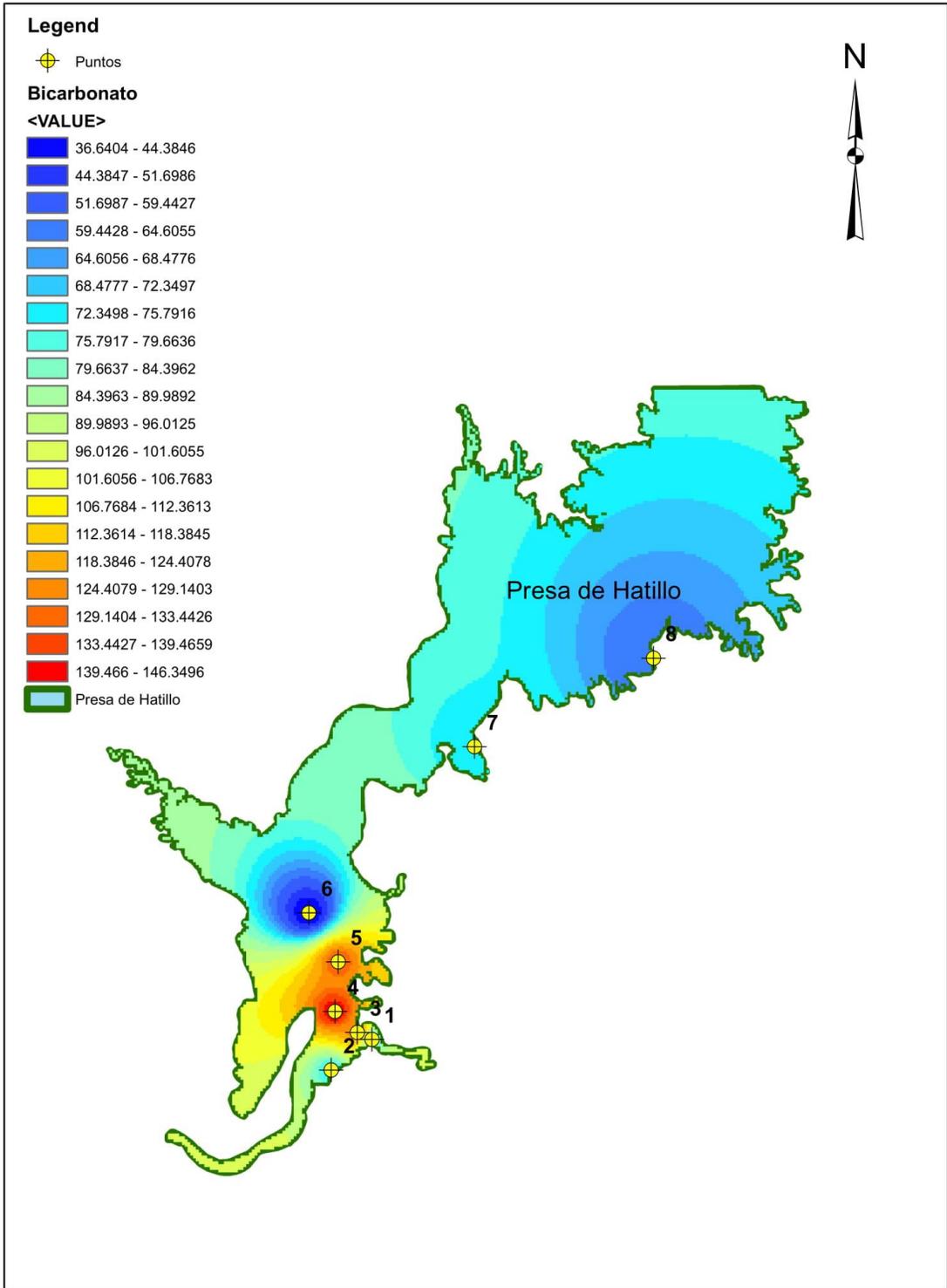
Dentro de los efectos perjudiciales para la salud de las personas expuestas a estos contaminantes mencionados anteriormente se encuentran: diarrea, náuseas, convulsiones en el estómago, daños en el hígado, corazón y riñones, entre otras enfermedades. Además, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua dificultan la supervivencia de seres vivos en estas aguas.

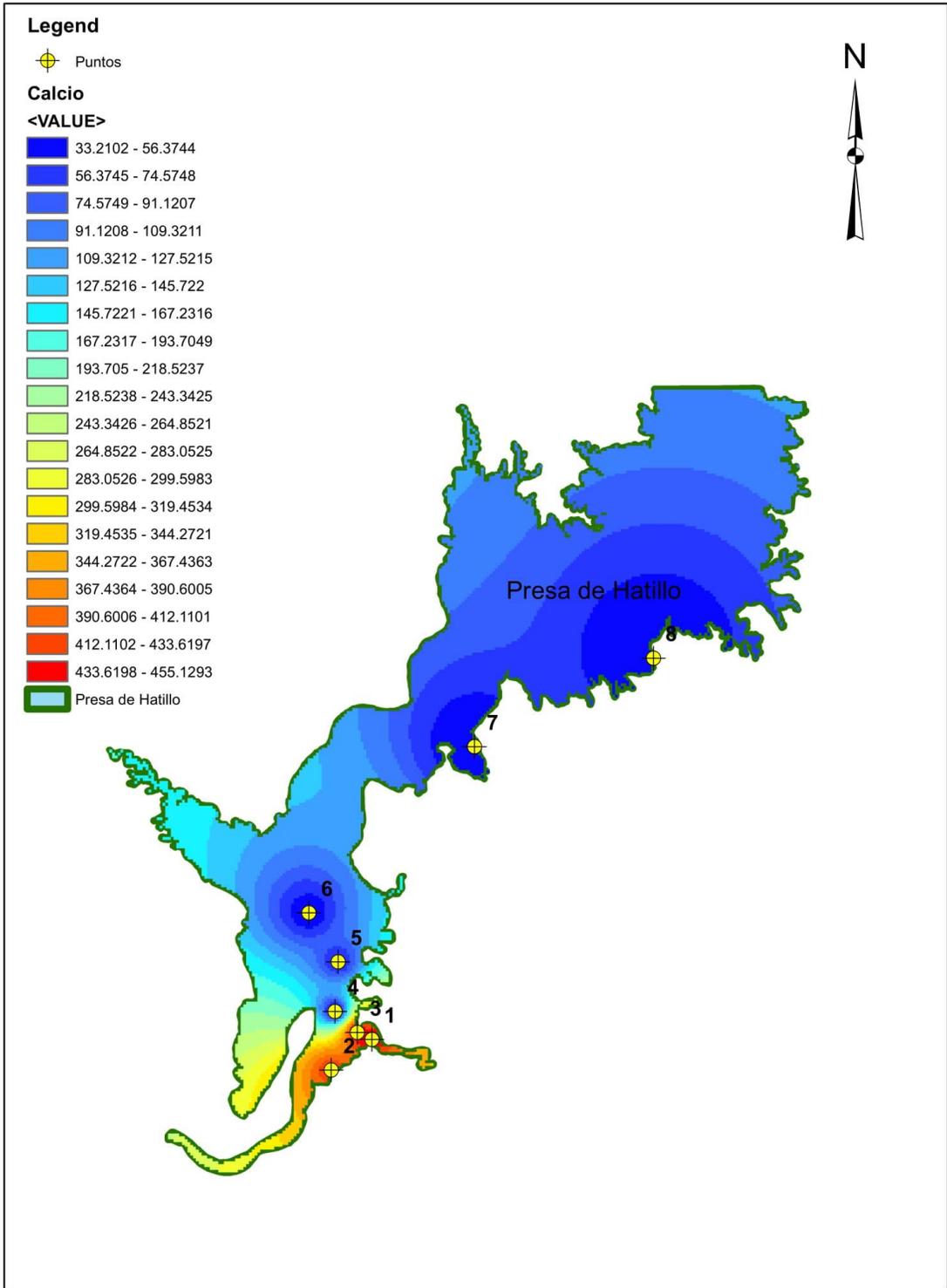
4.1.1. Mapas gráficos de resultados

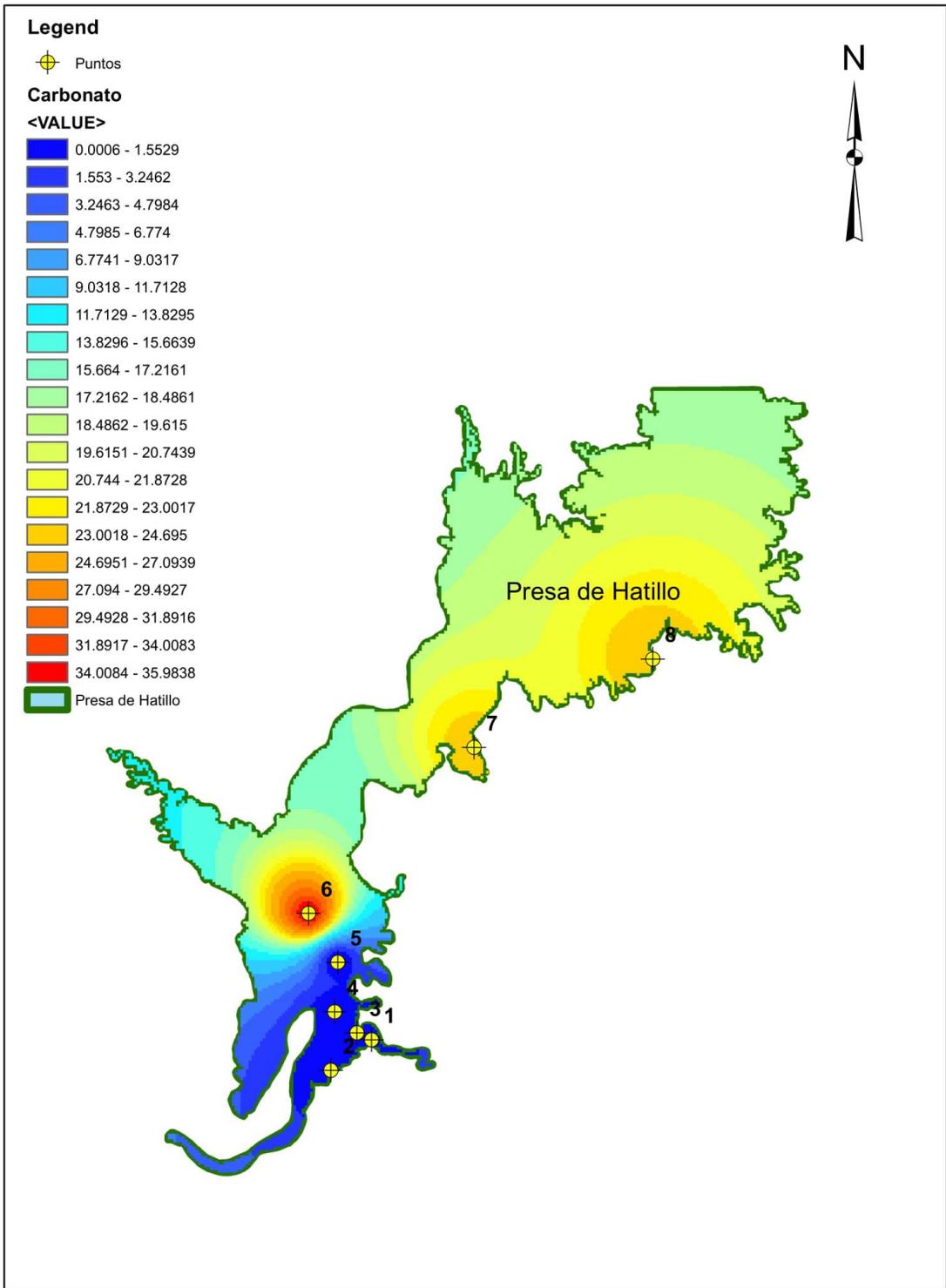
Para apreciar mejor los parámetros obtenidos en cada punto de muestra se presentan los siguientes mapas:

