

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estudio de la Calidad de las Aguas Superficiales y Caracterización de la cuenca  
del Rio Cabón, Afluente del rio Ozama, ubicado en Santo Domingo Norte,  
República Dominicana 2017.**

**Para la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Sustentante:**

**Nelson Steven González Pujols 13-1781**

**Asesor:**

**Ing. Sandra José Clases**

**Santo Domingo, D.N. ENERO del 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

Por haberme dado la vida, inteligencia, coraje, paciencia y sabiduría para poder alcanzar este gran éxito en mi vida. Dejando las cosas en tus manos todo es posible, tu tiempo es perfecto y tú eres mi guía para todos mis proyectos y metas en la vida. Me has enseñado a vivir el día a día y demostrado que todo es posible y que todo llega. Contigo todo y sin ti nada Padre.

### **A la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU):**

Gracias porque en cierto sentido te convertiste en mi segunda casa con tantas horas de intensos esfuerzos para lograr un objetivo más en mi proyecto de vida, porque me brindaste las herramientas necesarias para lograrlo.

A cada una de las personas que de una manera u otra colaboraron conmigo para cumplir este anhelado propósito, ustedes que confiaron en mí, me motivaron y participaron en este progreso, aunque pareciera como un grano de arena su ayuda, hoy es una realidad este logro en mi vida, valió la pena este esfuerzo.

### **A mi país, República Dominicana:**

Por ser la tierra donde nací y pienso desarrollar todos mis proyectos, porque si podemos seguir avanzando y construir una mejor nación, donde todos podemos cooperar y sacarla adelante sin importar las circunstancias, aportando un granito de arena.

## DEDICATORIA

### **A mis padres:**

Nelson González De La Paz y Mayra A. Pujols, por ser el motor de mi diario vivir, mi mejor ejemplo de superación a seguir, por siempre motivarme, educarme y hacer todo para que sea un excelente profesional, ustedes que me apoyan en cada proyecto, que siempre están presente en cada momento de mi vida sin importar la dificultad o el momento en el que nos encontremos, que siempre me dicen tu puedes lograr todo lo que te propongas, sin importa lo que sea, cuenta con nosotros, no te rindas, gracias por confiar en mí y apoyarme sobre todo darme lo mejor de ustedes, los amo de una manera indescriptible y puedo mostrarle lo orgulloso que me siento de ustedes, esta meta alcanzadas es por ustedes y para ustedes, gracias por tanto.

### **A mis hermanos:**

Stephany Melina, Martina Minelanea, Nelson Jashiel, y a ustedes que también son mis hermanos, aunque no poseemos la misma sangre, Yohantoni Lazala Víctor Grullón y Richard Pérez, ustedes que han sido más que mis amigos, mis hermanos. Con esto quiero decirles que lo que nos proponemos en la vida podemos lograrlo, que todos tenemos las mismas 24 horas para alcanzar nuestros sueños y metas. Nuestra única limitante a nuestros sueños somos nosotros mismos. Los amo hermanos.

### **A Tazira Cordero:**

Tú, la razón de muchos motivos de superación en mi vida. Tú, que siempre confiaste en mí. Tú, que siempre estuviste cada vez que pensaba que no podía más o que me desencantaba, quiero darte las gracias por darme lo mejor de ti y siempre estar para mí sin dudarlo, esto es por ti, porque tu confianza siempre la depositaste en mí, eres una mujer excepcional y le doy gracias a DIOS por haberte puesto en mi vida. Esto es por ti porque se cuan orgullosa estarás al verme convertirme en esa persona que deseas que sea. Gracias por tanto. I love to the moon and back.

### **A mis Compañeros:**

A mis compañeros de clases, más que esto ustedes son mis amigos. Gracias por siempre estar disponibles en todo momento, por la hermandad que hemos creado juntos. Esto también es de ustedes. Los quiero a todos. Saúl Espino, Saudy Comas, Ronald Zaldívar, Carlos Novas, Ismael Ramírez, Federick de la Cruz, Rony de los Santos, Marlon Pérez, Janluc Parra, Elías Parra, Wancer Herrera, Eduardo Díaz, Víctor Díaz. Isaac Guerrero, Jake montes de Oca. Vamos por más.

### **A mis Amigos:**

Que también me apoyaron y siempre estuvieron presentes cuando los necesite y aportaron a la realización de este gran proyecto que hoy culmina, gracias por estar presente cuando más lo necesitaba y contribuir con su granito de arena, Paola Garrido y Ariel Feliz, porque en los momentos que los solicite estuvieron presentes.

**Nelson Steven González Pujols**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	3
CAPITULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Preguntas de Investigación .....	4
1.3. Objetivo general.....	5
1.4. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación .....	5
1.6. Antecedentes.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Historia del manejo de los recursos hídricos y desarrollos recientes.....	11
2.2. Manejo de recursos hídricos en la República Dominicana .....	12
2.3. Base de recursos hídricos .....	13
2.3.1. Recursos hídricos superficiales y subterráneos .....	13
2.4. Características de una cuenca. ....	16
2.5. Ciclo del agua .....	19
2.5.1. Química Elemental del agua .....	20
2.5.2. Calidad del Agua Superficial .....	22
2.6. Parámetros Físicos del Agua y su Calidad .....	23
2.6.1. Turbiedad .....	23
2.6.2. Sólidos Totales y Disueltos .....	24
2.6.3. Color .....	25
2.6.4. Olor y Sabor de las aguas superficiales .....	26
2.6.5. PH .....	27

2.6.6. Temperatura.....	28
2.6.7. Características Químicas del Agua .....	28
2.6.8. Dureza.....	28
2.6.9. Alcalinidad.....	29
2.6.10. Cloruros.....	29
2.6.11. Nitratos y Nitritos.....	30
2.6.12. Sulfatos .....	31
2.6.13. Plomo .....	32
2.6.14. Cobre .....	33
2.6.15. Hierro .....	33
2.6.16. Manganeso .....	34
2.6.17. Amonio.....	35
2.6.18. Oxígeno Disuelto.....	35
2.7. Características Biológicas del Agua .....	36
2.7.1. Escherichia coli .....	36
2.7.2. Coliformes Fecales .....	37
2.7.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	38
2.8. Bioindicadores de la calidad del agua .....	38
2.9. Normativa Nacional Referente a la Calidad del Agua.....	40
2.9.1. Monitoreo de la calidad de las aguas superficiales: Características .....	41
2.9.2. Tipos de contaminación que pueden provocar una alteración a la calidad de las aguas superficiales.....	42
2.10. Marco legal e institucional .....	43
2.10.1. Marco legal.....	43
2.10.2. Marco institucional .....	44

2.10.3. Estrategia del gobierno .....	44
2.10.4. Acuerdos internacionales .....	45
2.11. Aspectos financieros.....	46
2.11.1. Cánones de agua.....	46
2.11.2. Inversión.....	47
2.12. Problemas medioambientales.....	47
2.12.1. Riesgos relacionados con el agua .....	47
2.13. Posibles impactos del cambio climático.....	49
2.14. Índices de calidad del agua .....	49
2.15. Percepciones ambientales de la calidad de agua superficial.....	51
2.16. Evaluación económica de distribución de agua superficial .....	52
2.17. Normas de aguas superficiales de la República Dominicana .....	54
2.17.1. Clase A.....	54
2.17.2. Clase B.....	55
2.17.3. Clase C .....	55
2.17.4. Clase D .....	55
2.18. Marco conceptual .....	56
2.19. Marco Contextual.....	57
2.19.1. Sobre la cuenca del río Ozama .....	57
2.19.2. Ubicación .....	57
2.19.3. Hidrografía .....	59
2.19.4. Geomorfología y Geología .....	60
2.19.5. Suelos .....	61
2.19.6. Descripción general .....	62
2.20. Actividades humanas que se realizan en la cuenca .....	63

2.21. Datos de climáticos históricos obtenidos por la ONAMET.....	64
2.22.....	66
Datos de caudales históricos obtenidos por el INDRHI.....	66
<b>CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>68</b>
3.1. Enfoque de la investigación.....	68
3.2. Diseño de investigación.....	68
3.3. Tipo de investigación.....	69
3.4. Procedimiento de la investigación.....	70
3.5. Técnica de investigación.....	70
3.5.1. Análisis bibliográfico.....	70
3.5.2. Trabajo de gabinete.....	70
3.5.3. Trabajo de Campo.....	71
3.6. Criterios de selección de la muestra.....	71
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
.....	75
4.1. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.....	75
.....	76
4.2. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.....	76
4.3. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.....	77
4.4. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, 30 del mes de noviembre del año 2017.....	78
4.5. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.....	79



1.	80
4.6. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.	80
Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.	81
4.8. Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.	83
4.9. Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.	85
4.10. Presentación de resultados de aforos	87
4.11 Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.	88
4.12. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.	89
4.13. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.	90
4.14. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.	91
4.15 Descripción Hidrológica de la Cuenca	92
4.16 Actividades Humanas que se realizan en la Cuenca del Rio Cabón	93
CONCLUSIÓN	94
RECOMENDACIONES	96
ANEXOS	97
BIBLIOGRAFÍA	114

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b>	Ciclo global del agua a escala planetaria en millones de m <sup>3</sup> .....	20
<b>Ilustración 2</b>	Ubicación del río Ozama. ....	57
<b>Ilustración 3</b>	Ubicación del río Cabón .....	59
<b>Ilustración 4:</b>	Variaciones del caudal del río Cabón según datos de la Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).....	67
<b>Ilustración 5:</b>	Ubicación de los puntos (azules) analizados y aforados.....	72
<b>Ilustración 6:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.....	75
<b>Ilustración 7:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.....	76
<b>Ilustración 8:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha del 05 mes de enero del año 2018 .....	77
<b>Ilustración 9:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, 30 del mes de noviembre del año 2017. ....	78
<b>Ilustración 10:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.....	79
<b>Ilustración 11:</b>	Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018. ....	80
<b>Ilustración 12:</b>	Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.....	82
<b>Ilustración 13:</b>	Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017. ....	84
<b>Ilustración 14:</b>	Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018. ....	86
<b>Ilustración 15:</b>	Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.....	88
<b>Ilustración 16:</b>	Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.....	89

<b>Ilustración 17:</b> Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.....	90
<b>Ilustración 18:</b> Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017. ....	91

## INTRODUCCIÓN

Con la investigación de este tema, se pretende realizar un estudio para determinar los niveles de calidad que se encuentran las aguas superficiales de la cuenca del río Cabón, afluente del río Ozama, asimismo para puntualizar los parámetros físico - químicos y bacteriológicos de la cuenca en puntos específicos e identificar los beneficios de que conlleva el tener las aguas de los ríos dominicanos con buenos estándares de calidad.

Este estudio consta de cuatro capítulos, el primer capítulo: habla del problema de la investigación, el cual trata de desglosar el tema y los distintos aspectos que constituye el motivo que me permite plantear este tema.

El segundo capítulo: el marco referencial, está destinado a desarrollar el marco teórico, en los que se exponen los diferentes tipos de contaminantes y bacterias que se pueden encontrar en las aguas contaminadas, el marco conceptual que menciona los conceptos más importantes de este proyecto y el contextual que data de una breve historia de la cuenca.

El tercer capítulo: aspectos metodológicos, está comprendido por el diseño que se ha elegido para llevar a cabo la presente investigación.

En el cuarto capítulo: presentación resultados, se mostrarán los datos arrojados mediante estudios físico químicos y bacteriológicos realizados a las aguas de la cuenca del río Cabón.

# CAPITULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

La subcuenta del río Cabón es un afluente de la cuenca del río Ozama. Dentro del área de terreno correspondiente al río Cabón hay distintas actividades tales como agricultura, ganadería, domésticas e industriales.

Actualmente, muchas de estas actividades vierten sus desechos al río sin tomar en cuenta un tratamiento previo que evite contaminar las aguas superficiales y subterráneas. En la zona existen algunas comunidades como La Victoria, Rancho Arriba de La Victoria, La Ceiba, La Piña, entre otras.

De manera que, es de vital importancia conocer el nivel de contaminación que afecta la cuenca del río Cabón. Esto permitirá tomar medidas que contribuyan al medio ambiente y a la salubridad del entorno y por ende al país.