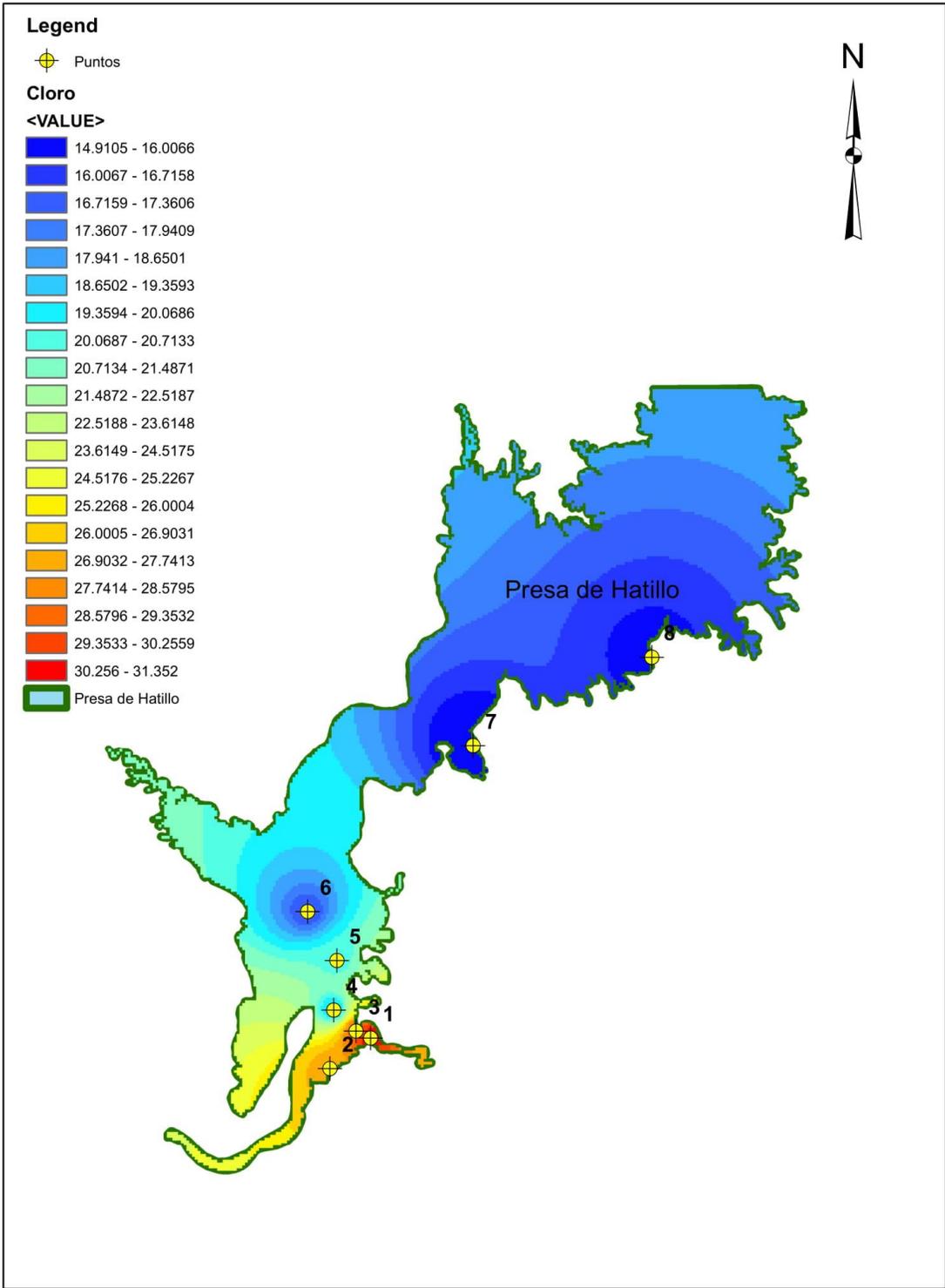


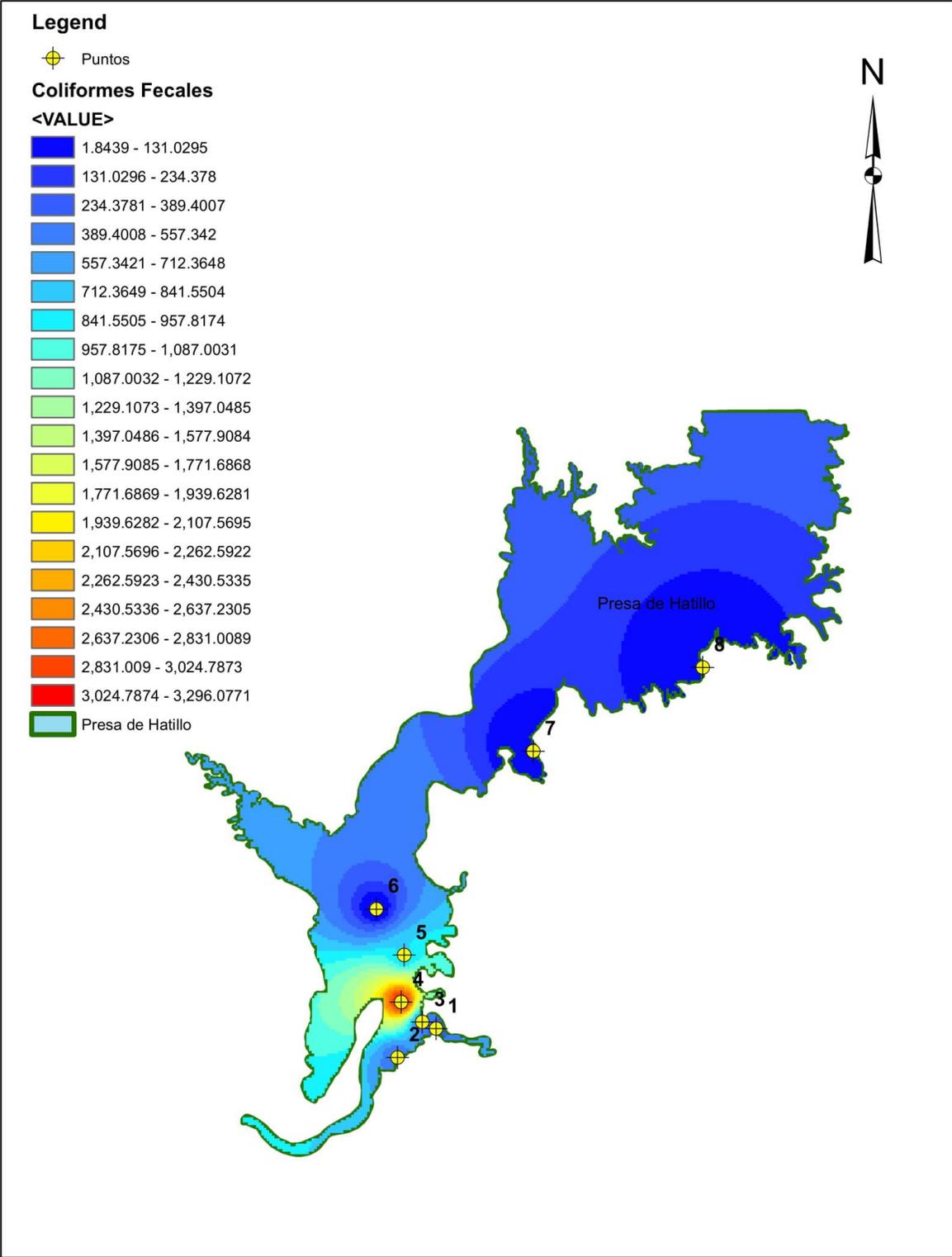


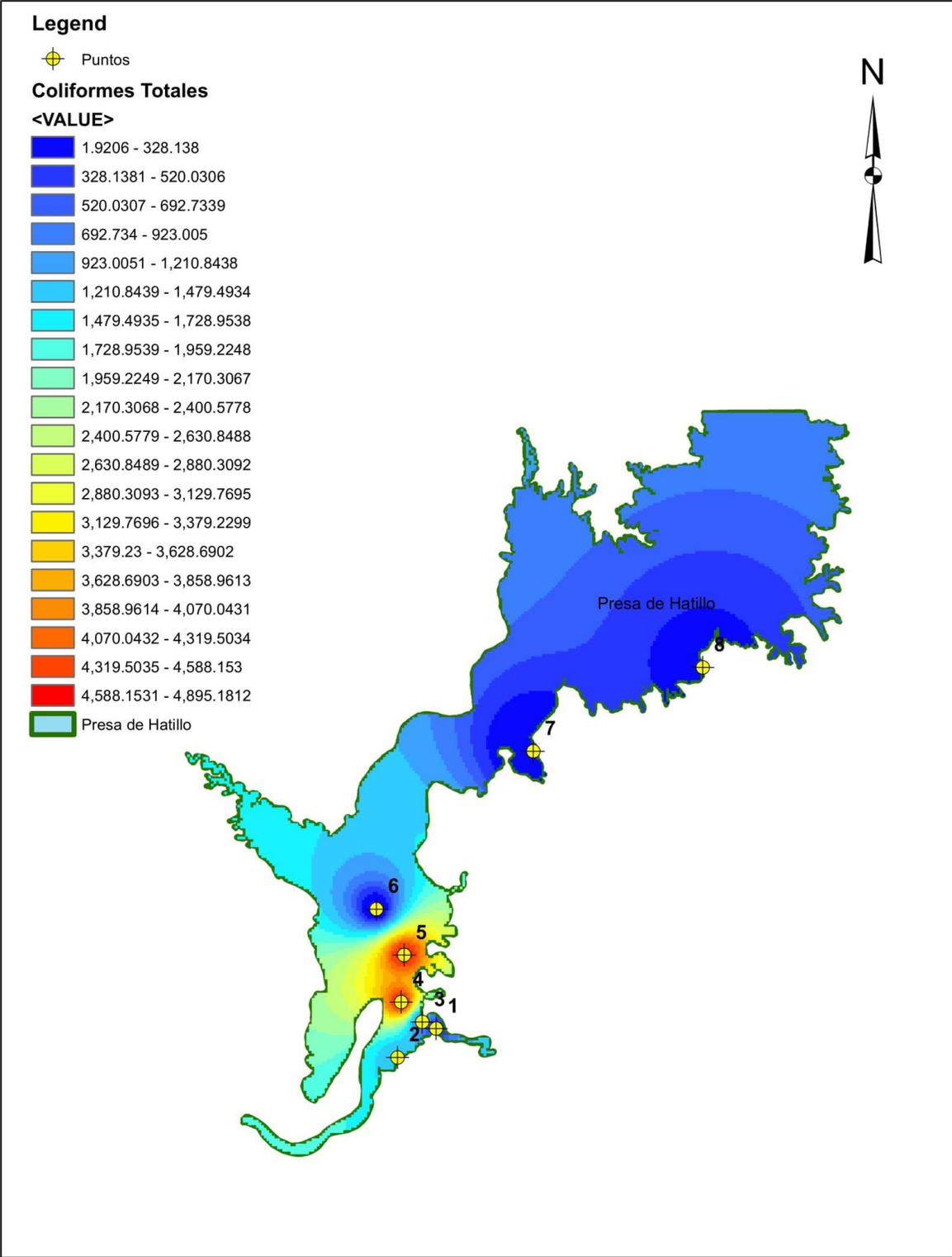


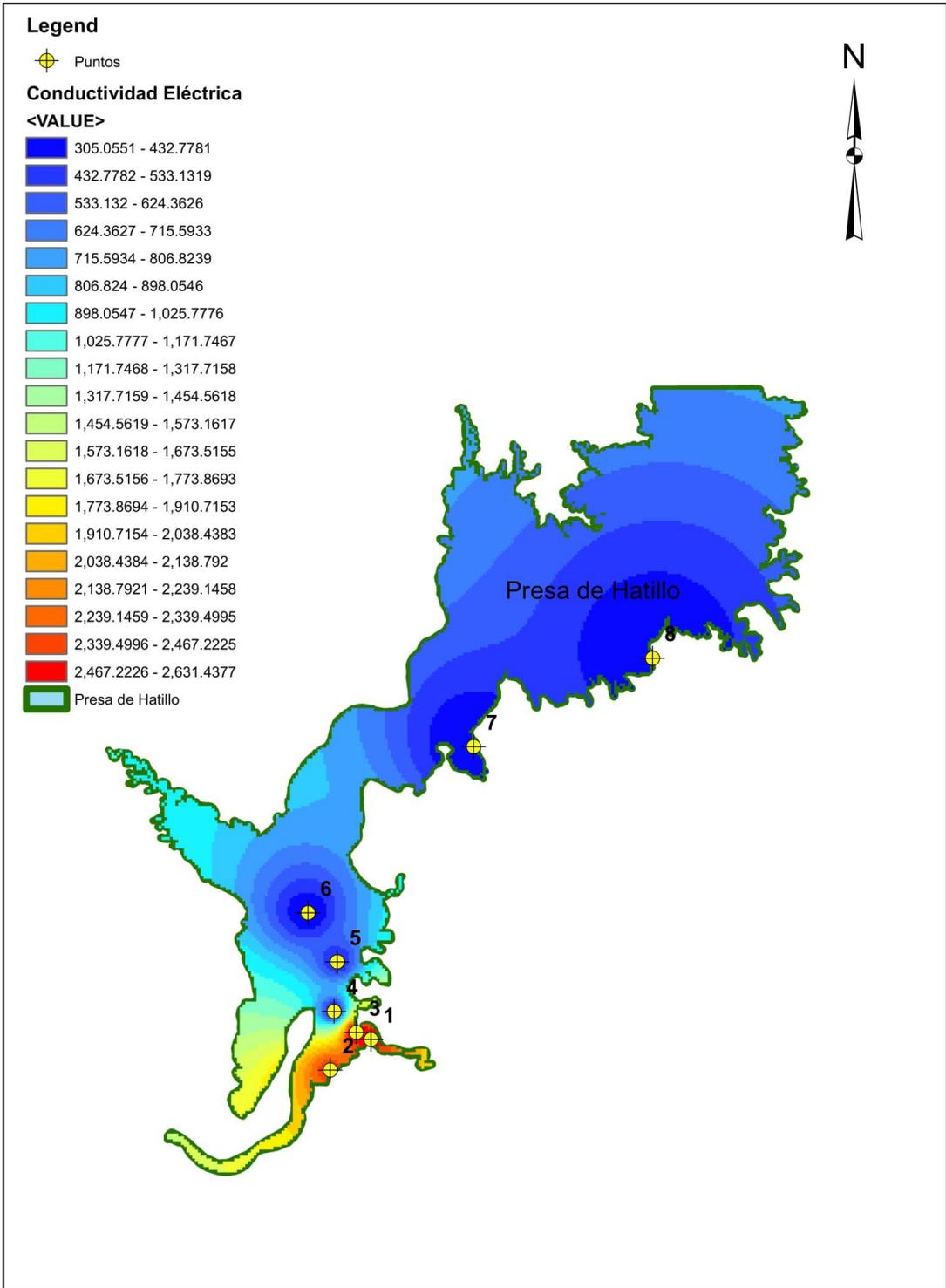


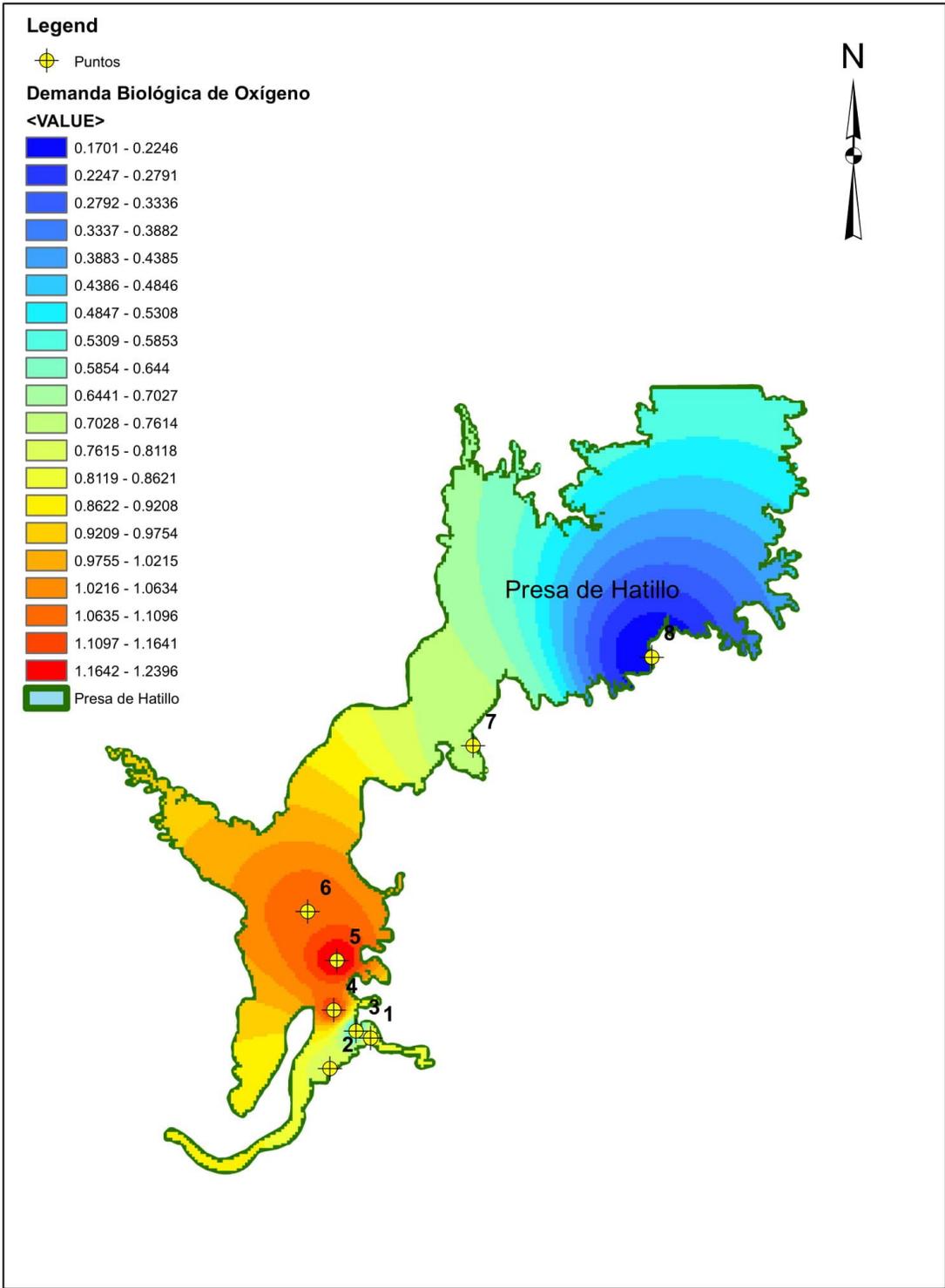


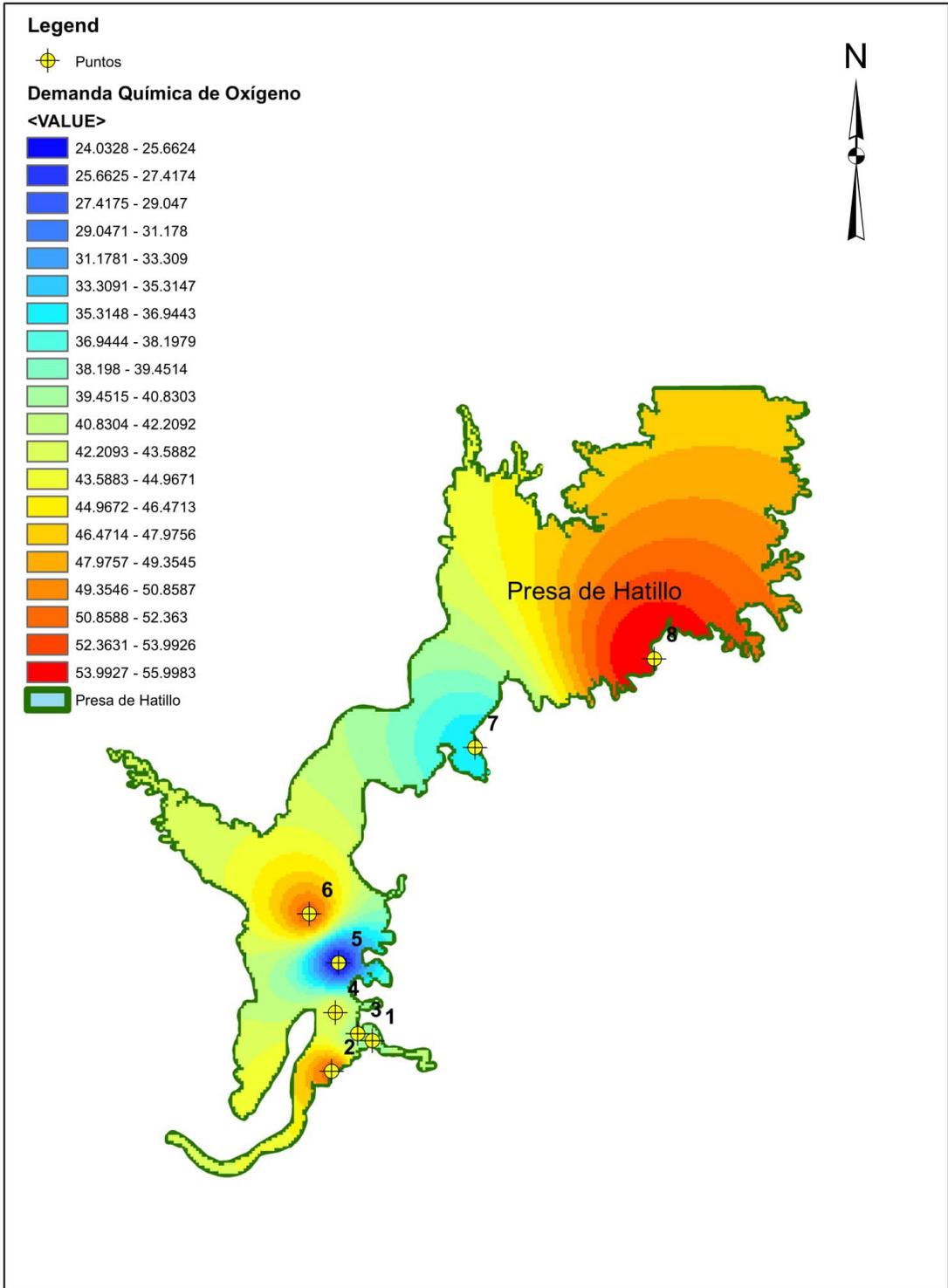


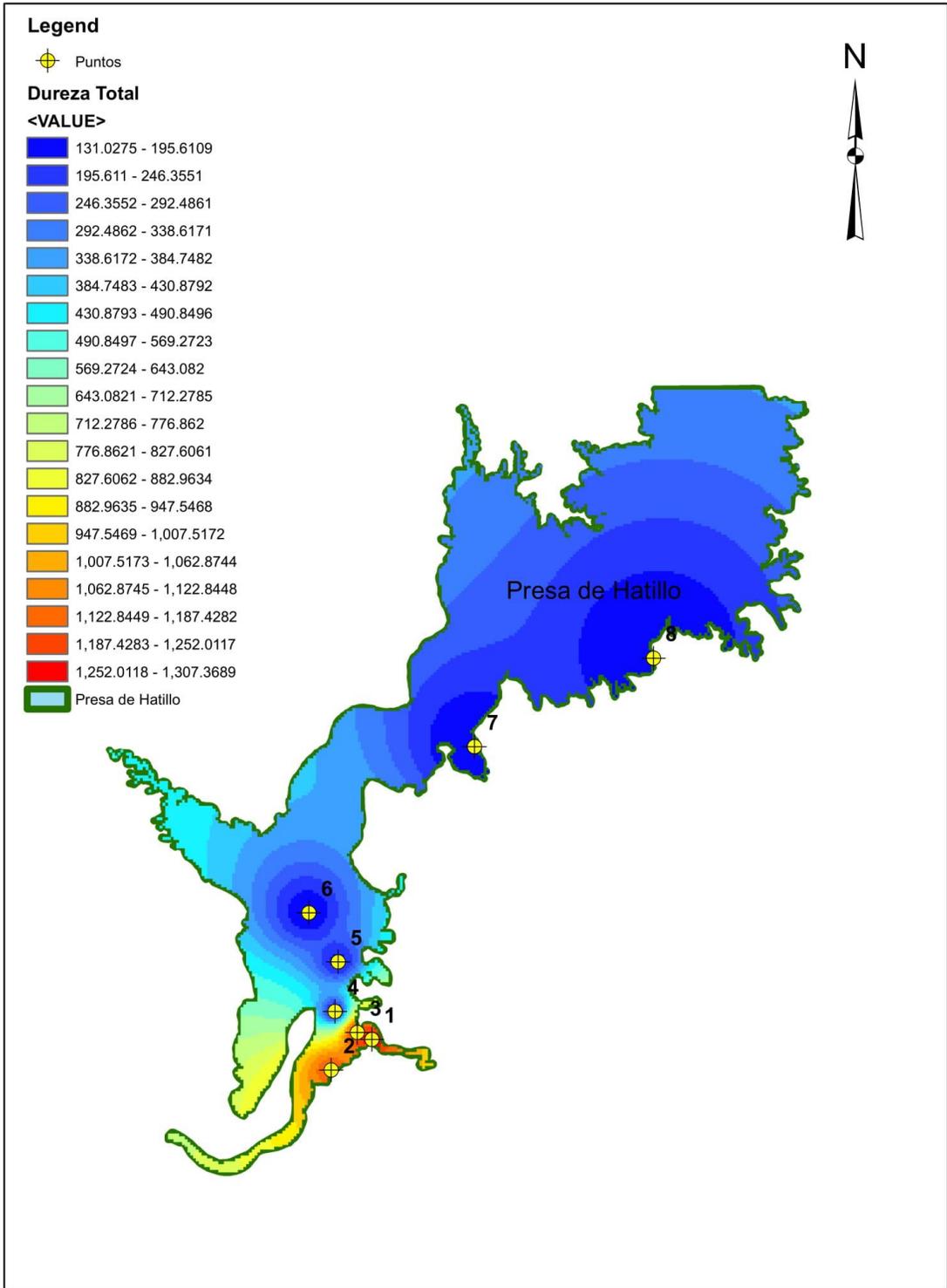


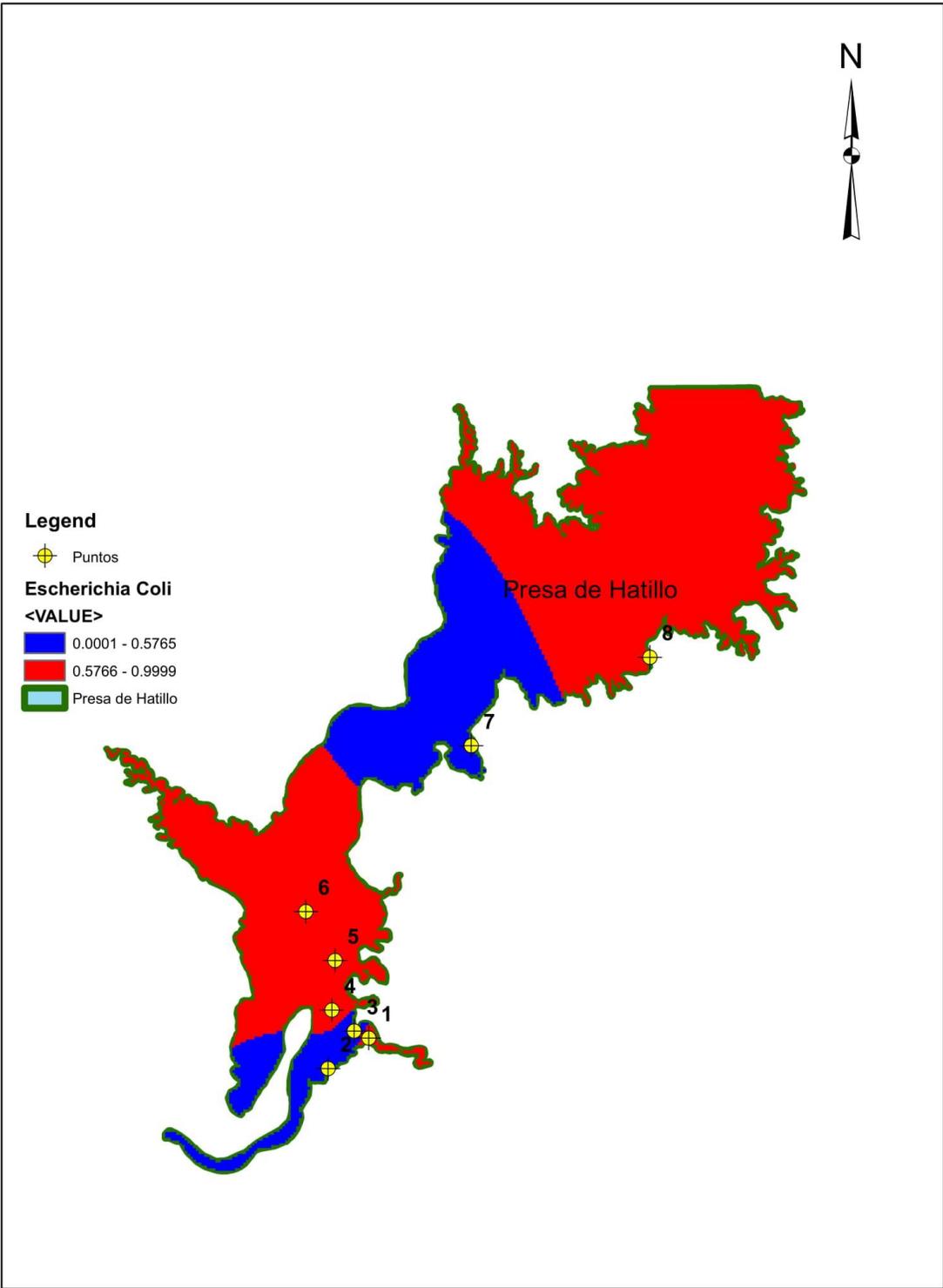


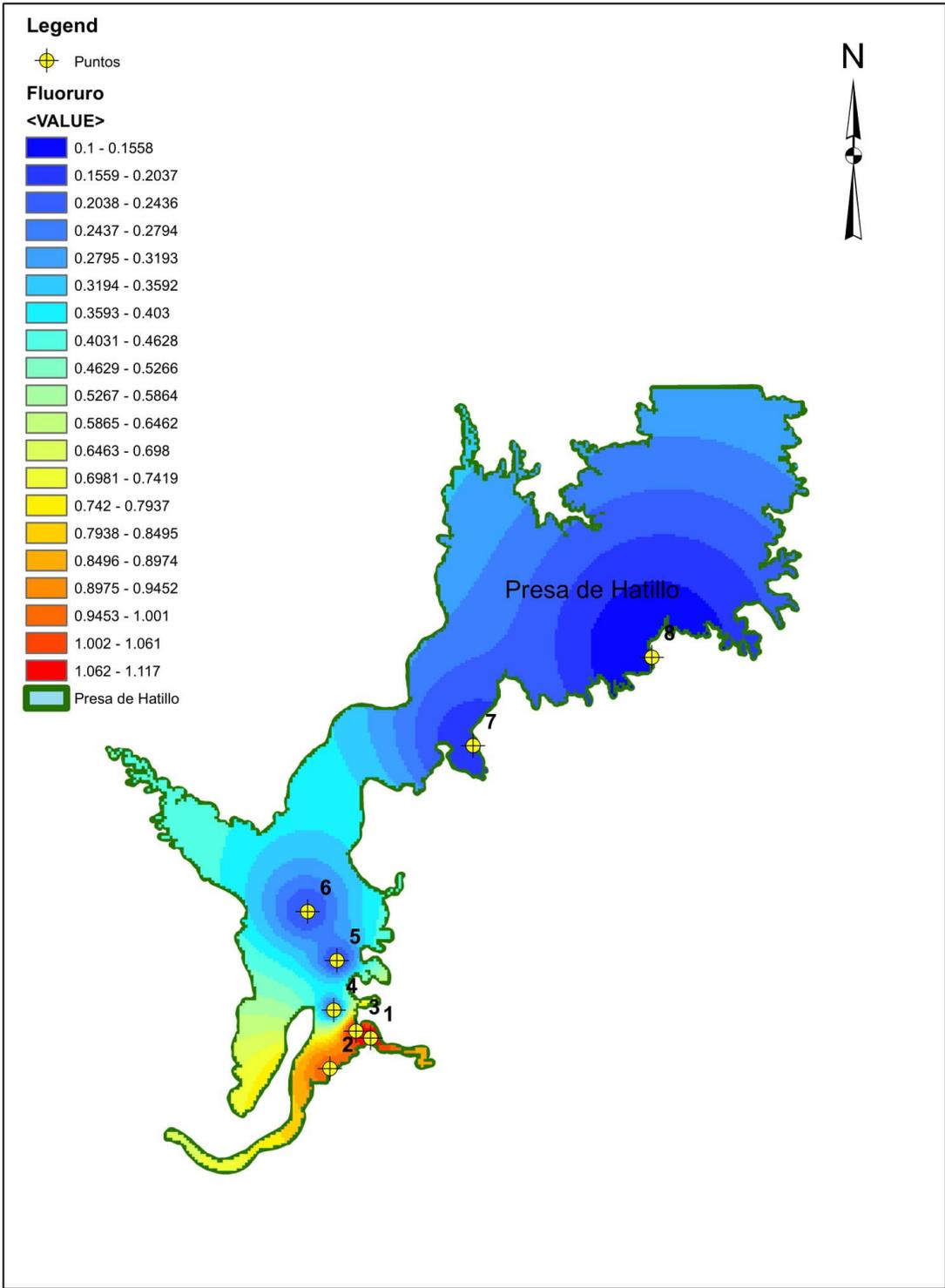


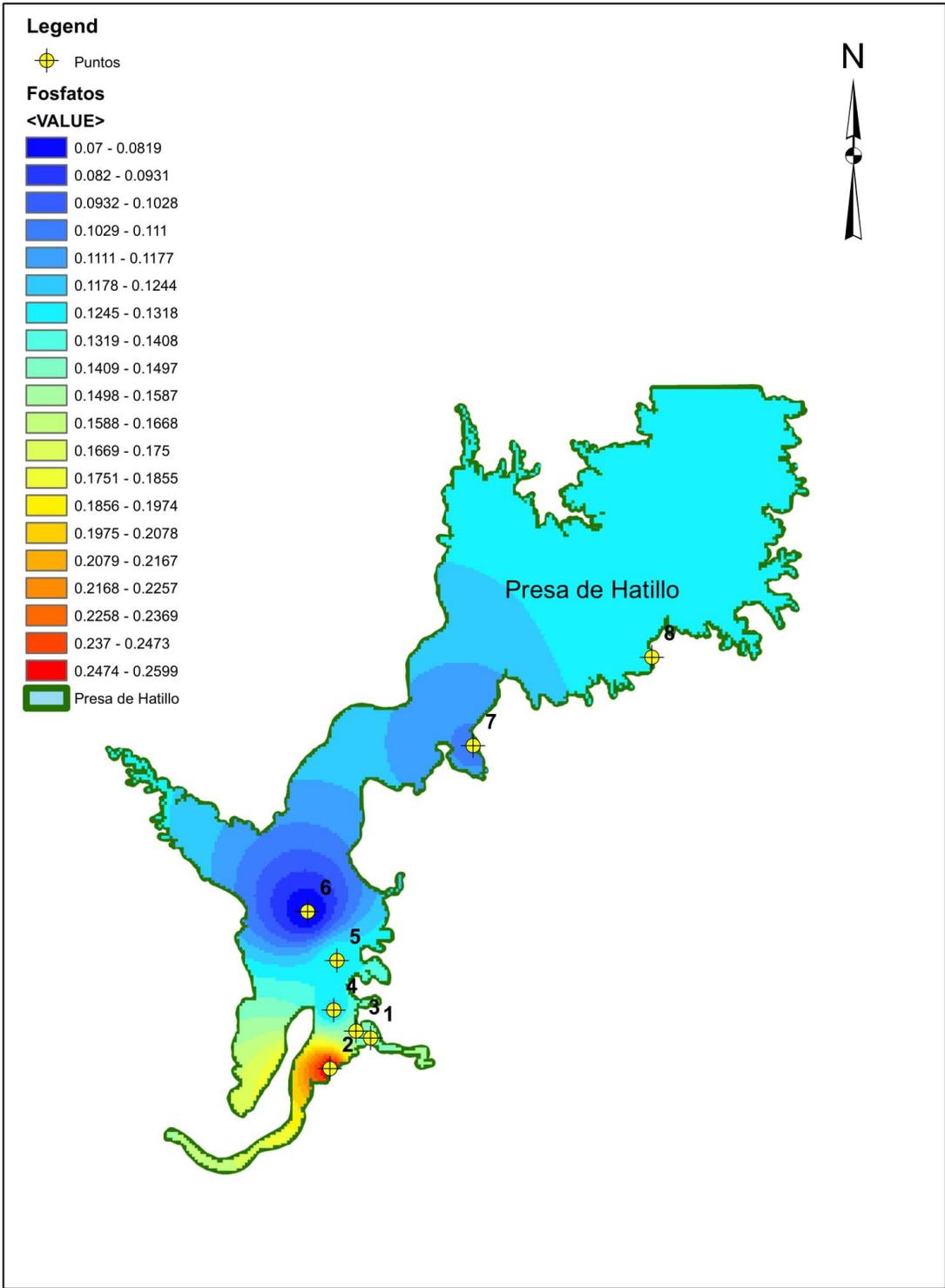


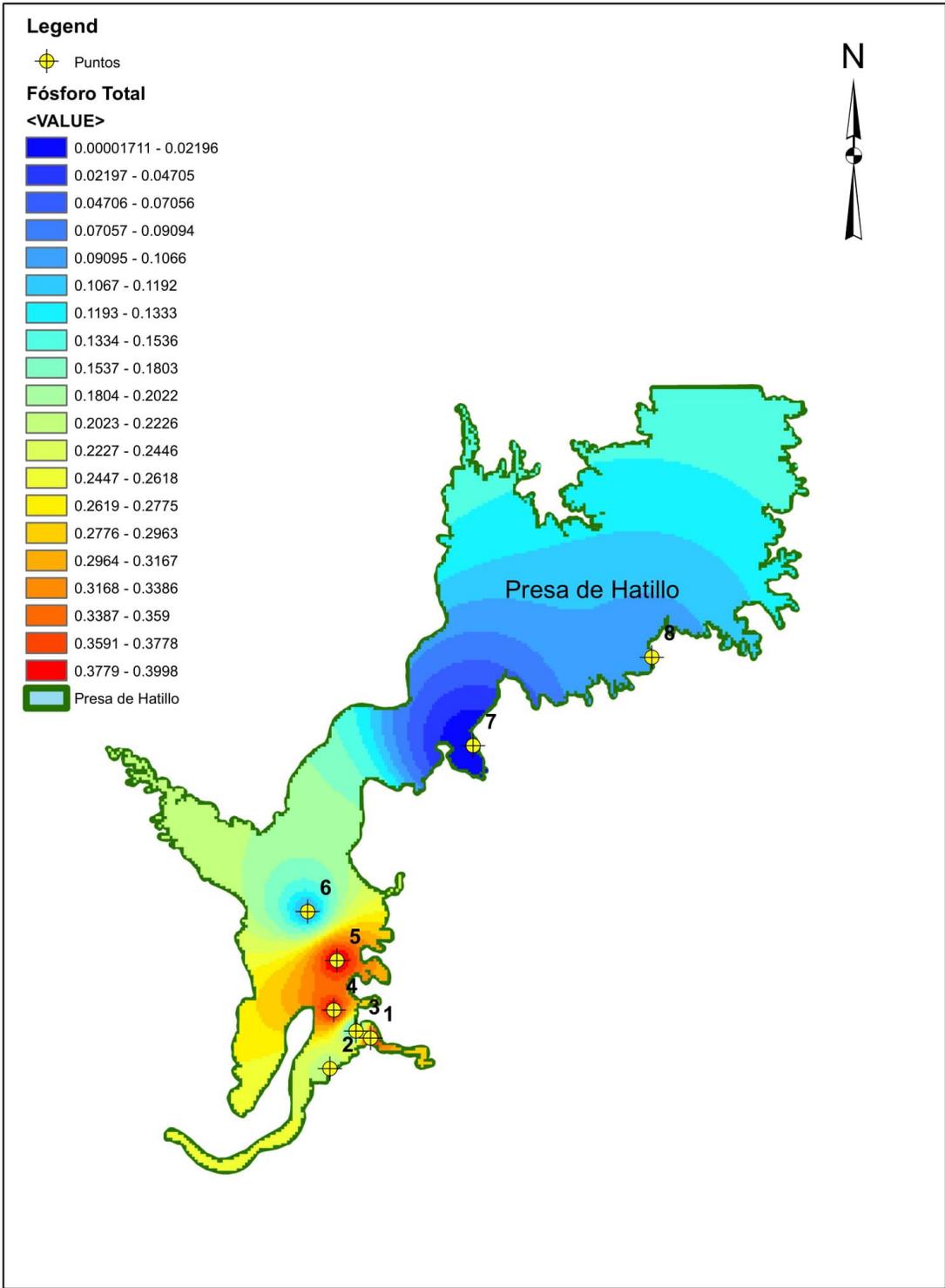


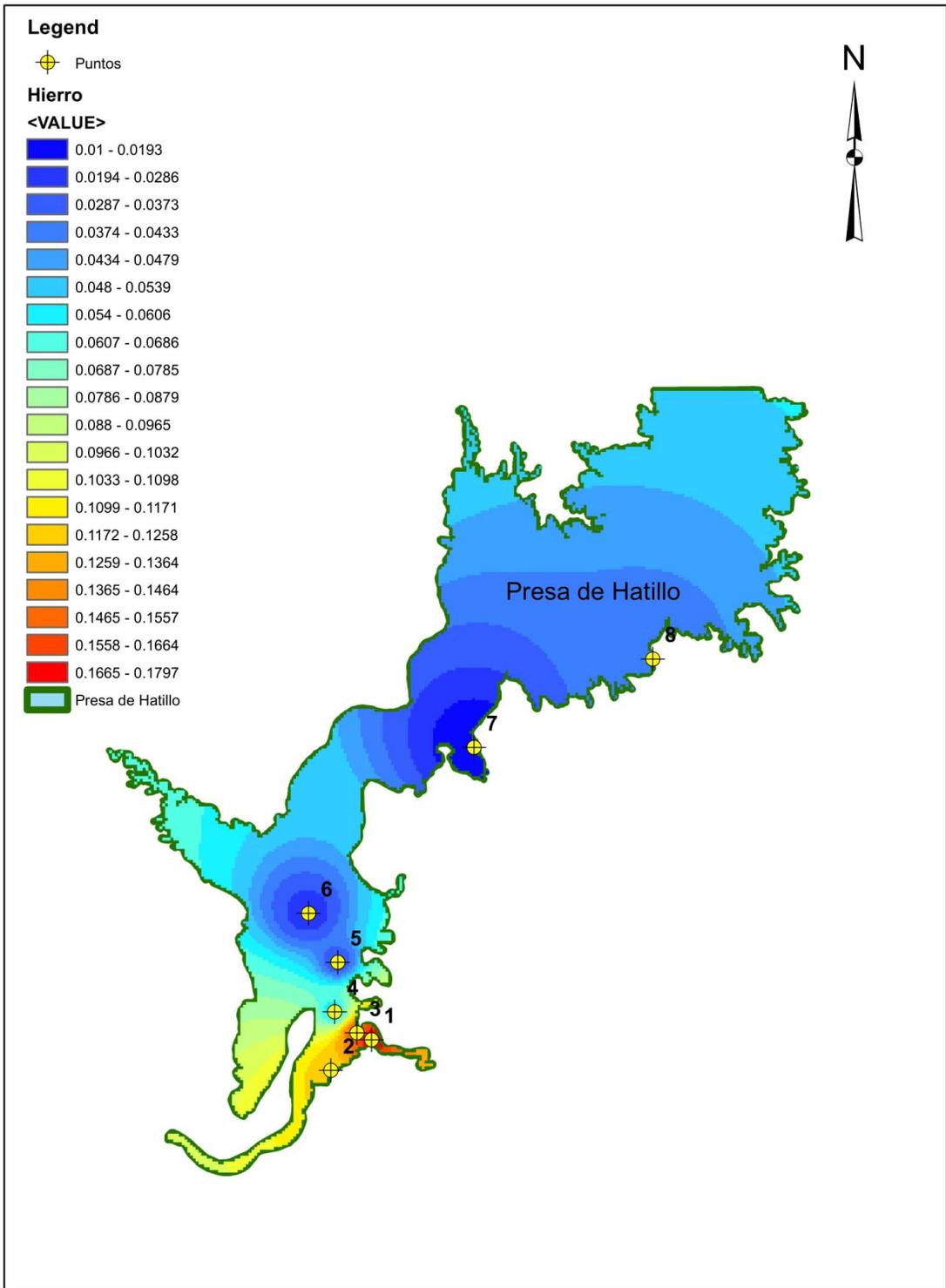


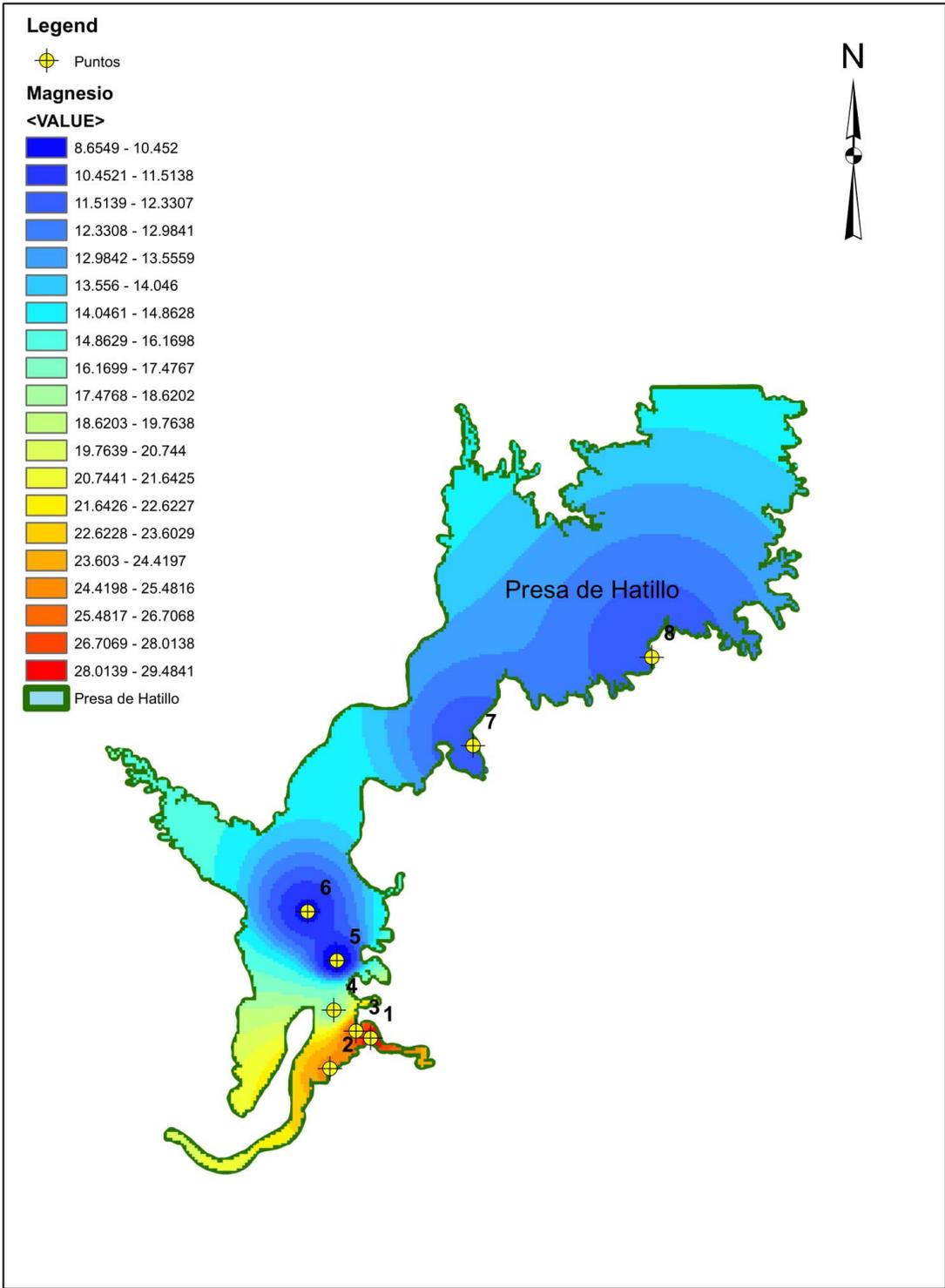


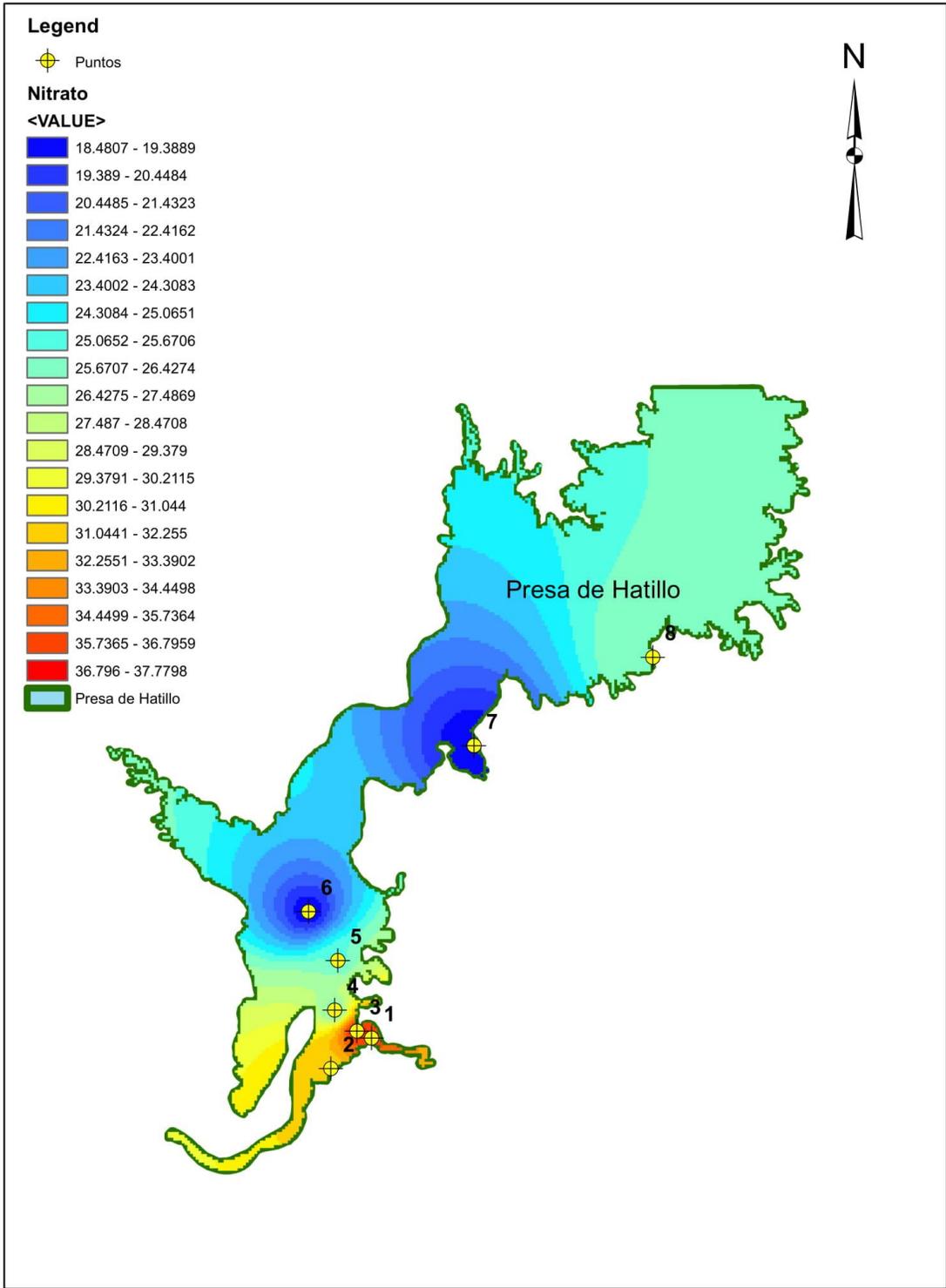


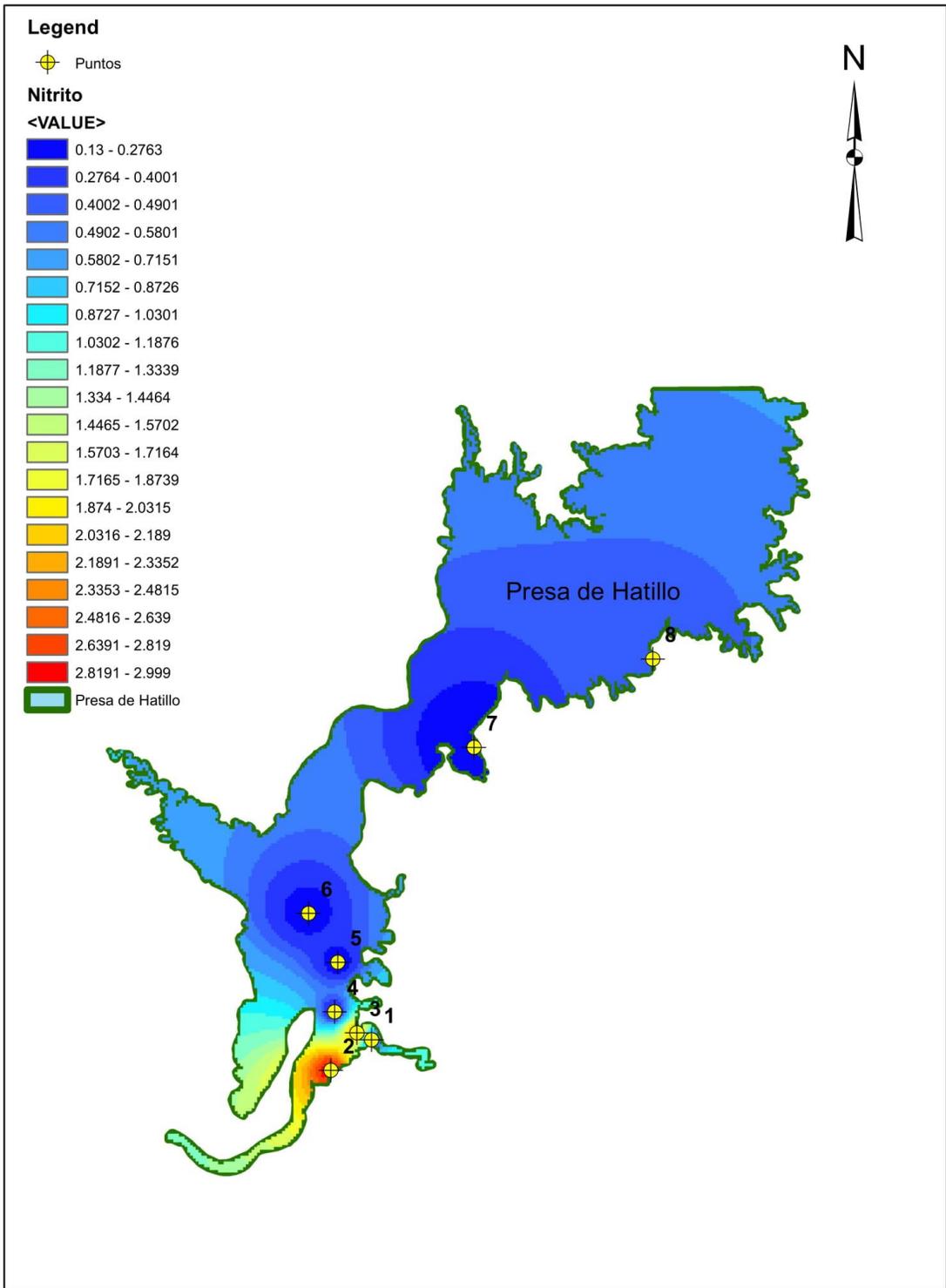


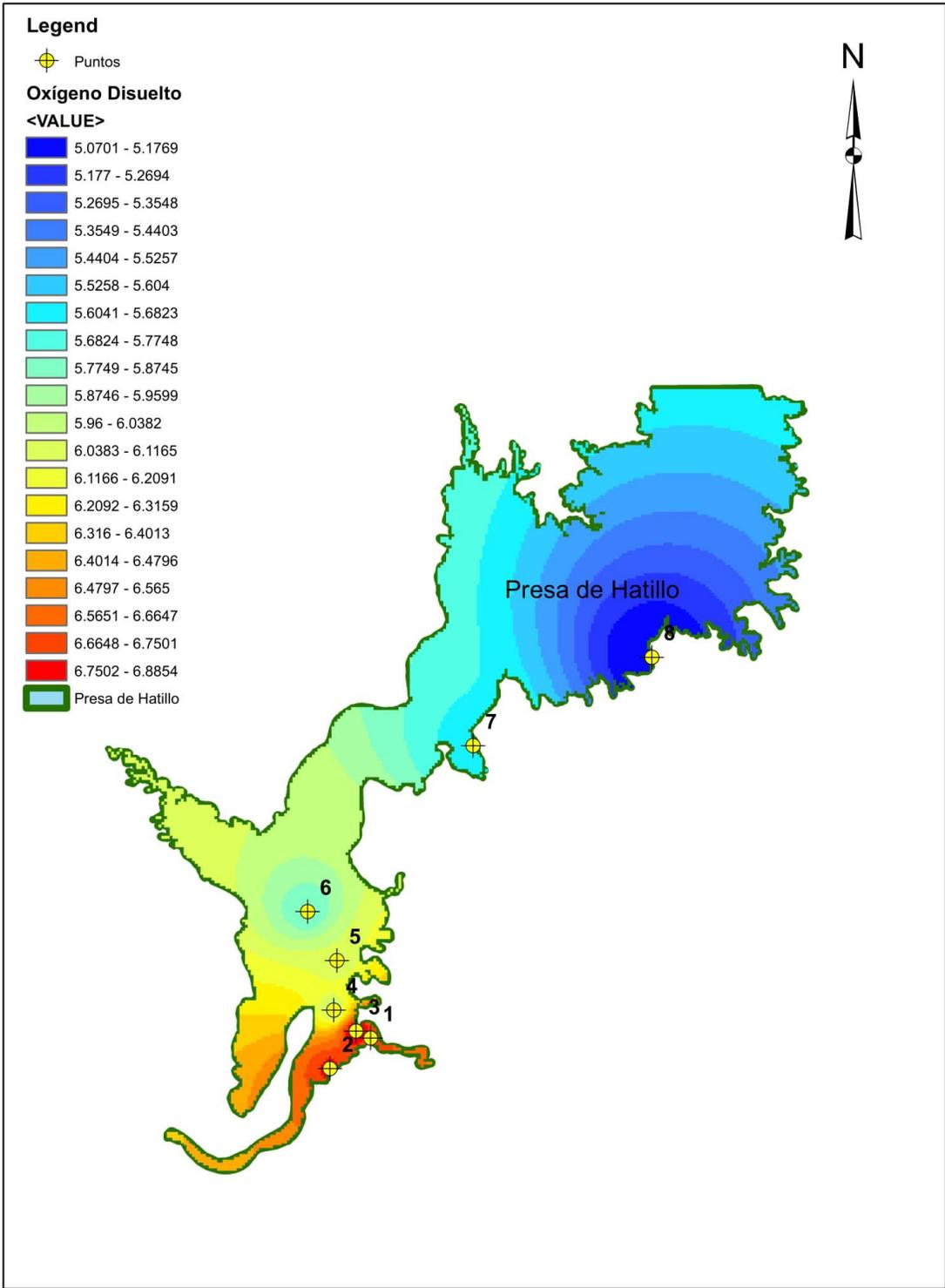


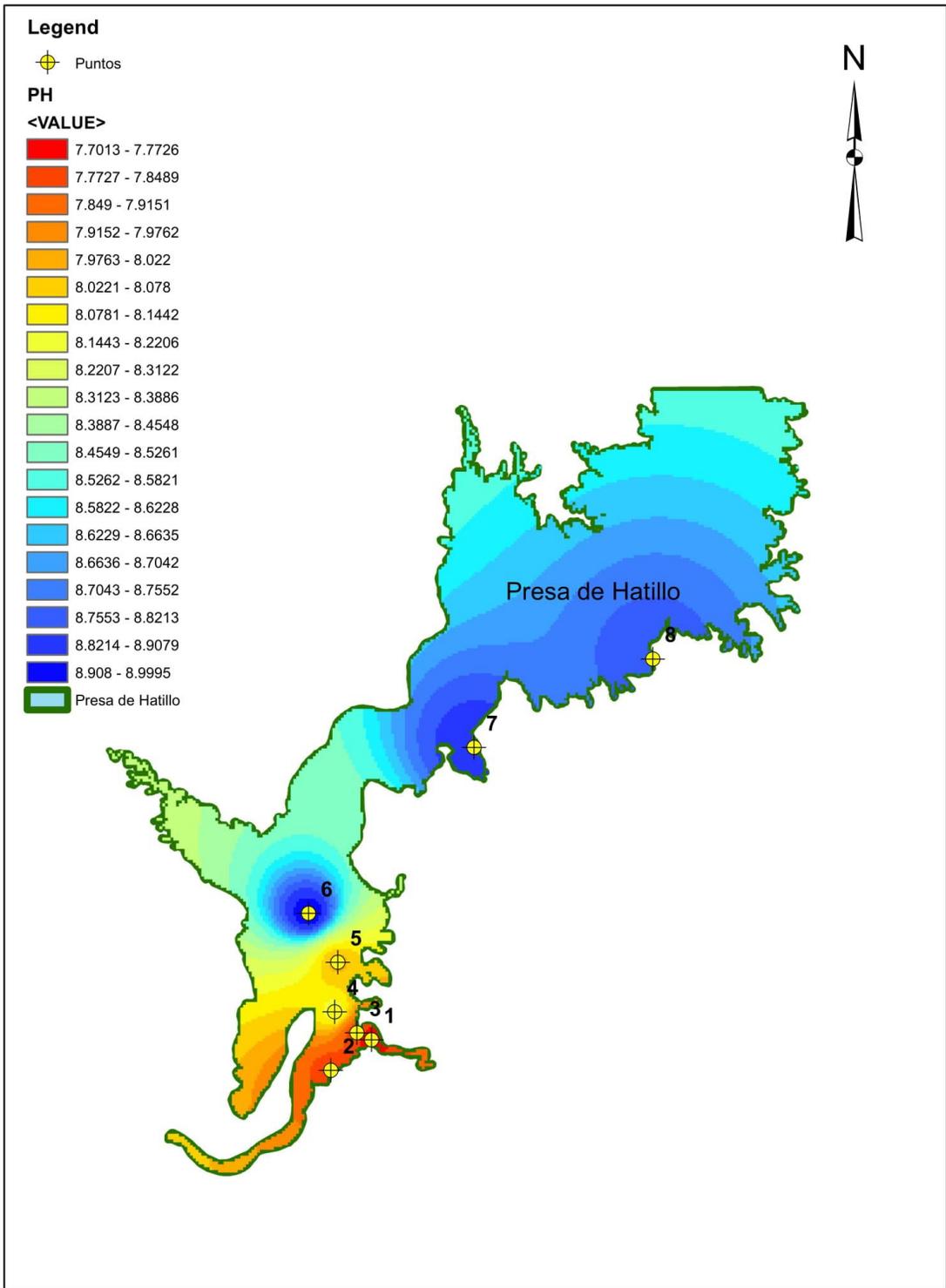


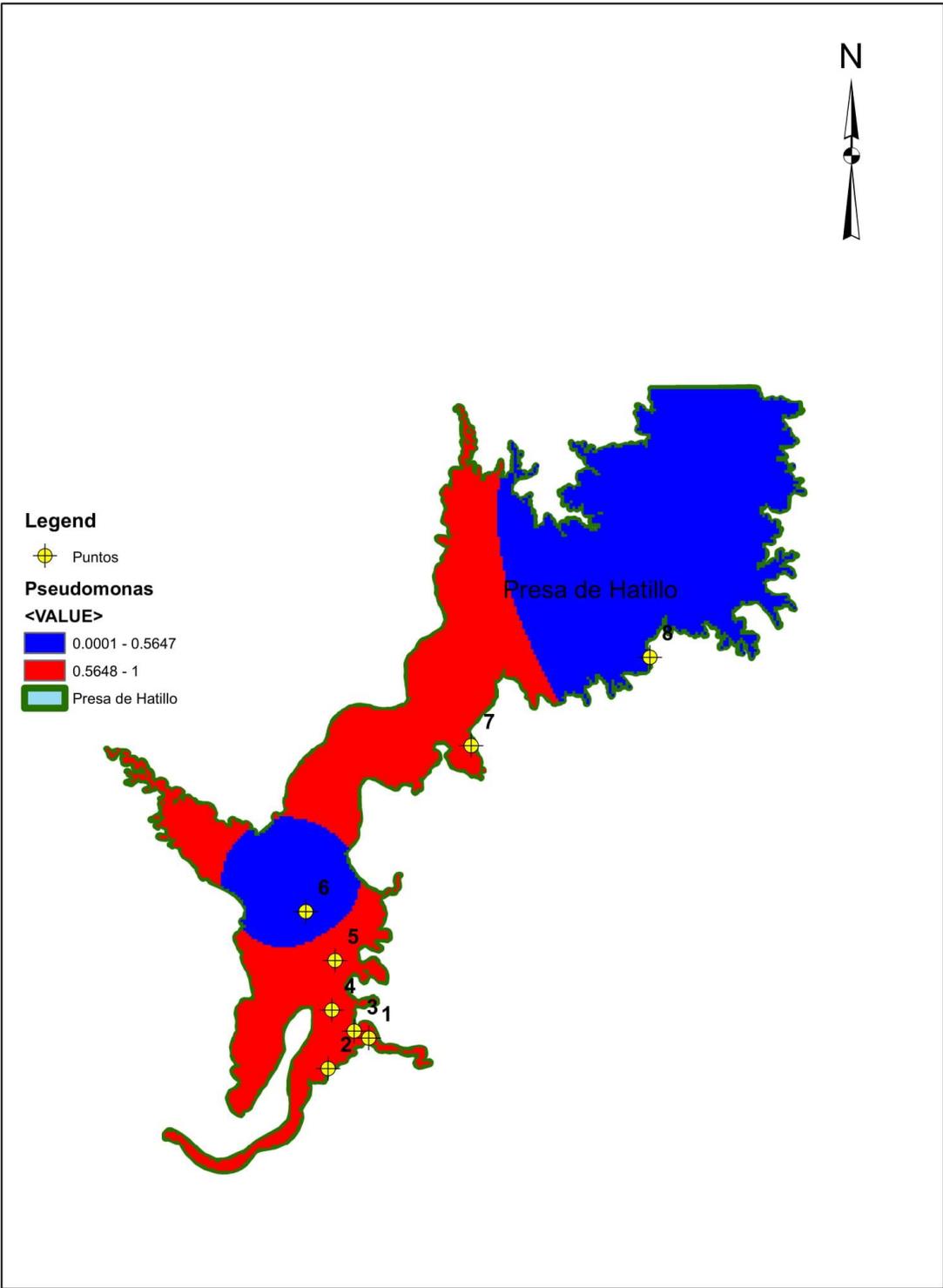


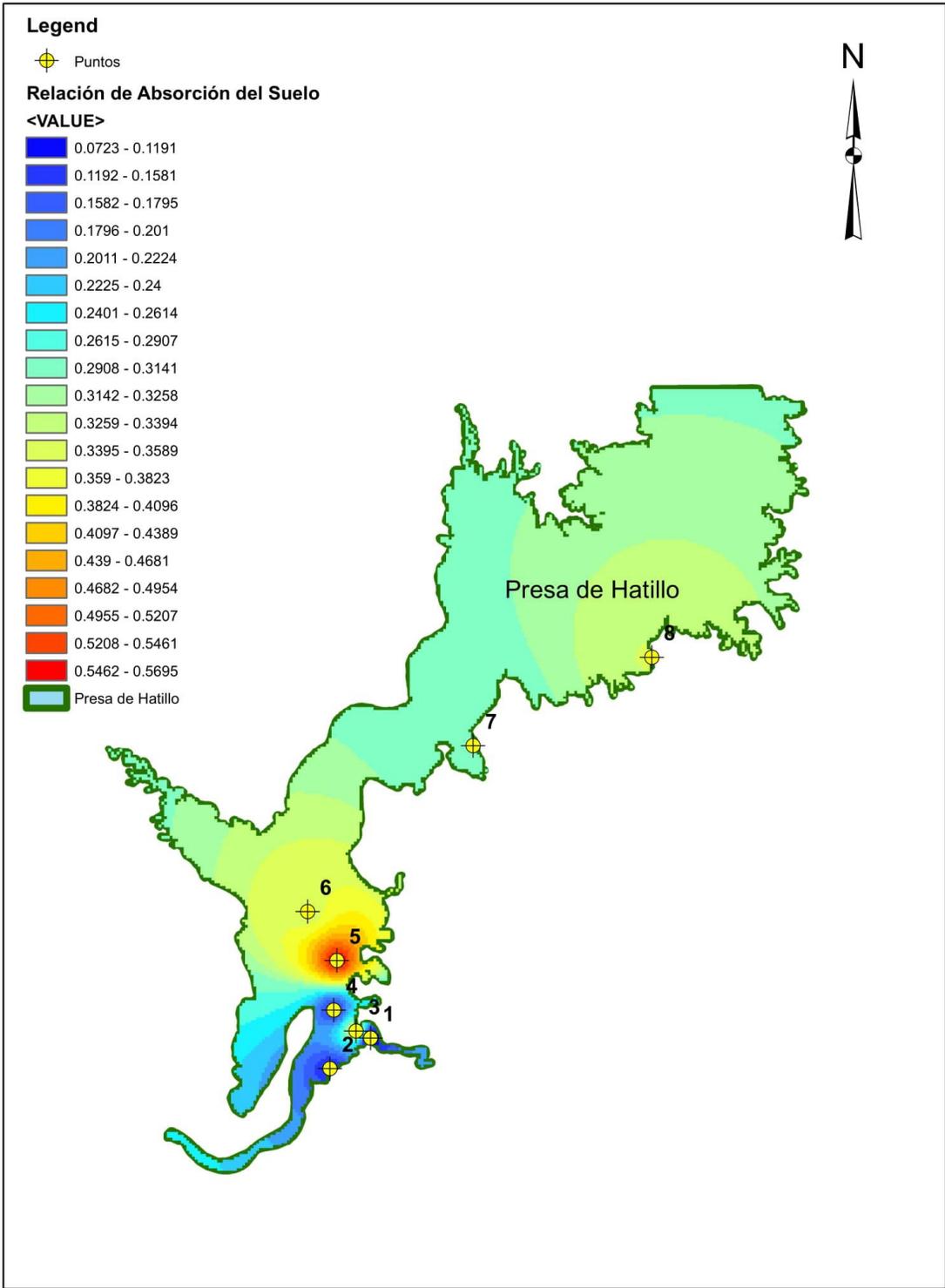


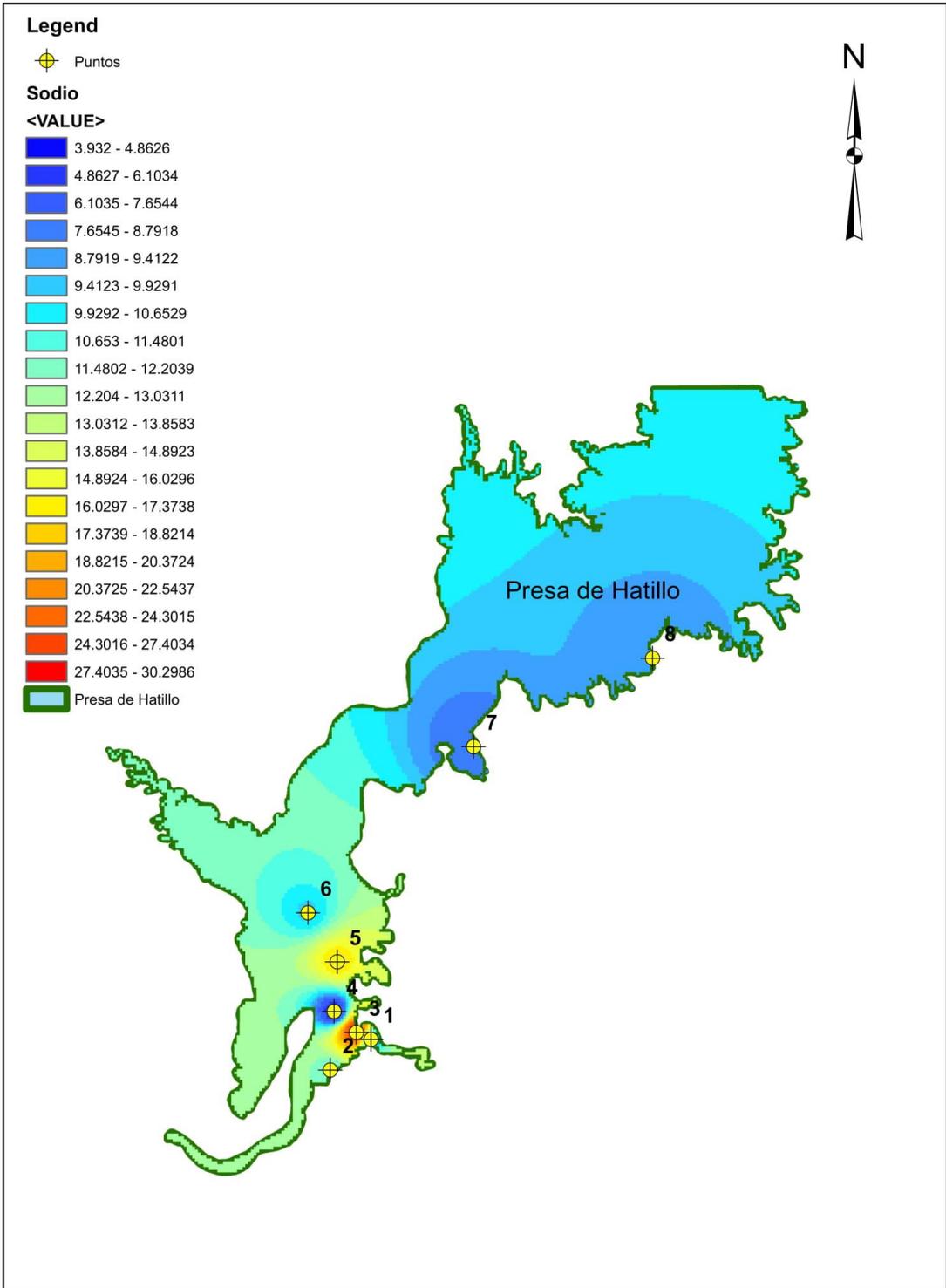


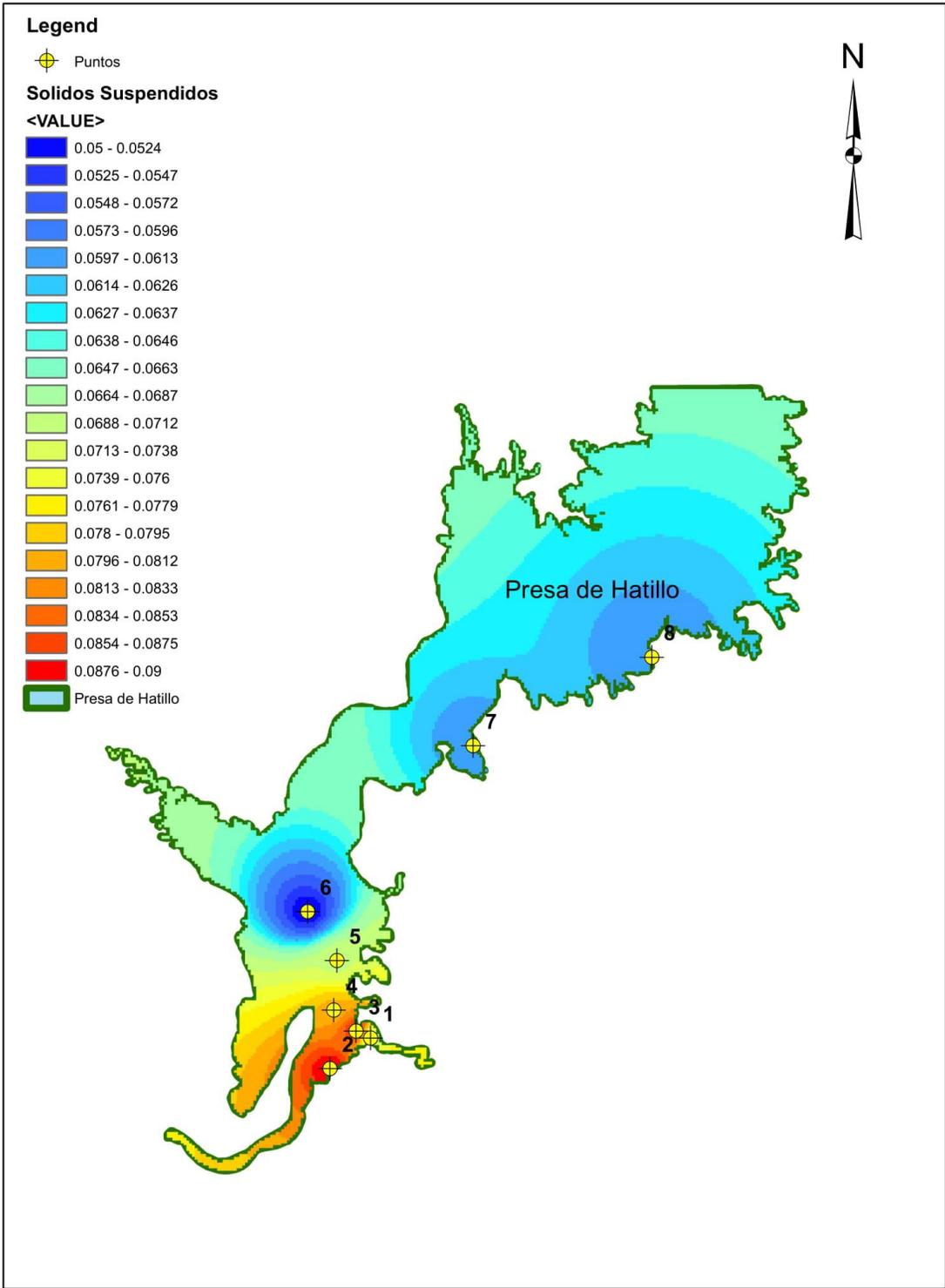


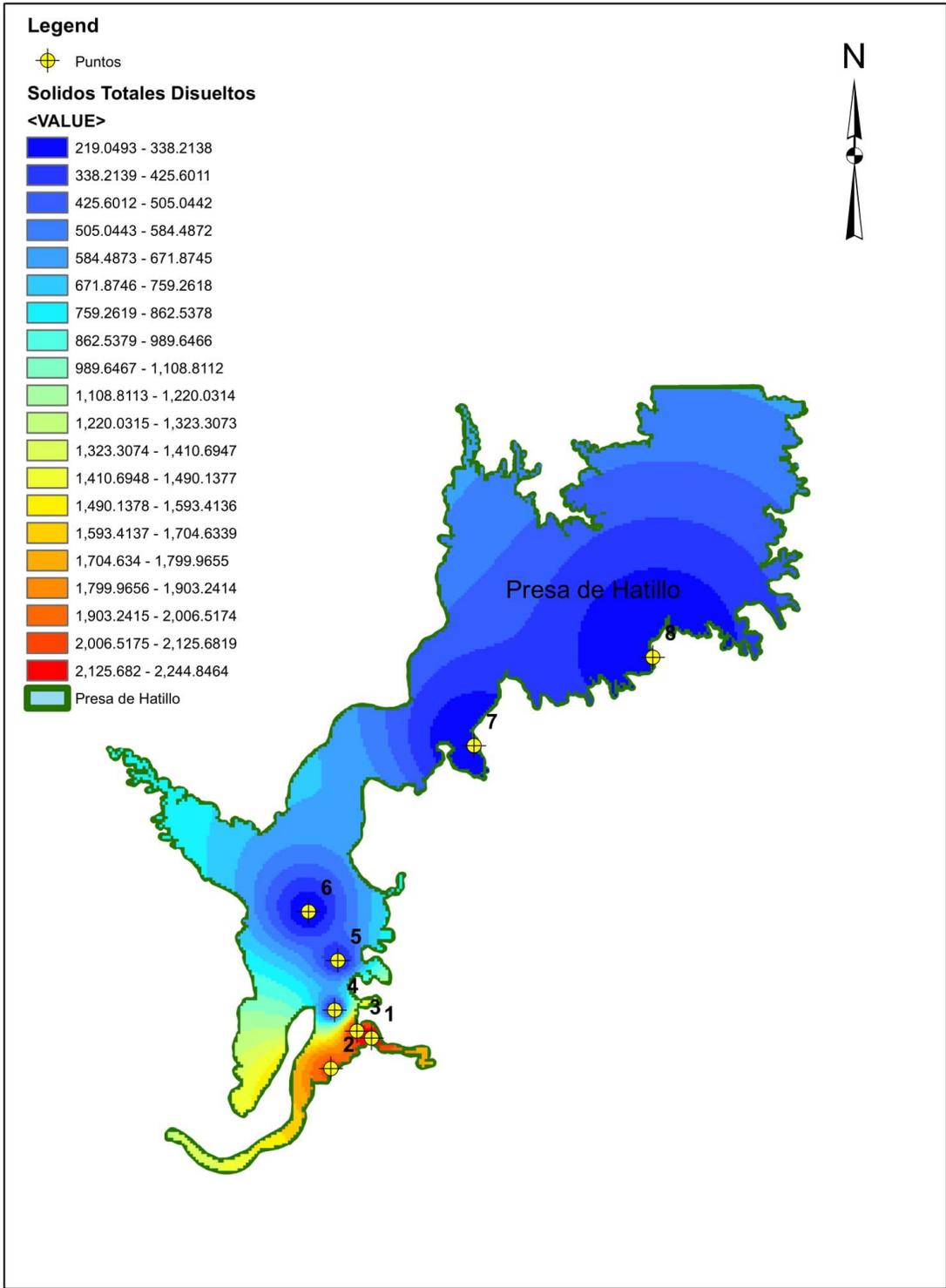


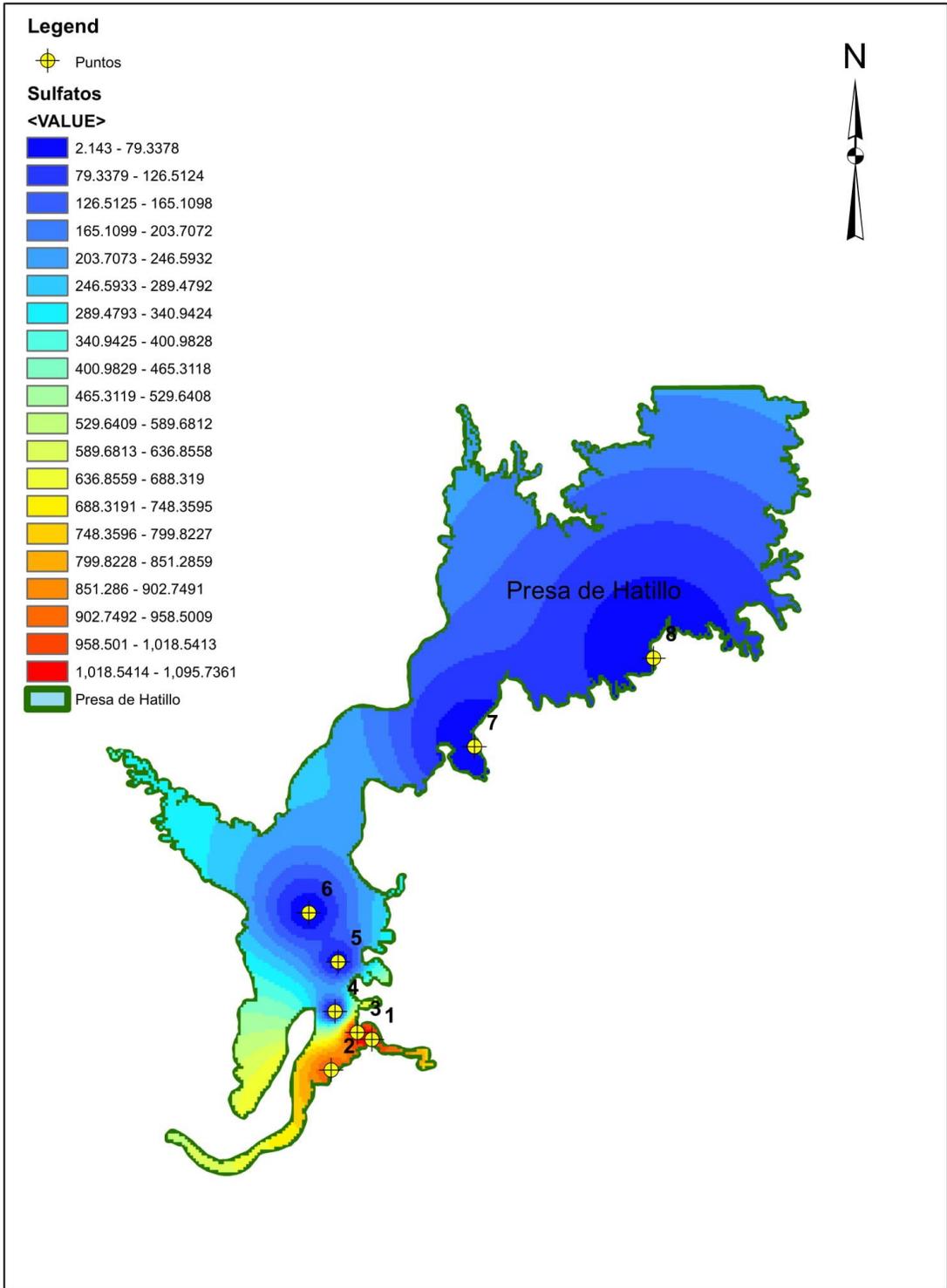












Capítulo V

Conclusión y Recomendaciones

5.1. Conclusión

Al término de esta investigación hemos concluido que:

Sobre la desembocadura de los ríos Yuna y Margajita en el sureste de la presa se encuentran la mayor cantidad de parámetros fuera de rango permitido por la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Niveles de sólidos totales disueltos y suspendidos en los todos los puntos muestreados, se encuentran fuera de rango según la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Niveles de sulfato en los puntos 1, 2 y 3 en la zona sureste de la presa, sobrepasan los 400 mg/l siendo estos valores superiores a los establecidos en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Los rangos de sulfato en los puntos 1, 2 y 3 podrían estar siendo originados por actividades agrícolas sin control en el uso fertilizantes químicos.

El uso indiscriminado y sin control de fertilizantes químicos, entran al embalse por escorrentía y filtración de las zonas agrícolas próximas a los afluentes Yuna y Margajita.

Niveles de fósforo total en los todos los puntos a excepción del 5 y7, sobrepasan los 0.025 mg/l siendo estos valores anormales según la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Las alteraciones de fósforo total pueden provenir por actividades industriales (minería) y agrícolas en la zona.

Niveles de fluoruro en los puntos 1 y 3, sobrepasan los 1 mg/l quedando fuera de los valores permitidos en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Las alteraciones de fluoruro pueden provenir por actividades industriales (minería) en la zona. Estas podrían estar entrando al embalse por medio de escorrentía y filtración.

Niveles de fosfatos en el punto 5, en la zona sureste de la presa, están sobre el rango permitido en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Las alteraciones de fosfatos pueden provenir por actividades industriales (minería) y agrícolas en la zona.

Niveles de oxígeno disuelto en los puntos 7 y 8 en la zona este de la presa, están por debajo del 70 % saturado, siendo esto inadmisibles en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

El bajo nivel de oxígeno disuelto usualmente está ligado a la incidencia de coliformes y a la existencia de eutrofización.

Niveles de calcio en los puntos 1, 2 y 3 en la zona sureste de la presa, se encuentran sobre el rango permitido la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Niveles de magnesio en los puntos 1, 2 y 3, sobrepasan los niveles estipulados en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Tanto las alteraciones de calcio como de magnesio podrían estar siendo originados por actividades agrícolas sin control en el uso fertilizantes químicos.

La dureza total del agua en los puntos 1, 2 y 3, sobrepasan los niveles que rigen los valores establecidos en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Los puntos 1, 2 y 3 poseen valores elevados de dureza debido a la presencia de minerales como el calcio y el magnesio.

La bacteria escherichia coli en los puntos 4, 5, 6 y 8 se encuentra presente, estando así fuera de lo establecido en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

Niveles de coliformes fecales y totales en los puntos 2, 4 y 5, sobrepasan los 1000 NPM/100 ml, siendo esto inadmisibles en la Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga (NA-AG-001-03).

El origen de los organismos microbiológicos alterados mencionados anteriormente, podría ser producto de actividades antropogénicas sin medidas sanitarias adecuadas, las aguas son vertidas a la presa sin tratamiento alguno.

5.2. Recomendaciones

- Educar a la ciudadanía sobre el cuidado del medio ambiente para realizar frecuentemente brigadas de limpieza para mantener limpio los alrededores de los ríos Yuna y Margajita.
- Proponer jornadas de capacitación a las comunidades de la zona que se benefician de estas aguas para un mejor manejo de los recursos naturales y conocimiento de las enfermedades a las que pudieran estar expuestos debido a la contaminación de estas aguas.