## 1.2. Preguntas de Investigación

1. ¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de calidad existentes en el río Cabón?
2. ¿Cuáles son los aspectos hidrológicos de la cuenca?
3. ¿Qué actividades realmente se realizan en la cuenca que afectan la calidad de las aguas del río Cabón?

### **1.3. Objetivo general**

Estudiar la calidad de las aguas superficiales y caracterizar la cuenca del río Cabón.

### **1.4. Objetivos específicos**

1. Identificar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de este cauce en puntos específicos.
2. Describir hidrológicamente la cuenca.
3. Conocer las actividades que se realizan en la cuenca.

### **1.5. Justificación**

Después de determinar que aguas arriba de la convergencia entre el río Cabón y el río Ozama existen actividades como la agricultura, ganadería, domésticas e industriales; es de gran interés conocer el grado de contaminación que la subcuenca del río Cabón posee ya que esta abastece la cuenca del río Ozama, el cual desemboca en el mar Caribe.

Teniendo esto claro, es imprescindible conocer la calidad de estas aguas para tomar medidas de precaución y poder evitar contaminaciones futuras. El mejor modo de conocer los contaminantes de estas aguas es realizando estudios físicos - químicos y estudios bacteriológicos, en los cuales se podrán determinar parámetros como: pH,

alcalinidad, cloruros, calcio, conductividad, sólidos totales disueltos, nitrato, fosforo, amonio, entre otros.

## **1.6. Antecedentes**

El río Ozama el cual nace en la Loma Siete Cabezas, en la Sierra de Yamasá, República Dominicana. Abarca 2,686 kilómetros cuadrados y recorre 148 kilómetros. Desemboca en el mar Caribe, en la ciudad de Santo Domingo.

El Ozama es el estuario más grande del país y el mayor cuerpo de aguas superiores navegables con 50 kilómetros lineales que le conceden un notable atractivo. (Ortega, 2017)

Es el cuarto en importancia, cuya desembocadura tiene un ancho de 548.52 metros, se sirve de las aguas de otros afluentes tales como el Isabela, Cabón, Yuca, entre manantiales y arroyos que milagrosamente aún mantienen con vida al río más importante del Distrito Nacional y la Provincia de Santo Domingo.

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. En términos de calidad y cantidad el recurso agua es un elemento esencial que ejerce una gran influencia en el desarrollo de la humanidad, pues la existencia fisiológica del ser humano y de los seres vivos en general, depende de la disponibilidad de agua, así como de las actividades de la producción de alimentos. Para la mayoría de los casos

es de primordial interés controlar su calidad, ya que el contenido de ciertas sustancias presentes en las aguas, la hacen inadecuada y altamente peligrosa para la salud.

La preocupación por la calidad del agua y el ambiente ha alcanzado gran interés a nivel mundial en los últimos tiempos, siendo objeto de estudios de investigación y programas de control y vigilancia. Los mismos han sido realizados por los países y con la cooperación técnica de diversos organismos internacionales, tales como: La Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Meteorológica (OMM), Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (PNUMA), Agencia de Cooperación Alemana (GTZ), Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO y los fondos de la Unión Europea, entre otras. (Agustina García, 2008, Calidad del agua en las fuentes superficiales y subterráneas del Valle de Constanza y la cuenca del río Tireo y su riesgo a la salud de la población).

Tanto el río Ozama como las costas perimetrales de la Ciudad Colonial, reciben descargas contaminantes provenientes de actividades humanas como la agricultura, granjas de crianza de animales, las plantas industriales y de generación eléctrica, puntos de descarga del alcantarillado sanitario y pluvial de Santo Domingo, y basura arrojada por los habitantes de los barrios adyacentes al río y la costa. Como consecuencia, este ecosistema marino está siendo alterado y evidencia en los últimos años una tendencia hacia la alteración de esta área de interface entre la tierra y el mar que caracteriza a la Ciudad Colonial.

Los contaminantes presentes en estas fuentes son por lo general nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos, microorganismos patógenos,



nutrientes y carbono orgánico y se encuentran combinados con aceites, grasas y productos químicos derivados de las industrias, los que entran en las corrientes de desechos domésticos a través de los sistemas de alcantarillado y la escorrentía pluvial. Los desechos industriales contienen además cantidades altas de materia orgánica provenientes de las plantas procesadoras de alimentos y bebidas y de la industria del cuero y de la madera. Otras actividades aumentan la descarga son las actividades que corresponden a la agricultura, por el uso de pesticidas e insecticidas, así como el aporte de residuos de insumos agrícolas y restos de vegetales y animales. (Contaminación del Río Ozama y Costas en la Ciudad Colonial,2007).

El río Ozama al correr en tierras de Santo Domingo, las aguas de este sufren contaminaciones. La basura, desperdicios de envases plásticos, botellas, desechos de embarcaciones y desagües cloacales contaminan sus aguas, afean y deterioran su entorno.

Tanto el río Ozama como las afluentes, tales como Cabón, reciben descargas contaminantes provenientes de actividades humanas como la agricultura, granjas de crianza de animales, las plantas industriales y de generación eléctrica, puntos de descarga del alcantarillado sanitario y pluvial de Santo Domingo, y basura arrojada por los habitantes de los barrios adyacentes al río y la costa. Como consecuencia, este ecosistema marino está siendo alterado desde hace ya varios años.

En el año 1992 el entonces presidente Joaquín Balaguer lanzó el proyecto de rescate al río Ozama, denominado Programa de Rescate Social, Urbano y Ecológico (Resure), desde entonces, decenas de proyectos se han anunciado sin que ninguno

haya dado solución a la contaminación imperante en el cuarto río más importante de la República Dominicana.

Han pasado 26 años desde el anuncio del programa Resure, y ocho períodos gubernamentales que tal parece no han sido suficientes para solucionar los problemas de hacinamiento, contaminación, insalubridad, y otros males que padece el río Ozama.

En el período de gobierno 2000-2004, de Hipólito Mejía, tampoco se llevó a cabo ningún plan, ya que nunca se empezaron a rescatar los márgenes del río Ozama.

En agosto del 2008 los alcaldes del Distrito Nacional y Santo Domingo Este, Roberto Salcedo y Juan de los Santos se reunieron con el entonces jefe de la Marina de Guerra, Julio César Ventura Bayonet, para buscar soluciones al grave problema de contaminación del río Ozama. Al final de la reunión acordaron iniciar una serie de investigaciones para determinar la gravedad de la situación. Salcedo indicó que antes de que esos estudios concluyan, los Ayuntamientos del Distrito Nacional, Santo Domingo Este y Santo Domingo Norte, con el apoyo de la Marina de Guerra, avanzarían en la recuperación y saneamiento de los afluentes tales como los mencionados anteriormente.

Más recientemente en septiembre del 2012, El presidente de la República, Danilo Medina Sánchez, prometió la creación de un plan de rescate para las familias del sector La Barquita, iniciando con este un plan de rescate del Río Ozama.

Medina prometió la reubicación de los residentes en las zonas más vulnerables y la construcción de una vivienda digna, así como también, la construcción de un muro de contención en los litorales del río Ozama, y el saneamiento de todas sus cañadas.

Por estos motivos es que desde hace años se viene tratando de evitar la contaminación de las aguas y determinando qué tan alto es el nivel de contaminación, ya que estas aguas abastecen las necesidades de agricultura, ganadería doméstica e industrial.(Batista, 2012).

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Historia del manejo de los recursos hídricos y desarrollos recientes**

A finales del siglo XIX y comienzos del XX, el Gobierno de la República Dominicana fue uno de los principales inversores en el desarrollo de la infraestructura hidráulica nacional. Centrado principalmente en el desarrollo de la infraestructura de riego durante los primeros tres cuartos del siglo pasado, el Gobierno de la República Dominicana invirtió en las redes de canales y la tecnología de riego, lo que ha permitido aumentar la superficie de regadío de 32.000 hectáreas (ha) en los años 40 a 132.000 ha en 1954.

En 1965, el Gobierno de la República Dominicana creó el Instituto Nacional de Desarrollo de los Recursos Hidráulicos (INDRHI), responsable de la planificación del uso sostenible de los recursos hídricos y recursos asociados, así como el diseño, la formulación, la ejecución, el control y la evaluación de proyectos, programas y acciones destinados a controlar y regular el agua superficial y subterránea.

Durante las últimas tres décadas, el Gobierno de la República Dominicana ha descentralizado una serie de responsabilidades del sector del agua a otras instituciones, como la puesta en marcha y el mantenimiento de la infraestructura y la recaudación de cánones de agua para los distritos de riego y las empresas regionales de agua y saneamiento.<sup>7</sup> Además, el sector eléctrico se privatizó de forma parcial en

1998-99, aunque la energía hidroeléctrica se dejó en manos públicas. (Aquastats. (2000). Food and Agriculture Organization. República dominicana, pp. 1)

## **2.2. Manejo de recursos hídricos en la República Dominicana**

Con unos recursos hídricos superficiales de 20.000 millones de M<sup>3</sup> (BCM) al año, de los cuales 12 BCM son recarga de agua subterránea, los recursos hídricos de la República Dominicana (RD) se podrían considerar abundantes. Sin embargo, la irregular distribución espacial y estacional, unida a un alto consumo en el riego y el abastecimiento urbano de agua, se traducen en la escasez de agua.

El rápido crecimiento económico y el aumento de la urbanización también han afectado a la calidad medioambiental y han originado tensiones sobre la base de recursos hídricos de la República Dominicana. Además, la República Dominicana está expuesta a una serie de riesgos naturales, como huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, terremotos e incendios.

Se espera que el cambio climático mundial ocasionará choques climáticos permanentes en la región del Caribe que probablemente afectarán a la República Dominicana en forma de elevación del nivel del mar, incremento de temperaturas superficiales atmosféricas y del mar, eventos meteorológicos extremos (como los huracanes y las tormentas tropicales), aumento de la intensidad de las precipitaciones (lo cual conducirá a inundaciones más frecuentes y graves) y la incidencia de sucesos como el de "El Niño" con mayor frecuencia y gravedad. (Werbrouck, 2004)

El manejo de los recursos hídricos del país, en especial la calidad y la cantidad de agua, así como el manejo de cuencas hidrográficas, se enfrenta en la actualidad a importantes retos. A pesar de la falta de datos sistemáticos que limitan la realización de una evaluación precisa y detallada del alcance de los problemas, existe un consenso sobre los siguientes aspectos: 1) la baja calidad general de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y costeros es el resultado de una falta de manejo de aguas residuales y escorrentía agrícola, la cual causa problemas de salud que afectan a los pobres de manera desproporcionada; 2) la escasez de agua es un problema regional que provoca la falta de manejo de la demanda en el riego, el abastecimiento urbano de agua y la infraestructura turística de las regiones más secas; 3) el manejo insuficiente de las cuencas conduce a la erosión del suelo y amplifica los daños y la frecuencia de inundaciones; y 4) la falta generalizada de manejo de residuos sólidos hace que se contaminen las fuentes de agua, se propaguen enfermedades y se causen molestias a los habitantes y los visitantes. El Gobierno de la República Dominicana está en proceso de reducir su papel como inversor principal de la infraestructura de los recursos hídricos y como proveedor de servicios mediante la delegación de algunas responsabilidades a los gobiernos locales y regionales, las organizaciones de usuarios de agua y las empresas privadas. (Werbrouck, 2004)

## **2.3. Base de recursos hídricos**

### **2.3.1. Recursos hídricos superficiales y subterráneos**

Los recursos hídricos internos per cápita de la República Dominicana son de 2.430 metros cúbicos, lo que está por debajo de la media de las regiones de América Central y el Caribe: 6.645. La demanda de agua actual de 10.000 millones de m<sup>3</sup> representa el

44 por ciento de los recursos de agua dulce disponibles totales. Según el Banco Mundial, solamente Barbados, la República Dominicana, México y Perú superaron el 10 por ciento de la demanda de las regiones de América Latina y el Caribe. La escasez de agua se refleja en el aumento de la competencia para la asignación de agua superficial y la extracción no sostenible de agua subterránea. (Werbrouck, 2004)

La tabla 1 muestra las características de las cuencas de drenaje tanto para las que vierten para El Caribe como para el Atlántico.