- Proponer un plan de monitoreo permanente de las aguas vertidas a la presa con el fin de determinar la procedencia de los mayores niveles de contaminantes existentes en la presa de Hatillo.
- Diseñar y construir un sistema de saneamiento antes de la entrada de los dos afluentes principales de la presa de Hatillo (rio Yuna y Margajita), para que estas aguas pasen por un tratamiento previo a su entrada al embalse.

Referencias

- Acento. (31 de octubre de 2014). *Acento*. Obtenido de Acento: <https://acento.com.do/2014/video/videos/8190602-el-rio-yuna-se-muere-por-la-contaminacion-a-la-vista-de-las-autoridades/>
- Agency), E. (. (2007). *PRTR*. Obtenido de PRTR: <http://www.prtr-es.es/Fosforo-total,15600,11,2007.html>
- Aguila, J. D. (28 de Noviembre de 2015). *Prezi*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/rboyxf7l95yb/parametros-fisicos-parametros-quimicos-parametros-biologic/>
- Almomento.net. (9 de febrero de 2015). *Al momento*. Obtenido de Al momento: <http://almomento.net/denuncian-la-presa-de-hatillo-esta-en-peligro/>
- ARQHYS. (2012). Presa de Hatillo. *ARQHYS*.
- Bidault, O. (28 de Junio de 2016). *Water logic*. Obtenido de Water logic: <https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/>
- Calidad Microbiológica. (s.f.). *Calidad Microbiológica*. Obtenido de Calidad Microbiológica: <http://www.calidadmicrobiologica.com.co/microbiologia/coliformes-totales>
- Carbotecnia. (3 de Octubre de 2014). *Carbotecnia*. Obtenido de Carbotecnia: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>
- Carbotecnia. (16 de Septiembre de 2014). *Carbotecnia*. Obtenido de Carbotecnia: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>
- CIMCOOL. (2004). *Oxígeno Disuelto*. México.
- CLIMATE-DATA.ORG. (s.f.). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtenido de CLIMATE-DATA.ORG: <https://es.climate-data.org/location/25810/>
- Concepto Definición. (s.f.). *Concepto Definición*. Obtenido de Concepto Definición: <https://conceptodefinicion.de/amenaza/>
- Confuzal. (9 de Octubre de 2013). *Confuzal*. Obtenido de Confuzal: <http://confuzal.com/articulo/Potasio%20como%20un%20nutriente%20en%20el%20agua%20potable%20/>
- El nacional. (12 de febrero de 2015). *El nacional*. Obtenido de El nacional: <http://elnacional.com.do/la-presa-de-hatillo/>
- El nacional. (27 de abril de 2016). *El nacional*. Obtenido de El nacional Sitio web: <http://elnacional.com.do/eu-senala-once-paises-por-violar-derecho-de-autor/>
- Eleuterio Martínez . (4 de febrero de 2015). *Hoy*. Obtenido de Hoy Web site: <http://hoy.com.do/consultorio-ecologico-contaminacion-de-la-presa-de-hatillo/>

- Estefany Rodríguez Vier. (11 de septiembre de 2017). *Listin Diario, periodico*. Obtenido de Listin Diario: <https://www.listindiario.com/la-vida/2017/09/11/481867/contaminacion-del-agua-y-riesgo-para-la-salud>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja. (s.f.). Obtenido de <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/>
- Goyenola, G. (Junio de 2007). *RED MAPSA*. Obtenido de RED MAPSA: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/transparencia_color_%20turbidez.pdf
- Guzmán, J. A. (2017). *Eumed.net*. Obtenido de Eumed.net: <http://www.eumed.net/rev/delos/28/agua-contaminacion.html>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2004). *Determinacion de oxigeno disuelto*. Colombia.
- Lenntech. (s.f.). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/magnesio-y-agua.htm>