**Tabla 1. Principales características de las cuencas de drenaje**

<b>Watershed</b>	<b>River Basin</b>	<b>Drainage Surface km<sup>2</sup></b>	<b>Average annual rainfall (mm)</b>	<b>Average annual run off (BCM/year) (1)</b>
Caribbean	Bahoruco Mountains	2,814	750-2,000	9,500

	Yaqué del Sur River	5,345	700-1,500	
	Azua, Bani, San Cristóbal	4,460	750-2,000	
	Ozama River	2,706	1,400-2,250	
	San Pedro de Marcoris and La Romana	4,629	1,000-2,250	
	Higüey	2,207	1,000-1,750	
Atlantic	Miches and Sabana del Mar	2,265	200-2700	10,480
	Samaná Península	854	N/A	
	Northern coastal zone	4,266	1,000-2,300	
	Yuna River	5,630	1,170-2,250	
	Yaqué del Norte River	7,053	500-2,000	
	Da jabón River	858	750-2,000	
Haiti	Artibonite River	2,653	1,200-2,000	1,015
Enriquillo	Lake Enriquillo	3,048	600-750	(2)
Total		48,730	1,500	20,995

**Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Escorrentía total, incluida la de agua superficial y subterránea.



De acuerdo con la Organización para la Agricultura y la Alimentación(FAO), el agua subterránea tiene un potencial de 1.500 millones de m<sup>3</sup>/año, pero en la actualidad se extrae menos de un tercio de este valor.

Aunque los acuíferos costeros de piedra caliza contienen solamente un 4 por ciento de las reservas de agua subterránea disponibles, las actividades humanas del sur del país (de Santo Domingo a La Romana y Punta Cana) dependen enormemente de ellos; por ejemplo, el 30 por ciento del abastecimiento de agua de Santo Domingo proviene de fuentes subterráneas.

Como resultado, los acuíferos costeros de piedra caliza se consumen de forma excesiva y la intrusión de agua de mar ya alcanza de 20 a 50 km hacia el interior desde la orilla del mar. Muchos acuíferos costeros están en riesgo de contaminación de agroquímicos y la mala colocación de los vertederos de residuos sólidos, lo cual contribuye a que el agua escasee y los recursos no estén disponibles.(Werbrouck, 2004).

#### **2.4. Características de una cuenca.**

La cuenca de un río está definida por el conjunto de la superficie topográfica sobre la el agua de una lluvia que escurre alcanza, directa o indirectamente por intermedio de un afluente, el lecho de un río y sale finalmente de la cuenca en la confluencia del río considerado con el río en el que se vierte.

Una cuenca está limitada por una línea divisoria que parte del punto de confluencia, en la orilla derecha del río, comprende todos los terrenos cuyas aguas vierten al citado río, dando la vuelta sobre la zona donde tiene origen el mismo, y llega nuevamente a la confluencia por la orilla izquierda.

Naturalmente esta línea comprende las cuencas o subcuencas de los afluentes para los que se puede establecer las mismas definiciones que para el río, cuando se consideran separadamente.

También pueden considerarse las cuencas relativas a los barrancos o vaguadas que no tienen aguas permanentes y que están secos salvo en el caso de lluvias más o menos frecuentes.

Una cuenca puede tener una superficie de algunas hectáreas si la considera un arroyo o un barranco pequeño, o bien de varios de miles de hectáreas si se trata de un río de mediana importancia, o incluso de millares o decenas de millares de  $\text{km}^2$  si son las cuencas de ríos importantes.

Una cuenca tiene características diversas, topográficas, glaciológicas, geológicas y térmicas. Estas son las características topográficas que han sido base de la definición que hemos dado. El trazado de la línea divisoria que delimita la cuenca, en principio, no presenta dificultades. Cuando se duda si incluir o no una pequeña zona en el interior de la cuenca, basta, en teoría, con seguir la máxima pendiente y comprobar

si se llega al río, o a uno de sus afluentes, o hacia otro río. Esto permite determinar si el trazado de la divisoria incluye o no la zona dudosa.

En la práctica, existen pequeñas dificultades: una pequeña equidistancia de las curvas de nivel facilita el trazado, en cambio una gran equidistancia lo hace menos preciso.

Las características glaciológicas presentan cierto interés por que tiene estrecha relación la retención de las nevadas y glaciación con el caudal de los cursos de agua.

El estudio geológico frecuentemente se limita a clasificar los terrenos según su permeabilidad; en efecto, esta característica interviene de forma fundamental en la rapidez de las crecidas y en la importancia de los caudales de estiaje.

Pero este estudio debe ser mucho más complejo en ciertos casos (terrenos cársticos muy permeables fisurados, zonas semiáridas, etc.) para encontrar la circulación de las aguas subterráneas, el origen de las fuentes y localizar las capas freáticas.

Por otra parte, las características térmicas de la cuenca intervienen en los problemas de evaporación, de fundido de las nieves, de déficit de escorrentía, etc. Es importante tener todas las informaciones sobre las temperaturas del aire y las del agua.

La medida de la temperatura del aire se hace con termómetros colocados en casetas de madera a 1.50 metros del suelo, unas veces con termómetros de máxima y mínima, y otras con termómetros registradores.

En fin, es necesario conocer la variación de la temperatura en el tiempo (según los meses, las estaciones, los años excepcionales, etc.

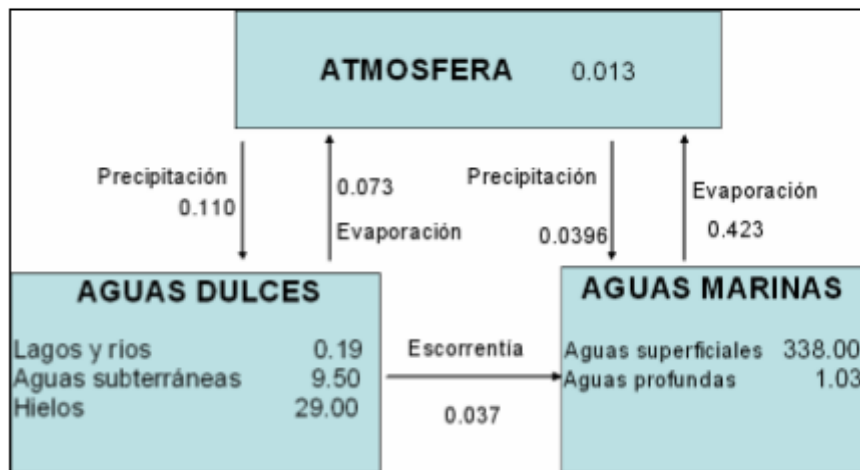
La temperatura del agua se debe medir en fuentes y pozos bastante profundos donde no existan variaciones diurnas y donde las variaciones a lo largo del año sean débiles. También en los lagos en los que será conveniente conocer el ciclo estacional.(Poirre & Ollier, 1986).

## **2.5. Ciclo del agua**

El objetivo principal del estudio de la presente tesis es el agua, sin lugar a dudas es la especie química más importante de todas las conocidas por jugar un papel primordial en el desarrollo de los seres humanos.

El agua no es un elemento químico que se mantiene estático, sino que vive en constante transformación. Cambiando su composición, etc., a través del denominado ciclo del agua. El ciclo global a escala planetaria de cualquier elemento químico comprende dos aspectos: su ubicación en diferentes nichos o compartimentos físicos y el transporte y flujo entre estos. En la ilustración 1, se esquematiza el ciclo del agua, los flujos se miden en millones de m<sup>3</sup> por año y los contenidos de los nichos geológicos se dan en millones de m<sup>3</sup>(Rodriguez Mellado & Marin Galvin, 1999).

A lo largo de estos pasos, el agua experimenta transformaciones en su composición. Así el agua en forma de lluvia disuelve sustancias que se encuentran en la atmósfera, después en la superficie de la tierra sigue disolviendo sustancias. Las aguas subterráneas disuelven más sustancias que las aguas de los ríos o lagos ya que las sales solubles presentes en la litofacies son menores, por su posición en afloramiento las litofacies se encuentran más lavadas. De aquí pasan al mar, que es donde lógicamente se encuentran las aguas superficiales más cargadas de sales.



**Ilustración 1** Ciclo global del agua a escala planetaria en millones de m<sup>3</sup>.

**Fuente:** Google Imágenes

El agua que abastece los ríos es una mezcla de aguas superficiales y subterráneas, dependiendo el predominio de unas u otras de la cantidad de lluvia caída. Por este motivo es producido un aumento de la salinidad en los meses de sequía.

### 2.5.1. Química Elemental del agua

El agua es considerada como el disolvente universal ya que todos los compuestos cristalizados o no se disuelven en mayor o menor medida que el agua, mientras que las sustancias apolares son prácticamente insolubles.

Las variables que afectan a cualquier disolución acuosa son: temperatura, concentración y presión. El conocimiento de los iones frente a su disolución acuosa se estudia mediante el valor de su potencial iónico, que es la relación existente entre su carga y su radio iónico. En este sentido los elementos se pueden dividir en tres grupos:

- ✓ Iones de potencial iónico bajo, que tienen como características un radio grande y una carga pequeña, permanecen disueltos hasta un pH muy alto. Estos son: cesio, rubidio, potasio, sodio, litio, bario, estroncio y calcio, algunos de estos no están hidratados como son el sodio, potasio y otro sí como el calcio y magnesio. Estos últimos son los más presentes en la naturaleza.
- ✓ Iones de potencial iónico medio, tienen carga y radio intermedio. Precipitan por hidrólisis como hidróxidos para valores de pH alcalino. Destacan los siguientes: aluminio, hierro, silicio y el zinc.
- ✓ Iones de potencial iónico alto, estos se caracterizan por tener una carga grande más sin embargo un radio pequeño y son los siguientes: boro, carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, cromo y molibdeno. Estos se disuelven en agua formando aniones complejos con el oxígeno, produciendo soluciones iónicas verdaderas como:  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_3$ , etc.

## **2.5.2. Calidad del Agua Superficial**

La calidad del agua comprende una serie de parámetros de comparación, en la cual una determinada masa de agua debe de cumplir una serie de requisitos físicos, químicos y biológicos, con el fin de darle un uso específico, el cual varía según la actividad (Cortés, 2009); dentro de estas clases se puede encontrar, el abastecimiento de las actividades industriales destinada a la producción de alimentos de consumo humano, agua potable, acuicultura, protección de comunidades acuáticas, navegación, irrigación de especies arbóreas, entre otros (Sánchez, 2007).

Para garantizar que un determinado cuerpo de agua este cumpliendo con lo normado en la legislación nacional o estándares de calidad de una normativa internacional, es necesario realizar un monitoreo continuo de las aguas superficiales, que incluye la elaboración de un plan de acción que incorpora entre otros aspectos el aporte de contaminantes de focos puntuales tanto en zonas bajas, medias, altas y áreas de mezcla; afectación de la época seca y lluviosa, biodiversidad, caudal máximo, mínimo y el promedio, el cual permite conocer la capacidad de disolución que tiene un determinado cuerpo de agua sobre los contaminantes que le son vertidos (Cortés, 2009).

La contaminación antropogénica no es el único factor incidente sobre la condición del agua superficial, ya que existen causas naturales que traen como consecuencias la delimitación de sus usos, esto gracias a aspectos como la geología, geomorfología, microbiología y la flora quien tiene incidencia sobre la calidad del recurso hídrico, principalmente por el aporte de materia orgánica como las hojas que pueden entrar en

contacto con el cloro disuelto en el agua y generar compuestos tóxicos para la salud humana, esto principalmente en terrenos salinos (Vargas, 2004).

## **2.6. Parámetros Físicos del Agua y su Calidad**

Las características físicas del agua son aquellas que nos brindan información sobre las condiciones estéticas del agua, mediante el uso de los cinco sentidos, y son de vital importancia, pues el simple hecho de que la coloración del agua no sea apetitosa puede hacer que no sea consumida, aunque sus propiedades químicas y biológicas demuestren su potabilidad (Alfayate, 2008), por ello es fundamental realizar análisis sobre los componentes de los parámetros físicos.

### **2.6.1. Turbiedad**

La turbiedad de las aguas superficiales se debe principalmente a la acción de la materia inerte como el material producto de la erosión de las rocas, quienes dan un gran aporte a su desarrollo, y esto se aprecia por la presencia de partículas de arcilla, lima, arena, así como su mezcla; que al acumularse genera una serie de sistemas coloidales que no permiten el paso de la luz, reduciendo de esta manera la transparencia del agua (Vargas, 2004); sin embargo la turbiedad no sólo se desarrolla por la acción de agentes externos al cauce ya que la misma se puede generar por la re suspensión del lecho del río debido a la acción de las lluvias, que aumentan la velocidad y el caudal del río (Montoya, *et all*, 2011).



Al igual que la materia inerte los microorganismos también cumplen un papel fundamental en el desarrollo de la turbidez del agua ejemplo de ello es el fitoplancton, el cual es una planta de proporciones microscópicas que al momento de entrar en la etapa de floración puede generar una gran población que es capaz de impedir el ingreso de la luz a estratos inferiores de las capas del líquido, provocando una serie de afectaciones a la salud de los ecosistemas acuáticos; hasta el momento, no se ha relacionado la turbidez con algún problema de salud humana, sin embargo el aspecto físico que este parámetro tiene sobre la percepción de los consumidores es vital pues implica la aceptación o rechazo de este bien eco sistémico (Sánchez, *et all*, 2007).

### **2.6.2. Sólidos Totales y Disueltos**

Las partículas que se encuentran en los cuerpos de agua tienen una variedad de tamaños, formas y composición química, sin embargo, tienen características similares que facilitan su clasificación en determinadas categorías, una de ellas es la de sólidos disueltos, definida por contener aquellos sólidos que pueden filtrarse por poros de 1,2  $\mu\text{m}$  o de diámetro menor, por lo general estos sólidos se encuentran entre el rango de 0,01 $\mu\text{m}$  a 1,0  $\mu\text{m}$  (Metcalf y Eddy, 2014).

Otra categoría de sólidos es la de sólidos totales que incluye tanto a los disueltos como a los suspendidos. Los sólidos totales y los disueltos generan una serie de afectaciones a la salud de los ecosistemas, debido a la formación de turbidez en las aguas naturales, además de que pueden llegar a sedimentarse dañando así el hábitat de algunos organismos bentónicos y fomentar las sobrepoblaciones bacterianas lo que

dificulta el tratamiento de las aguas potables, pues estos sólidos sirven como barrera protectora contra la acción desinfectantes en la cloración del líquido (Mackenzie, 2005).

### **2.6.3. Color**

El color del agua puede verse influenciado por otros parámetros físicos como lo son la turbiedad y los sólidos suspendidos, ya que la presencia de materia orgánica, la descomposición de la misma y algunos metales como el hierro, el manganeso entre otros elementos metálicos tienen influencia sobre la coloración (Vargas, 2004), dentro de los compuestos orgánicos que tienen incidencia sobre este aspecto físico se encuentran principalmente:

- Taninos: Son un grupo de compuestos poli fenólicos de origen natural que se encuentran en ciertos extractos de las plantas, que bajo ciertas reacciones químicas liberan antocianidinas coloreadas (González, 2010).
  
- Lignina: Es un componente de las paredes celulares vegetales que brinda protección a la célula, el cual tiene un carácter cromóforo por lo tanto al momento de oxidarse genera una coloración amarillenta que puede alterar el aspecto físico del agua natural (Requeña. 2008).
  
- Ácidos Húmicos: Son los principales compuestos de la materia orgánica que se encuentra en los suelos y a su vez brinda diversidad de características físico-químicas en el suelo y que al ser depositadas en los cuerpos de agua generan un cambio en la coloración de los mismos (Almendros, 2004).

Además de estas sustancias orgánicas la temperatura, el pH y tiempo de contacto también influyen sobre la coloración. Cabe destacar que existe la coloración aparente del agua, así como el color verdadero, en donde la primera se da cuando el líquido no ha tenido ningún tratamiento, mientras que el segundo término hace referencia al color del agua luego de haberse realizado los procesos de filtración (Vargas, 2004).

#### **2.6.4. Olor y Sabor de las aguas superficiales**

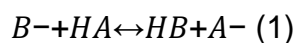
El olor de las aguas superficiales puede presentarse por la acción de diversos factores, los cuales generan impactos en la percepción de los consumidores, debido a la posible presencia de olores desagradables, que implican la reducción en la comercialización del producto (AWWA, 2012), algunas fuentes naturales que generan malos olores en las aguas son las bacterias reductoras de sulfatos, como las bacterias verdes del azufre quienes descomponen el grupo químico sulfato y emite al exterior de la célula hidróxido de azufre el cual produce un olor a huevo podrido (Madigan, 2009).

También se pueden encontrar a las algas azuladas o cianobacterias, las cuales generan geosmina, un compuesto químico que da ese olor tan característico a tierra mojada (Gamazo, 2013); estas emisiones de olores se da principalmente cuando hay una floración excesiva de algas, los cuales se deben tanto a factores naturales como el aumento en la turbidez, retención de las aguas, así como a factores antropogénicos

como la contaminación nitrogenada que estimula la eutrofización de los cuerpos superficiales (De León, 2011).

### **2.6.5. PH**

El pH es una escala logarítmica que mide la presencia de concentración de hidronios en una sustancia (Jenkins, 2009), que sufre reacciones químicas basadas en la siguiente ecuación:



Dónde:

B: Base1

HA: Ácido1

HB: Ácido2

A: Base2

Por lo general el pH de las aguas superficiales, está entre el rango de 6,5 y 8,5 y es gracias a estos valores que se pueden realizar otra serie de reacciones químicas como la reducción-oxidación, además que permite el desarrollo de la vida acuática y sus procesos biológicos (Alfayate, 2008).

Existen diversos factores que modifican la acides del líquido uno de ellos es la composición geológica del cauce del río pues este sustrato es erosionado y con ello se da la liberación de sales, lo que aumenta el carácter básico del recurso (Mackenzie, 2005), caso contrario sucede cuando hay altas concentraciones de dióxido de carbono,

el cual le da un carácter ácido a las aguas (Alfayate, 2208), es por ello que para garantizar la calidad de un cuerpo de agua es necesario controlar variables como el pH, pues es parámetro que regula diversidad de procesos en el agua (Metcalf y Eddy, 2014).

### **2.6.6. Temperatura**

Al igual que el pH la temperatura de las aguas tiene una influencia sobre los procesos biológicos y químicos que suceden dentro de este compuesto, la cual varía según la región del planeta en donde se esté, es por esto que existen una gran variedad de ecosistemas acuáticos (Alfayate, 2008).

### **2.6.7. Características Químicas del Agua**

El agua es una solución /suspensión acuosa en la cual suceden una serie de reacciones químicas de importancia biológica, las cuales entre sus interacciones brindan esas características al agua (Jenkins, 2009).

### **2.6.8. Dureza**

La dureza se da por la presencia de elementos alcalinotérreos en las aguas, principalmente de Calcio y Magnesio, los cuales interactúan con otros compuestos disueltos y dan esta propiedad química al líquido, existen categorías de durezas dentro

de los cuales encontramos las blandas que contienen concentraciones inferiores a 60 mgCaCO<sub>3</sub>/l y las duras cuya concentración es mayor a 200 mgCaCO<sub>3</sub>/l (Harris, 2007). Los principales compuestos promotores de la dureza del agua son los provenientes de las rocas calizas, principalmente Sulfato de Calcio, mineral que es depositado en los cauces de los ríos por la acción erosiva del viento y el agua, además de este tipo de rocas, las rocas Dolomítica liberan compuestos con contenido de Magnesio en los cuerpos de agua aumentando la dureza (Baird, 2004).

Para poder determinar el índice de dureza del agua es necesario realizar una valoración complejo métrica, empleando el reactivo etilendiaminotetracético (EDTA) como compuesto complejante, que interactúa primeramente con el Calcio libre de la muestra y después realiza un desplazamiento del compuesto que posee al alcalinotérreo, seguidamente reacciona con el Magnesio libre y después con el Magnesio presente en los compuestos, este orden se cumple pues el EDTA-Ca es más estable que el EDTA-Mg (Severiche, 2013).

### **2.6.9. Alcalinidad**

La alcalinidad es la propiedad química del agua que le permite neutralizar los compuestos ácidos que se encuentran diluidos en el medio, mediante la interacción con el carbonato y el carbonato ácido por medio de la siguiente fórmula (González, 2011):

### **2.6.10. Cloruros**

El Cloro presente en las aguas naturales, se debe principalmente a la interacción del elemento con sales como el Calcio, Magnesio y Sodio, las cuales provienen de la erosión de las rocas evaporíticas (González, 2011); las concentraciones de cloruros por lo general no son lo suficientemente altas para modificar el sabor y el olor del agua y su rango promedio en aguas superficiales es de entre 1 mgCl/l hasta 100 mgCl/l (Sandí, 2010).

La presencia de este ion en concentraciones promedio brinda una serie de beneficios como lo es la desinfección de microorganismos que pueden ser patógenos para el ser humano (Barrio, 2009), además de mantener la presión osmótica en seres vivos y mantener el balance iónico del agua (Sandí, 2010). No obstante, el exceso de este ion puede generar efectos adversos como la disrupción en la presión osmótica, así como generar quemaduras en las hojas de las plantas que entre en contacto con este elemento (Moreno, 2007). Para garantizar una buena calidad del agua es necesario controlar el Cloro residual libre, pues el tratamiento de este ion es muy costoso (Vargas, 2004).

#### **2.6.11. Nitratos y Nitritos**

La presencia de Nitratos y Nitritos en las aguas superficiales se debe a procesos naturales como lo es el ciclo del Nitrógeno, el cual mediante la precipitación húmeda transporta el Nitrógeno atmosférico hasta los cuerpos de agua en donde sufre una serie de transformaciones biológicas producto de la interacción con bacterias nitrificantes, las cuales generan Nitratos y Nitritos (Cárdenas, 2013).

Sin embargo, no sólo la naturaleza aporta nitrógeno a los cuerpos superficiales, también lo hacen las industrias y principalmente la agroquímica, pues en muchos de los fertilizantes se incorpora este elemento pues es un macro nutriente de las plantas, lo que promueve la eutrofización de las aguas reduciendo la calidad de las mismas y causando la muerte de especies que se puedan encontrar en el sitio (Campbell, 2007).

Naturalmente en las aguas existe una concentración promedio de 1 mg N/l lo cual no genera ninguna afectación a la calidad de las aguas ni a la salud pública ni ambiental (Vargas, 2004), sin embargo cuando hay concentraciones iguales o mayores a 10 mg NO<sub>3</sub>-N/l (Metcalf y Eddy, 2014) puede haber daños principalmente por el desarrollo de la metahemoglobina en seres humano, la cual si sobrepasa el 20% del total de la hemoglobina corporal puede ocasionar síntomas toxicológicos en el consumidor (Albert, 2012).

#### **2.6.12. Sulfatos**

Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias como la lutita, y por las interacciones bioquímica de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos; para garantizar que el sulfato no vaya ocasionar cambios en la calidad del agua es pertinente que las concentraciones no sobrepasen el rango comprendido entre 10 mg SO<sub>4</sub>/l y 80 mg SO<sub>4</sub>/l (Weiner, 2013).



La remoción de Sulfatos de las aguas naturales es un tratamiento muy costoso, por ello es recomendable no utilizar aquellos cuerpos de agua que contengan concentraciones mayores a 500 mgSO<sub>4</sub>/l pues luego de este umbral el agua empieza a generarse corrosión y se produce un efecto laxante en los consumidores (Weiner, 2013).

### **2.6.13. Plomo**

El plomo es un elemento que se le puede encontrar en una variedad de medios ya sea en el aire, suelo, plantas, animales y el agua, sin embargo es el suelo quien contiene la mayor cantidad de este metal, el cual es liberado a los cuerpos de agua mediante la acción erosiva que sufre el manto y las rocas contenedoras; la capacidad de dispersión que tiene el recurso hídrico sobre este metal hace que las concentraciones promedio rondan de los 0,001 µgPb/ml hasta los 0,01 µgPb/ml, valores que están muy por debajo de la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud, la cual equivale a 0,1 µgPb/ml (Albert, 2012).

Los problemas asociados al plomo en cuanto a la calidad de agua de consumo humano están relacionados fundamentalmente con el tiempo de retención y el medio de distribución del líquido, en esencia aquellas tuberías que están elaboradas con plomo (López, 2013), las cuales liberan partículas que pueden elevar las concentraciones hasta los 10.000 µgPb/ml (Vargas, 2004). Para poder reducir la presencia de este metal es recomendable colocar filtros de carbono activado en los

sistemas de depuración, ya que estos absorben el plomo y su implementación es de bajo costo (Upadhyayula, 2009).