- Lenntech. (s.f.). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/sodio-y-agua.htm>
- Lenntech. (s.f.). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/bicarbonato/riesgo-carbonatos-bicarbonatos-en-regadio.htm>
- Libre, D. (s.f.). *diario libre*. Obtenido de diario libre: <https://m.diariolibre.com/noticias/la-contaminacion-de-nuestros-ros-KAdI802181>
- Lourdes Mañón, U. (10 de marzo de 2010). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/28123539/La-Contaminacion-Del-Agua-en-Republica-Dominicana>
- Mármol, N. (09 de 10 de 2013). *7dias.com.do*. Obtenido de 7dias.com.do: http://www.7dias.com.do/portada/2013/10/09/i149527_explicaciones-barrick-gold-sobre-contaminacion-convencen-todos.html#.W4a4Qc5KjIV
- Méndez, A. (27 de Septiembre de 2010). *La guía*. Obtenido de La guía : <https://quimica.laguia2000.com/acidoybases/nitritos>
- Mercedes, A. (21 de Marzo de 2017). *Metrorrd*. Obtenido de Metrorrd: <https://www.metrorrd.do/do/destacado/2017/03/21/agua-pais-corre-riesgo-contaminacion.html>
- Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). *Ministerio de Medio Ambiente*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente: Ministerio de Medio Ambiente
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: http://www.who.int/topics/escherichia_coli_infections/es/

- Pérez, J. (2014). *Definición*. Obtenido de Definición: <https://definicion.de/sulfato/>
- Piscines DOME. (3 de Noviembre de 2016). *Piscines DOME*. Obtenido de Piscines DOME: <http://www.piscinesdome.com/2016/11/que-es-la-alcalinidad/>