#### **2.6.14. Cobre**

La presencia de Cobre en las aguas es un buen indicador, ya que este elemento unido al cloro, permiten la desinfección de las aguas, pues tiene la capacidad de ingresar por las paredes celulares e inhibir el funcionamiento de los microorganismos (Rajagopal, 2012), la concentración deseable de Cobre en las aguas naturales es de  $31,85 \mu\text{molCu/l}$ , no obstante la Organización Mundial de la Salud permite concentraciones de hasta  $828,03 \mu\text{molCu/l}$ , sin que estas lleguen a afectar la salud humana (Arakeri, 2013), al igual que el plomo la afectación a la calidad de agua de consumo humano, se debe a que las tuberías de plomo también contienen trazas de Cobre el cual es liberado al agua y con ello puede ocasionar afectaciones a la salud (Vargas, 2004).

#### **2.6.15. Hierro**

El comportamiento químico del hierro en las aguas naturales es originado principalmente por la reacción oxidación-reducción que se da por medio de la interacción con compuestos orgánicos e inorgánicos del medio; así también es gracias a este tipo de reacciones que se reduce el contenido de este elemento en las aguas naturales (Jenkins, 2009). Es la especie  $\text{Fe}^{+2}$ , el ion que se encuentra mayoritariamente dentro de los cauces y su concentración promedio es de  $700 \mu\text{gFe/l}$ ,

sin embargo, una acumulación excesiva de este metal puede llegar a ocasionar cambios en la coloración y sabor del agua, haciendo que no sea gusto del consumidor (Postawa, 2013).

Para lograr una remoción del Hierro de las aguas que van a ser consumidas, simplemente se deben seguir el mismo tratamiento de eliminación de la turbiedad, logrando así reducciones en las concentraciones de 0,3 mgFe/l hasta 10 mgFe/l (Vargas, 2004).

#### **2.6.16. Manganeseo**

El Manganeseo es un elemento que está asociado a la presencia del Hierro, y de igual forma el Manganeseo es un componente de los suelos el cual al ser erosionado por las aguas es incorporado a esta y sufre una serie de reacciones en las cuales se libera la especie  $Mn^{+2}$ , ion que puede reducirse hasta formar otros óxidos menos solubles; la concentración de este elemento ronda los 200  $\mu gMn/l$  y su límite máximo permisible es de 0,5 mg/l para consumo humano (Postawa, 2013).

Las enfermedades relacionadas a su toxicidad por una exposición son muy difíciles de encontrar, ya que este elemento no es tan nocivo para la salud humana como el de otros elementos, no obstante, la sobredosis puede ocasionar “La Locura por Manganeseo”, la cual se caracteriza por un deterioro del lóbulo frontal (desbalance y

conducta compulsiva) además de la presencia de síntomas de la enfermedad de Parkinson (Sabbagh, 2009).

#### **2.6.17. Amonio**

La presencia de amonio en las aguas naturales se debe principalmente a la descomposición de los restos de tejidos de plantas o de animales, a las excretas que son depositadas en los cauces de los ríos, no obstante, son las bacterias nitrificantes las encargadas de producir amonio a partir del Nitrógeno presente en estos desechos, el cual se diluye y dispersa (Cech, 2009), la concentración promedio de este compuesto en las aguas superficiales es de 0,11 mgNH<sub>3</sub>/l (Stanley, 2004).

Diversos estudios demuestran que el amonio no ocasiona alguna toxicidad severa en la salud humana, sin embargo, este compuesto puede entrar en contacto con el Cloro produciendo una especie química que es tóxica para el ser humano (Johnson, 2009).

#### **2.6.18. Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto es fundamental para que puede existir vida en las aguas superficiales, pues de este depende las plantas, las especies animales y microorganismos que en ella habitan, este compuesto químico es transferido de la atmósfera a las aguas por lo que las concentraciones pueden variar en el tiempo (Bell, 2011), la concentración de oxígeno en las aguas no puede ser menor a 5 mgO<sub>2</sub>/l pues

por debajo de este valor la biota del ecosistema pueden presentar problemas reproductivos y de crecimiento (Hocking, 2006).

## **2.7. Características Biológicas del Agua**

El agua es un medio muy apreciado por los microorganismos para desarrollar su vida, ya sea porque le permite realizar procesos metabólicos, reproductivos, así como también es el área donde depositan las excretas, además de servir como medio de transporte, dentro de algunos grupos podemos encontrar las algas, las cianobacterias, bacterias y virus, es por esto que el uso de cuerpos de agua superficiales implica una serie de riesgos a la salud humana (Madigan, 2009). Algunos de estos organismos que habitan las aguas superficiales son:

### **2.7.1. Escherichia coli**

Esta familia Entero bacteriácea está compuesta por aproximadamente 120 especies, las cuales son anaerobias facultativa y pueden llegar a ocasionar problemas de salud en animales vertebrados e invertebrados, dentro de esta familia se encuentra la especie *Escherichia Coli*, la cual es la más común en las poblaciones microbianas del intestino, estos microorganismos son fundamentales para poder realizar la digestión, además de que son las productoras de las vitaminas B y K, sin embargo hay unos patotipos de esta bacteria quienes son responsables de ocasionar diarreas agudas en las personas (Eslava, 2011).

Este tipo de microorganismo es un indicador específico que evidencia la presencia de contaminación patógena en los cuerpos de agua, las pruebas que se realizan a la *E. coli* están basadas en el crecimiento de los organismos que se encuentran en las muestras tomadas de los diversos cuerpos de agua, el procedimiento empleado comúnmente es el de *número más probable* (Madigan, 2009).

### **2.7.2. Coliformes Fecales**

Este grupo indicador de microorganismos está compuesto por bacilos anaerobios facultativos, gramnegativos no generadores de endosporas, así como por el grupo Enterobacter que incluye a la *Escherichia Coli* y la *Klebsiella Pneumoniae*, el cual es un patógeno no muy habitual dentro del intestino, al igual que la *Escherichia Coli*, el procedimiento de determinación se basa principalmente en el *número más probable*, sin embargo con el desarrollo de la tecnología, se han venido desarrollando nuevas técnicas más rápidas y exactas como lo es el empleo del agar EMB en donde se mide la capacidad de las coliformes para digerir sustancias (Madigan, 2009).

Para el caso de Coliformes fecales y la calidad del agua es indispensable no encontrar números de bacterias, pues esto indica que hay algún tipo de contaminación, sin embargo, en caso de que se llegase a determinar la presencia de estos microorganismos, este valor no puede sobrepasar 1 MPN/100 ml como una media aritmética de las muestras analizadas para un periodo equivalente a 30 días (Madigan, 2009).

### **2.7.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno**

La demanda bioquímica de oxígeno, es aquel consumo alimenticio indispensable que deben tener los microorganismos para poder cumplir con sus funciones vitales, por lo menos para aquellos seres aerobios; esta demanda expresa por lo tanto la concentración de materia orgánica degradable, cuya descomposición es dependiente de los componentes de los residuos, siendo los azúcares simples los que se metabolizan con mayor rapidez, seguido por la celulosa y otros compuestos naturales, sin embargo cuando es necesario degradar los compuestos químicos producto de los procesos industriales, el tiempo de degradación aumenta principalmente por la complejidad, estabilidad y toxicidad de estos residuos (Mackenzie, 2005).

La DBO se mide por medio de bioensayos, en donde la muestra se deja reposar por un periodo de cinco días en donde cada día se realiza una medición del oxígeno disuelto (Vargas, 2004).

### **2.8. Bioindicadores de la calidad del agua**

Existe una gran variedad de macro invertebrados acuáticos, que tienen variedad de rangos de susceptibilidad frente al cambio de la composición físico-química de las aguas y sirven como indicadores de la calidad de las mismas, dentro de este gran grupo podemos encontrar entre otros a los Neuston, que se caracterizan por vivir en la superficie de las aguas caminando gracias a una cera que tienen en las puntas de las

patas que no les permite sumergirse, dentro de este grupo podemos encontrar a la familia Gerridae, Hidrometridae y Mesoveliidae (Dias, 2009).

También se encuentran los Necton, que son aquellos organismos que nadan libremente y en donde se pueden encontrar familias como: Coixidae, Notonectidae, Dytiscidae, entre otros (Bortone, 2005), además de este grupo también se encuentran los Bentos que son todos aquellos organismos que habitan en los fondos de los ríos y generalmente se encuentran adheridos a diversos sustratos como rocas, vegetación, troncos, entre otros, en esta categoría se puede encontrar la familia Euthyplociidae, Blephariceridae, así también algunos ordenes como Plecóptera y Trichoptera (Gordon, 2013).

Para poder evaluar la calidad de las aguas es necesario recurrir a métodos en los cuales se determine la condición por medio de índices cualitativos o cuantitativos, es por esto que La Biological Monitoring Working Party (BMWP) desarrollo una técnica cualitativa en donde la presencia o ausencia de determinadas familia de macro invertebrados modifica un puntaje, el cual categoriza la calidad (Sánchez, 2005), ya sean aguas de clase excelente con un puntaje mayor a 120, regular para aquellos valores comprendidos entre 61 y 100 puntos, hasta llegar a las aguas muy malas que tiene valores inferiores a 15 puntos. Es importante mencionar que esta metodología se puede adaptar a las condiciones de cada país o a cada región de un país (Wright, 2010).



## 2.9. Normativa Nacional Referente a la Calidad del Agua

Costa Rica cuenta con el reglamento para la calidad del agua potable, así como un reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales, los cuales se crean considerando la necesidad de garantizar agua de calidad a la población civil, así como su protección pues son ecosistemas complejos en donde una variedad de especies interactúan para mantener el equilibrio natural que permite al ser humano obtener beneficios de este recurso natural (Aguilar, 2009).

Los objetivos del Reglamento para la evaluación y clasificación de los cuerpos de agua superficiales son claros en cuanto normar la metodología y criterios que se deben de seguir para poder evaluar un cuerpo de agua, para ello es necesario realizar análisis de parámetros físico-químicos como el porcentaje de saturación de oxígeno, Nitrógeno Amoniacal, entre otros, además se deben realizar análisis complementarios según la clase de uso potencial que puede tener un cuerpo de agua.

También se deben realizar un monitoreo biológico, en donde se realiza un muestreo de organismos bentónicos bajo la metodología oficial del país (RECCAS, 2007).

En cuanto al reglamento para la calidad del agua potable, su objetivo es establecer los valores máximos para todos aquellos componentes que se encuentren en las aguas y pueden ser un riesgo para la salud humana, el alcance de dicha normativa son los sistemas de abastecimiento de agua para la población del país (RCAP, 2005), los parámetros físico-químicos y biológicos de este reglamento difieren del reglamento de

clasificación de cuerpos de agua en el sentido del consumidor final ya que el segundo puede emplearse para diversas actividades como lo es la irrigación, uso industrial, agropecuario, mientras que el primero es enfocada al suministro a las comunidades humanas (Aguilar, 2009).

### **2.9.1. Monitoreo de la calidad de las aguas superficiales: Características**

El programa de monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua superficiales consta de varios puntos de monitoreo, los cuales se distribuyen en diferentes puntos estratégicos de las cuencas.

Los sitios de muestreo deben ser seleccionados con el fin de incluir los lugares antes y después de los principales asentamientos humanos, y de acuerdo a importantes cambios en los patrones de uso de suelo y pendientes dentro de cada cuerpo de agua superficial.

Durante cada campaña de muestreo se colectan muestras de agua compuestas, las cuales son generadas al mezclar, en forma proporcional al caudal registrado en el cuerpo de agua, muestras simples tomadas a lo largo de un período de 6 horas. Las muestras se recolectan usando botellas de polietileno de alta densidad y se conservan a 4°C en hieleras para ser transportadas al laboratorio. Las muestras se toman a 0,5-1 m de distancia de la orilla del río y a una profundidad promedio de 20 cm.

## **2.9.2. Tipos de contaminación que pueden provocar una alteración a la calidad de las aguas superficiales**

### Contaminación natural

- Arrastre de material particulado (partículas en suspensión)
- Arrastre de materia disuelto
- Presencia de materia orgánica natural

### Contaminación de origen antrópico

- Descarga de aguas residuales domésticas
- Escorrentía agrícola
- Efluentes de procesos industriales

Las características del agua (organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas) que son afectadas en las aguas superficiales, por los factores antes mencionados, inciden directamente en el riesgo sanitario presente en el agua, el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria (Alvares *et. al.* 2008).

La calidad del agua es tema muy considerado en algunas poblaciones ya que, en muchas partes del mundo, está lejos de ser la adecuada para consumo humano. De acuerdo con el informe Año Internacional del Saneamiento, publicado en 2008,

alrededor de una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a agua libre de contaminantes.

## **2.10. Marco legal e institucional**

### **2.10.1. Marco legal**

La vigente ley del agua n.º 5852, aprobada en 1962 y modificada por las leyes 281, 238 y 431, estableció los aspectos principales del marco legal para el manejo de los recursos hídricos en la República Dominicana, incluidos los siguientes: 1) el agua como dominio público (lo que significa que la propiedad del agua reside con los pequeños propietarios o es pública), 2) el sistema de concesiones para el uso del agua, 3) establecimiento de prioridades del uso municipal del agua, 4) prohibición de contaminación del agua, y 4) participación de los usuarios en el manejo de los recursos hídricos. La ley del agua relaciona los derechos del agua con la propiedad privada o los proveedores de servicio público e impone la limitación a los derechos de propiedad privada del agua de que ésta se origine en la superficie del propietario en forma de manantiales o agua de lluvia.

Además, la ley Nª 6 de 1965 creó el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), la autoridad nacional del agua, asignándole funciones en tres niveles: 1) desarrollo y planificación de políticas a nivel constitucional (normativa); 2) administración de derechos sobre el agua, aplicación de las regulaciones y servicios hidrológicos a nivel organizativo; y 3) el uso del agua para el sistema de riego a nivel operativo.

### **2.10.2. Marco institucional**

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos dominicano (INDRHI), bajo el Ministerio de Medio Ambiente, es responsable del manejo de los recursos hídricos y recursos relacionados, así como del diseño, la implementación, la supervisión y la evaluación de programas, proyectos y actividades destinados a controlar y regular el uso de aguas superficiales y subterráneas. El INDRHI colabora con otras instituciones sectoriales como: 1) la Secretaría de Estado de Agricultura y el Instituto Superior de Agricultura dominicano, 2) el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), con un centro de servicios públicos que funciona en pequeños pueblos y zonas rurales y varios centros de servicios públicos regionales de aguas potables y alcantarillados en las ciudades de Santo Domingo, Santiago, Moca, Puerto Plata y Romana, 3) el Ministerio de Salud Pública y 4) la Corporación Dominicana de Electricidad. (Aquastats (2000). Food and Agriculture Organization. «Dominican Republic: pp. p. 1).

### **2.10.3. Estrategia del gobierno**

El Gobierno de la República Dominicana está en proceso de diseño de un nuevo marco legal e institucional para el manejo de los recursos hídricos. En concreto, el gobierno está elaborando el borrador de una nueva ley general de aguas y una ley de abastecimiento de agua y saneamiento después de varios intentos anteriores. El

desarrollo del marco legal e institucional para el manejo integrado de los recursos hídricos dependerá enormemente de estas leyes.

#### **2.10.4. Acuerdos internacionales**

La República Dominicana y Haití firmaron el Tratado de Paz, Amistad y Comercio el 20 de febrero de 1929, que incluía un acuerdo sobre la definición de las fronteras y la distribución de agua de varios ríos como el río Artibonito, el Pedernales y el Masacre. Ambas partes aceptaron no construir ninguna obra que cambiara el curso o el flujo de ningún río compartido.

La cuenca se maneja a través del 'Service des Ressources en Eau' (SNRE) en Haití y el 'Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos' (INDRHI) en la República Dominicana. Ambas entidades cuentan con recursos humanos competentes, aunque los medios financieros son escasos, especialmente en Haití. Las disputas por las cuencas han surgido principalmente por motivos económicos, sociales y políticos complejos, más que por la falta de apoyo o coordinación de ambas áreas técnicas. (UNESCO. (2004). Haití, República Dominicana. Possibilities for dialogue: Integrated water management», (PDF). [UNESCO](#). pp. pp. 4, 7. Archivado desde [el original](#) el 6 de junio de 2011. Consultado el 8 de octubre de 2008.)

## **2.11. Aspectos financieros**

### **2.11.1. Cánones de agua**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los cánones de agua son demasiado bajos para cumplir los requisitos de mantenimiento y operación de la infraestructura hidráulica. Por ejemplo, la recuperación de costos por el agua y el saneamiento es mínima. Las tarifas medias son moderadas a 0,21 US\$ por metro cúbico por agua y a 0,07 US\$ por metro cúbico por saneamiento. Además, las tasas de cobro por abastecimiento de agua y saneamiento son extremadamente bajas, a sólo un 28%.

Urania Abreu 2005, diapositiva 22. Puede que estas tasas bajas no tengan en cuenta las mejoras en la eficiencia de cobro como resultado de los contratos de servicio de Santo Domingo.

Según una estimación de la OMS de 1998, los hogares sólo pagaron de media 0,50 US\$ al mes por el agua y 0,09 US\$ al mes por el saneamiento como resultado de que las tarifas fueran moderadas y las tasas de cobro muy bajas. Fuente WHO 2000 water bill sewer bill.

Como es lógico, las compañías regionales de agua y saneamiento y el INAPA (la autoridad nacional en materia de aguas y saneamiento) dependen en gran medida de las transferencias del presupuesto central para financiar sus operaciones. Los esquemas existentes carecen de transparencia y eficiencia en el uso de los subsidios.

La situación es similar para los servicios de riego, en los que las tasas anuales varían de 4,75 US\$/ha en algunas regiones a 24 US\$/ha en otras. Los costos del agua

por agricultor sólo representan del 0,21% al 0,58 % del costo de producción total. Los gastos operativos y de mantenimiento en los distritos de riego del INDRHI para 1997 fueron de 6,24 millones US\$ (media de 35 US\$ /ha.) mientras que las ganancias (ingresos por los cánones de agua) fueron solamente del 13,8% de este valor.(FAO, 2008).

### **2.11.2. Inversión**

Según la FAO, la inversión gubernamental anual en recursos hídricos e infraestructura de riego es de alrededor de 100 millones US\$. El presupuesto del INDRHI en 2001 fue de 930 millones RD\$ (unos 26 millones US\$) y se destinó principalmente a obras de riego, a pesar de las responsabilidades del INDRHI respecto de otras responsabilidades de manejo como la calidad del agua y el manejo del agua subterránea.(Werbbrouck, 2004)

## **2.12. Problemas medioambientales**

### **2.12.1. Riesgos relacionados con el agua**

La degradación de las cuencas superiores, principalmente por la erosión del suelo, tiene importantes efectos río abajo. Se ha estimado que los índices de erosión son cuatro veces los de 1980. La sedimentación en toda la República Dominicana, ha reducido la capacidad de almacenamiento entre el 10 y el 25 por ciento, con importantes efectos económicos para la industria hidroeléctrica (suponiendo que la



pérdida de generación hidroeléctrica fuera de un 20 por ciento, el costo de enlodadura de la represa solamente en generación hidroeléctrica perdida superaría los 10 millones US\$ al año). Además, la degradación de las cuencas incrementa los costos de mantenimiento de otros sistemas hidráulicos, como los canales de riego y la infraestructura de abastecimiento de agua, y afecta a la calidad del agua costera. La alta turbidez de los sedimentos terrestres impide la formación de arrecifes en la mayor parte de la costa dominicana.(Werbbrouck, 2004)

La República Dominicana está expuesta a una serie de riesgos naturales, como huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, terremotos e incendios. La fuerza destructiva de estos fenómenos puede ser enorme: en 1998, el Huracán Georges provocó pérdidas económicas estimadas en 2.193 millones US\$ (14 por ciento de la RNB) y 235 muertes. En concreto, los choques climáticos han causado un drástico aumento en la incidencia de grandes eventos meteorológicos durante los últimos cuarenta años, con 491 grandes eventos meteorológicos registrados durante la última década, en comparación con los 126 entre 1960 y 1969. Las inundaciones se han convertido en el desastre registrado más habitual durante los años 90, sustituyendo a los incendios por primera vez en casi cincuenta años. Resulta alarmante que las inundaciones estén provocadas en su mayor parte por eventos meteorológicos no extremos. De los 464 grandes eventos de inundaciones registrados entre 1966 y 2000, sólo 33 fueron causados por huracanes o tormentas tropicales, mientras que la aplastante mayoría de inundaciones tuvo su origen en las precipitaciones durante la temporada de lluvias.(Werbbrouck, 2004)

### **2.13. Posibles impactos del cambio climático**

Se espera que el cambio climático mundial ocasionará choques climáticos permanentes en la región del Caribe, incluidos la elevación del nivel del mar, el incremento de temperaturas superficiales atmosféricas y del mar, eventos meteorológicos extremos (como los huracanes y las tormentas tropicales) y la incidencia de sucesos como el de "El con mayor frecuencia y gravedad. La degradación medioambiental acelerada por el crecimiento demográfico, la deforestación y la falta de medidas de mitigación intensificarán el impacto de los desastres en el futuro.(Werbrouck, 2004)

En cuanto al impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, y según el primer comunicado de la República Dominicana, se prevé una gran reducción de la distribución espacial de las precipitaciones y la escorrentía total para el año 2100, lo cual demuestra un cambio estructural que acelera el cambio de las zonas más húmedas a las más secas y la expansión de las zonas del país consideradas históricamente como las más secas. (Secretaría de Estado de Medioambiente y Recursos Naturales (2004). «Primera Comunicación Nacional» UNDP. pp. p. 44.)

### **2.14. Índices de calidad del agua**

La evaluación la calidad del agua que se utilizara en diversas actividades, permite tomar acciones de mitigación y control para suministrar agua segura al lugar que se desee, al mismo tiempo garantizando su calidad. Para llevar a cabo estas

evaluaciones existe índices de calidad de agua (ICA); estos, son una herramienta que permite la evaluación del agua que se utilizara en diversas actividades o procesos.

Los ICA son una combinación de parámetros establecidos que al final representan la calidad del agua. La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles (Torres *et. al.* 2009).

Torres, Cruz y Patiño (2009) mencionan que en términos simples un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las medidas de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua.

Existe una diversidad de ICA, se tiene conocimiento que desde 1848, en Alemania, ya se hacía un intento por conocer la contaminación del agua por agentes biológicos. Desde hace más de un siglo en los países europeos se han ido desarrollando ICA para asignarle un nivel gradual en una escala numérica a la calidad del agua.

Los ICA más recientes, cuyo objetivo fundamental es la evaluación de la calidad del agua para consumo humano previo tratamiento, incluyen dentro de su estructura parámetros fisicoquímicos y microbiológicos directamente relacionados con el nivel de riesgo sanitario presente en el agua (Torres *et. al.* 2009).

Al momento de realizar un estudio de la calidad del agua superficial de una región se debe estudiar bien que ICA se utilizara de acuerdo a las características que tenga la fuente hídrica que se estudiara.

Para medir la calidad del agua en los ríos, en Latinoamérica se utiliza una adaptación de ICA-NSF e ICA-Dinius, que fueron desarrollados en Estados Unidos, en la tabla 1 se muestran los diferentes ICA que existen y que fueron desarrollados y son utilizados en varios países de Latinoamérica y Europa.

### **2.15. Percepciones ambientales de la calidad de agua superficial**

El Ambiente es un gran indicador de la calidad del agua superficial, que por medio del conocimiento del ecosistema del lugar se pueden obtener datos de tiempo anterior de la calidad del agua, debido a que los organismos que en él viven necesitaron tiempo para desarrollarse y por lo tanto revelan factores que no se presentan en el momento que se tome una muestra para laboratorio y hacer un análisis físico-químico, y como también cita Hechavarría *et. al.* A González del Tango (1978), los organismos biológicos también predicen la evolución de la comunidad en el tiempo y espacio.

Otro factor importante es que el medio ambiente presenta distintas respuestas ante los contaminantes, que, en presencia de estos, el ecosistema está sometido a estrés, por lo que al observar el ecosistema en donde se encuentran las aguas superficiales se puede obtener de una forma rápida y sencilla, información sobre el

estado de la calidad del agua, especialmente del tipo de contaminación, debido a que las condiciones biológicas son una percepción fiel de las condiciones fisicoquímicas.