- Pütz, P. (16 de Febrero de 2010). *Interempresa.net*. Obtenido de Interempresa.net: <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- QuimiNet. (22 de Agosto de 2012). *QuimiNet*. Obtenido de QuimiNet: <https://www.quiminet.com/articulos/los-fosfatos-y-sus-usos-y-aplicaciones-2835871.htm>
- Quintero, I. (22 de Abril de 2015). *Researchgate*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/273760370_Ecohidrologia
- Rafael Aridio Hidalgo G. (2015). *fantino 87*. Obtenido de fantino 87 Sitio web: <http://fantino87.com/la-presa-de-hatillo-cotui-en-peligro-de-extincion/>
- Robartaigh, P. (24 de Agosto de 2017). Obtenido de https://muyfitness.com/el-efecto-de-las-bacterias-coliformes-fecales-en-el-medio-ambiente_13108127/
- Secretaria de economia. (1981). *Analisis de agua*.
- Silvestre, S. (19 de octubre de 2015). *El día*. Obtenido de El día: <http://eldia.com.do/el-80-de-las-aguas-de-la-capital-estan-contaminadas-de-materia-fecal/>
- Sistema de Información Geográfica. (2018). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de Sistema de Información Geográfica: <http://sig.ambiente.gob.do/nepa/nepamap.aspx>
- Soto, J. (2 de Febrero de 2015). *Espacinsular*. Obtenido de Espacinsular: <http://espacinsular.org/index.php/medio-ambiente/593-academia-de-ciencia-denuncia-mal-estado-de-la-presa-de-hatillo>
- Soto, J. L. (2 de febrero de 2015). *espacinsular*. Obtenido de espacinsular: <http://espacinsular.org/index.php/medio-ambiente/593-academia-de-ciencia-denuncia-mal-estado-de-la-presa-de-hatillo>
- Técnica Avanzada en Química. (2004). *Técnica Avanzada en Química*. Obtenido de Técnica Avanzada en Química: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP2_0405.pdf
- Torres, P. (2009). Índces de calidad de agua en fuentes superficiales. *Índces de calidad de agua en fuentes superficiales*.

Anexos