Para determinar muchas veces la calidad del agua, se determinan que especies son las que proliferan ya sea en las orillas de las masas de agua o en ellas, ya que algunas especies saprotolerantes, es decir, que toleran la contaminación y sobreviven en condiciones extremas, están presente en estas masas de agua, se puede mencionar algunas especies tales como *Navícula cuspidata*, *Nitzschia palea* y *Cyclotella meneghiniana*. Cuando se detectan especies que son propias de los acuarios, se puede decir que está libre de contaminantes o con presenta una contaminación mínima, no obstante, también existen plantas que son indicadoras de una contaminación media como son las euglenofíceas, como las especies *Euglena texta* y *E. tripteris*, a este tipo de plantas se les conoce como meso saprobias.

## **2.16. Evaluación económica de distribución de agua superficial**

El agua superficial tiene una gran cantidad de usos, de los cuales se puede mencionar, el uso agrícola, doméstico e industrial, para cada una de estas actividades es necesario administrar, por parte de las autoridades, el uso de este recurso ya que dependiendo hacia donde se dirija, se tendrá un uso eficiente del mismo.

Para cada actividad al que se destine este recurso tendrá un impacto económico en cada una de ellas, por ejemplo en el caso de la agricultura, se necesitan grandes cantidades de agua para el riego de los cultivos, sin este recurso, la producción

disminuye y al final de la etapa productiva, se verá afectada por los bajos rendimientos y esto repercute en las ganancias netas de las empresas agrícolas, además, este debe tener ciertas características para poder ser apto para riego ya que no puede estar contaminado con ciertos microorganismos al igual que como para usos específicos de ciertos cultivos debe tener características fisicoquímicas específicas como pH, conductividad eléctrica, salinidad, entre otras; todo esto conlleva a que el agua debe ser tratada para poder ser distribuida entre las distintas actividades requeridas, y esto implica un costo para las autoridades encargadas de este recurso, ya que el agua cuando se obtiene de una fuente superficial debe ser analizada y luego pasar a la planta de tratamiento para que pueda tener características homogéneas que puedan ser aptas para el consumo humano como para uso agrícola o industrial.

El sistema de distribución tiene un costo, este va en aumento dependiendo hacia donde se dirija, para algunas actividades agrícolas que tienen un riego por gravedad, este no implica un alto costo para la empresa pero no se tiene un uso eficiente del recurso por lo que para las autoridades el costo si aumenta ya que la comunidad se queda sin agua rápidamente y se debe tratar una mayor cantidad de agua para satisfacer otras demandas como la domestica, pero hay empresas que, al contrario poseen un sistema moderno para riego y el cual tiene un costo más elevado para la empresa pero para las autoridades de la comunidad puede disminuir (en algunos casos), las empresas al igual que las actividades agrícolas, muchas veces requieren de grandes cantidades de agua, dependiendo a que se dediquen, otras no requieren de grandes volúmenes pero si requieren que el agua que se le suministre sea potable, al

igual que en los hogares de las comunidades, el agua debe ser potable para el consumo.

Para algunos países de Latinoamérica este tema no se toma con mucha importancia porque se tiene muchas fuentes de agua, muchas empresas que son dueñas de este recurso y otras que, si deben pagar por el mismo, pero como se tienen muchas fuentes de agua, el costo es bajo, en comparación con otros países que tienen una deficiencia en fuentes de agua, el costo del agua en esos países es más elevado y restringido, por lo que el pago por el agua es alto.

## **2.17. Normas de aguas superficiales de la República Dominicana**

El ministerio de medio ambiente y recursos naturales rige los estándares de calidad de las aguas superficiales mediante la norma ambiental de calidad de aguas superficiales y costeras creada en el 2012 por esta entidad. La cual posee varios tipos de niveles para diferenciar los estándares.

### **2.17.1. Clase A**

Aguas destinadas al abastecimiento público de agua potable sin necesidad de tratamiento previo, excepto simple desinfección. Aguas destinadas para el riego de vegetales de consumo crudo, para uso de recreo con contacto directo. (ej, natación).  
Aguas destinadas a la preservación de la fauna y la flora.

### **2.17.2. Clase B**

Aguas destinadas al abastecimiento público de agua potabilizable con tratamiento. Aguas aprovechables para regadío de cultivos, deportes acuáticos sin contacto directo, y usos industriales, ganaderos y pecuarios.

### **2.17.3. Clase C**

Aguas utilizadas para navegación, enfriamiento, y otros usos que no impliquen contacto directo.

### **2.17.4. Clase D**

Aguas superficiales a preservar en condiciones naturales, por su excepcional calidad o gran valor ecológico, tales como corales en áreas de arrecifes coralinos. Los usos de estas áreas incluyen demostraciones e investigaciones científicas, actividades estéticas, paisajísticas y relacionadas con el manejo y conservación que no alteren el ambiente. Para lo cual, las descargas efectuadas (aguas arriba en el caso de los ríos) no deben afectar las condiciones de dicho ecosistema.

*“Esta investigación corresponde a la clase B ya que estas aguas están destinadas al abastecimiento público de agua potabilizable con tratamiento. Aguas aprovechables*



*para regadío de cultivos, deportes acuáticos sin contacto directo, y usos industriales, ganaderos y pecuarios. ”*

## **2.18. Marco conceptual**

**Calidad:** Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.

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

**Caudal:** Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

**Agua Superficial:** Es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

**Cuenca:** Se entiende por cuenca a aquella depresión o forma geográfica que hace que el territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar.

**Cuenca hidrográfica:** son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos

casos, la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera será una laguna o lago.

## 2.19. Marco Contextual

### 2.19.1. Sobre la cuenca del río Ozama

### 2.19.2. Ubicación

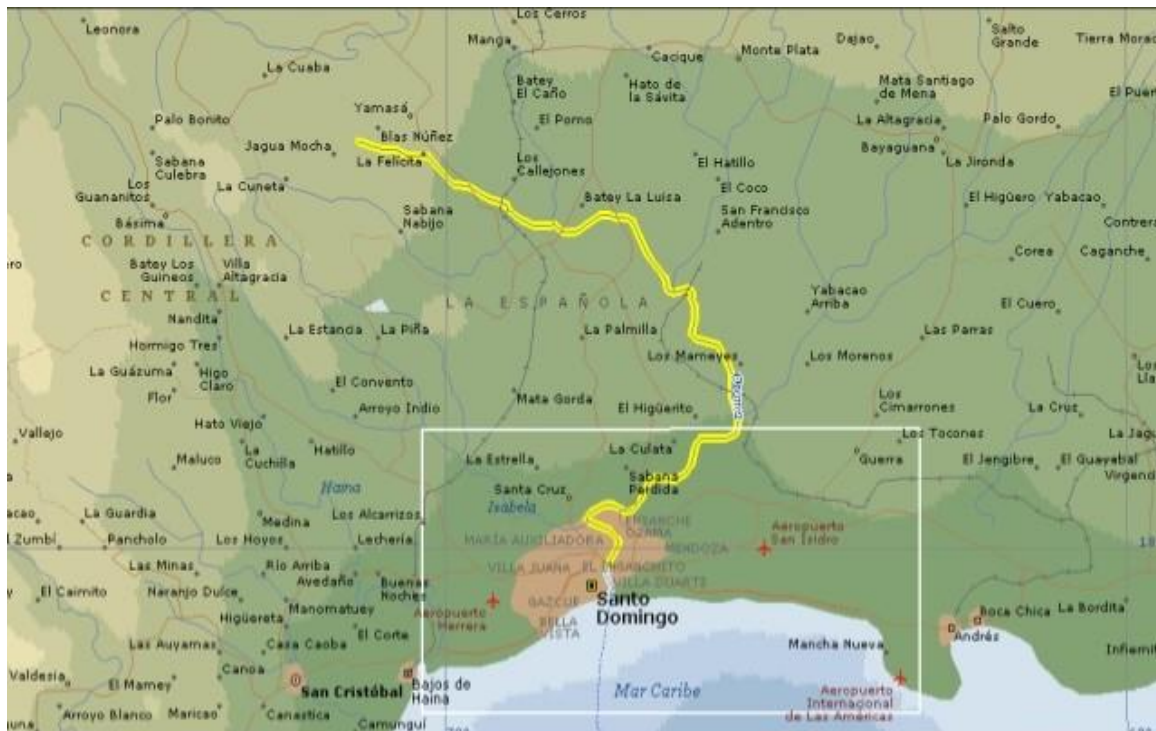


Ilustración 2 Ubicación del río Ozama.

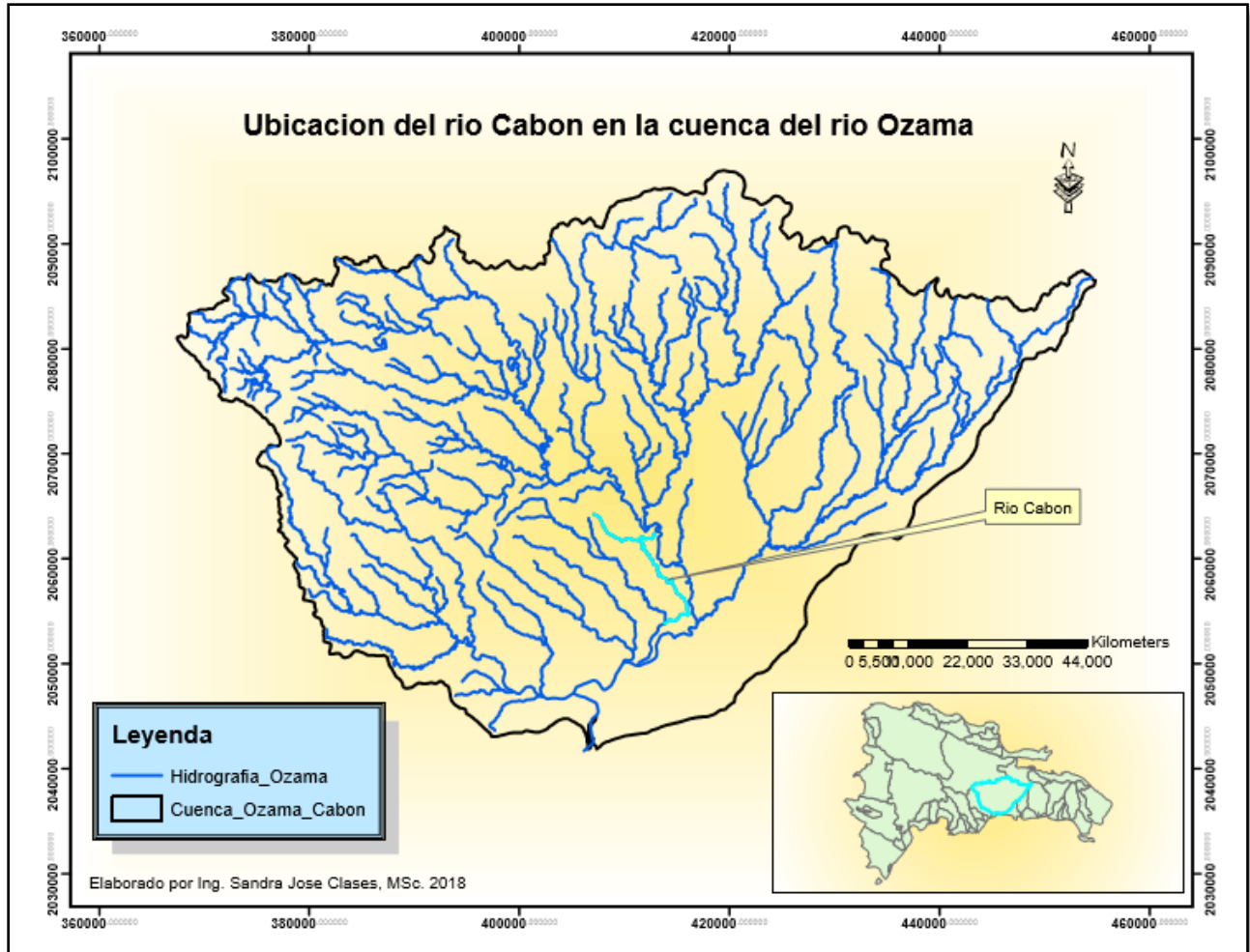
Fuente: Google Imágenes

Según una publicación realizada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su página oficial, describe que la cuenca del río Ozama tiene una superficie de 2,847.15 km<sup>2</sup> ubicada geográficamente dentro de las coordenadas

18°58'30.393"N y 18°23'40.846"N latitud norte y 70°16'5.369"W y 69°24'27.891"W longitud oeste. Esta abarca gran parte de la provincia Monte Plata que incluye áreas de los municipios de: Yamasá, Bayaguana, Sabana Grande de Boyá, Peralvillo y del municipio de Monte Plata cabecera de la provincia. De la provincia Santo Domingo ocupa superficie de los municipios Santo Domingo Norte, Santo Domingo Este, San Antonio de Guerra, Pedro Brand, Los Alcarrizos y el Distrito Nacional, la mayor parte de estos corresponde a la parte baja de la cuenca. Además, ocupa una pequeña porción del municipio de Villa Altagracia, provincia San Cristóbal.

Tiene como colindante al Norte las cuencas de los ríos Yuna y Barracote, al oeste la cuenca del río Haina, al este la cuenca de los ríos Higamo, Brujuelas y la cuenca costera de Cabo Caucedo.

La subcuenca del río Cabón es tributaria de la subcuenca del río Tosa. Está ubicado en la margen derecha del río Ozama, ver ilustración 3. El río Cabón tiene una longitud de 15.9 km, el cual se pierde en la laguna Manatí antes de entrar al Tosa.



**Ilustración 3** Ubicación del río Cabón

**Fuente:** Ing. Sandra Jose Clases, 2018.

### 2.19.3. Hidrografía

En relación a los afluentes principales del río Ozama, están agrupados dentro de las sub cuencas de los ríos Isabela, Yabacao y Savita.

El río Isabela, nace al noreste del municipio de Villa Altagracia en la loma El Pílon que tiene altura de 700 msnm., los principales afluentes del río Isabela son los arroyo: Piedra Gorda, La Lajas, Lebrón, Arenosos y el río Matúa.

El río Yabacao presenta un territorio de relieve regularmente plano a ondulado que incluye el municipio de Bayaguana, como afluentes principales están los arroyos: El Empedrado, Gigibía y Sabana, así como las lagunas: Balsona, El Pomito, La Piedra, Crisóstomo, Los Jobillo entre otras.

El río Savita, nace en el municipio de Sabana grande de Boyá, en la loma Colorada donde la altura alcanza los 391 msnm. Tiene como tributarios principales los arroyos: Teodoro, Cercado, Maluco, García, Naranjos, Tarana, Carpintero, Cuanza y el río Boyá.

Respecto al río Cabón, este es el afluente principal del río Tosa. Cabón consta solo de un afluente y es llamado Caboncito con una longitud de 6.25 km.

#### **2.19.4. Geomorfología y Geología**

El Cabón como parte del Ozama, abarca áreas de la región geomórfica de la Llanura Costera del Caribe que incluyen zonas rocosas de tipo caliza arrecifal costeras y de deposición de origen aluvial y lacustres marinos. Las zonas montañosas del Ozama incluyen áreas de la Cordillera Oriental, Sierra de Yamasá y de tierras bajas casticas de loma de Los Haitises con 1072.40 km<sup>2</sup> (38.41 km<sup>2</sup>). El tipo de geología está constituida de material sedimentario, calizas variadas de tipos arrecifal, arena, conglomerado (tipo Santo Domingo, La Romana), caliza gris de tipo Hatillo, depósitos aluvial lacustres marinos en cauces fluviales, terrazas de llanura aluvial y valle. (Ministerio de medio ambiente y recursos naturales (2016). El Ozama de Sitio web: <http://ambiente.gob.do/cuencas-hidrograficas/ozama/>)

### 2.19.5. Suelos

Los suelos constan de 16 asociaciones (OEA, 1967), siendo las principales de acuerdo a la superficie ocupada, la Asociación Pimentel-Fantino-Cotui y la de terrenos escabrosos de Montaña, que ocupan más del 65% del área. Otras asociaciones de importancia son Guanuma-Elmhurst, la de Suelos Aluviales Recientes, Asociación Jalonga-Marmolejos-Caliche que tienen superficie mayor al 5%.

La Asociación Pimentel-Fantino-Cotui, agrupan suelos de sabana que se ubican en la parte noroccidental de la Llanura Costera del Caribe, donde ésta adquiere mayor amplitud. Los Terrenos Escabrosos de Montaña, se ubican en la parte norte del límite de la cuenca, dentro de las regiones geomórficas de las Sierras de Yamasá y de la Cordillera Central.

La productividad de la tierra según la OEA, 1967 que la agrupa en 8 clases agrologica, indica que en la cuenca existen desde las clases II hasta VII. Según el potencial las tierras agrícolas (clases I hasta IV) ocupan 653.41 km<sup>2</sup> (23.40 %), concentrándose mayormente en la parte baja y zonas de deposición que incluyen los márgenes fluviales y terrazas de la cuenca. La clase V es la que ocupa la mayor superficie siendo la misma de 1,149.94 km<sup>2</sup> (41.18%) distribuida en casi toda el área, siendo aptos para pastos manejado y arroz.

Las tierras de las clases VI y VII, ocupan 58.98 km<sup>2</sup> (2.11%) y 653.41 km<sup>2</sup> (33.50%). Por las limitantes severas que presentan se consideran aptas para fines forestales y algunos cultivos perennes y pastos, con prácticas intensivas de conservación de

suelos. (Ministerio de medio ambiente y recursos naturales (2016). El Ozama de Sitio web: <http://ambiente.gob.do/cuencas-hidrograficas/ozama/>).

#### **2.19.6. Descripción general**

El río Ozama es la fuente de abastecimiento de agua potable más importante para la provincia de Santo Domingo, aportando el 60% del agua para consumo humano. Este río nace en la loma Siete Cabezas, en la Sierra de Yamasá y colecta sus aguas de los ríos Isabela, Guanuma, Yamasá, Cabón, Verde, Sávita y Yabacao. Es el segundo río más caudaloso del país con un recorrido de 148 kilómetros, en una cuenca de 2,962.5 km<sup>2</sup> donde habitan cerca de 2.5 millones de personas. Desemboca en el mar Caribe, en la ciudad de Santo Domingo (Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín (URBE), 2013). Según (Ortega, 2017), el Ozama es el estuario más grande del país y el mayor cuerpo de aguas superiores navegables con 50 kilómetros lineales que le conceden un notable atractivo.

Además, el río Ozama cuenta con humedales, entre ellos se encuentra la laguna Manatí en la que el río Cabón entra directamente, que son reservas ecológicas estratégicas por las especies que albergan sus ecosistemas donde hay senderos, lagunas, bosques, caños, ríos, manantiales y una fauna asociada a este ecosistema.

Estos humedales que abarcan cerca de 47 kilómetros cuadrados, constituyen una de las mayores atracciones naturales de Santo Domingo. A estos se pueden acceder por las carreteras de Bayaguana, Monte Plata, La Victoria y San Luis.

En el lugar, la laguna Manatí es la segunda más grande de las tres lagunas de área protegida que sirven de hábitat para especies endémicas e nativas del lugar, destacándose los patos, yaguazas, zaramagullones, garzas de rizos, y carraos. Las otras lagunas son Flamenca y la Enea.

## **2.20. Actividades humanas que se realizan en la cuenca**

El 98.6% (315,097) de las unidades productivas agropecuarias están sembradas o en producción y solo el 1.4% (4,579) de las unidades productivas estaban inactivas al momento del levantamiento del Pre censo Nacional Agropecuario 2015.

A nivel regional, la mayor concentración de unidades productivas agropecuarias se encuentra en Valdesia donde existe un total de 49,909, lo cual representa el 15.6% del universo agropecuario nacional. En orden de importancia le sigue el Cibao Norte y Cibao Nordeste con alrededor de 13.7% cada una, El Valle y el Cibao Sur con 11.3% y 11.2% respectivamente, y las regiones Cibao Noroeste e Higuamo cada una con alrededor del 10% de las unidades productivas, y la región de Enriquillo agrupa un 7.7% de las unidades productivas. Las regiones con menor concentración de unidades productivas son: Yuma y Ozama con un 4.1% y 3.1% respectivamente.

La mayoría de las unidades productivas del país (62.6%) están dedicadas a actividades agrícolas, una quinta parte (20%) a la cría de animales; mientras que un 16.3% se dedica habitualmente tanto a actividades agrícolas como a actividades pecuarias. Menos del 1% se dedica a actividades como la siembra de árboles



forestales o maderables, siembra de flores o plantas ornamentales, o a la siembra de árboles forestales o maderables y a la cría de animales.

A nivel regional, Valdesia es la que concentra el mayor número de productores con un total de 43,457 (16.7%), le sigue la región Cibao Norte con 38,565 (14.8%) productores agropecuarios. Mientras que las regiones que presentan menor número de productores agropecuarios son Yuma y Ozama con un 4.6% y 3.4%.(Estadísticas, 2016).

La cuenca del río Cabón está rodeada de pantanos, además de humedales desarrollados en el entorno. Existe una amplia vegetación cerca de la cuenca que son aprovechadas por moradores del área para la práctica de ganadería y agricultura.(Liliana Estanilao, 2017).

## **2.21. Datos de climáticos históricos obtenidos por la ONAMET.**

Se han recopilado datos cercanos a la cuenca de interés con la intención de conocer la variación de algunos parámetros climáticos.

A continuación, se puede apreciar las variaciones de precipitaciones en los últimos años que tienen más incidencia en la cuenca del río Cabón, según resultados obtenidos por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET). (Ver tabla 2).

**Tabla No. 2.** Datos mensuales de precipitación (2011 – 2017). Estación La Victoria, Distrito Nacional. Lat: 1835.0N Lon: 6950.0W Alt: 12.0M m.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2011	31.5	98.2	23.8	85.6	302.6	308.1	652.9	322.9	186.5	91.9	1.5	33.3	2138.8
2012	82.6	53.3	263.1	207.9	256.1	104.8	292.2	479.9	125.6	474.8	48.9	39.5	2428.7
2013	20.4	17.2	18.1	161.1	-	-	-	-	-	-	-	-	216.8
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	92.3	11.6	164.7	101.9	166.0	82.2	147.7	84.6	117.6	236.0	-	1204.6
2016	31.3	98.6	41.0	216.3	328.3	134.0	171.1	287.3	129.1	476.9	222.6	81.5	2218.0
2017	13.1	89.3	80.1	305.4	113.6	182.9	204.3	-	-	-	-	-	988.7

**Fuente:** Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET).

A continuación, se muestran datos de las variaciones de temperaturas máximas en los últimos años con incidencia en la cuenca del río Cabón, según resultados obtenidos por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET). (Ver tabla 3).

**Tabla No. 3.** Datos mensuales de Temperatura Máxima (en °C) (2011 – 2017). Estación La Victoria, Distrito Nacional. Lat: 1835.0N Lon: 6950.0W Alt: 12.0M m.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
2011	30.7	30.9	31.7	33.0	32.3	32.4	32.3	32.2	33.6	32.1	-	30.6	31.9
2012	30.2	30.4	30.7	31.0	31.9	32.8	33.1	31.8	34.0	32.8	32.1	30.7	31.8
2013	30.3	31.3	31.1	32.4	-	-	-	-	-	-	-	-	31.2
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	30.8	31.9	32.1	34.0	33.9	34.6	34.7	34.1	34.7	31.7	-	33.2
2016	31.5	31.6	32.5	33.0	32.9	34.2	34.6	34.0	34.7	33.6	32.2	32.1	33.0
2017	31.2	32.2	31.9	32.7	34.0	34.1	34.5	-	-	-	-	-	32.9

**Fuente:** Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET).

En la siguiente tabla 4, se pueden observar las variaciones de temperaturas mínimas en los últimos años con incidencia en la cuenca del río Cabón, según resultados obtenidos por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET). (ver tabla 4).

**Tabla No. 4.** Datos mensuales de Temperatura Mínima (en °C) (2011 – 2017). Estación La Victoria, Distrito Nacional. Lat: 1835.0N Lon: 6950.0W Alt: 12.0M m.

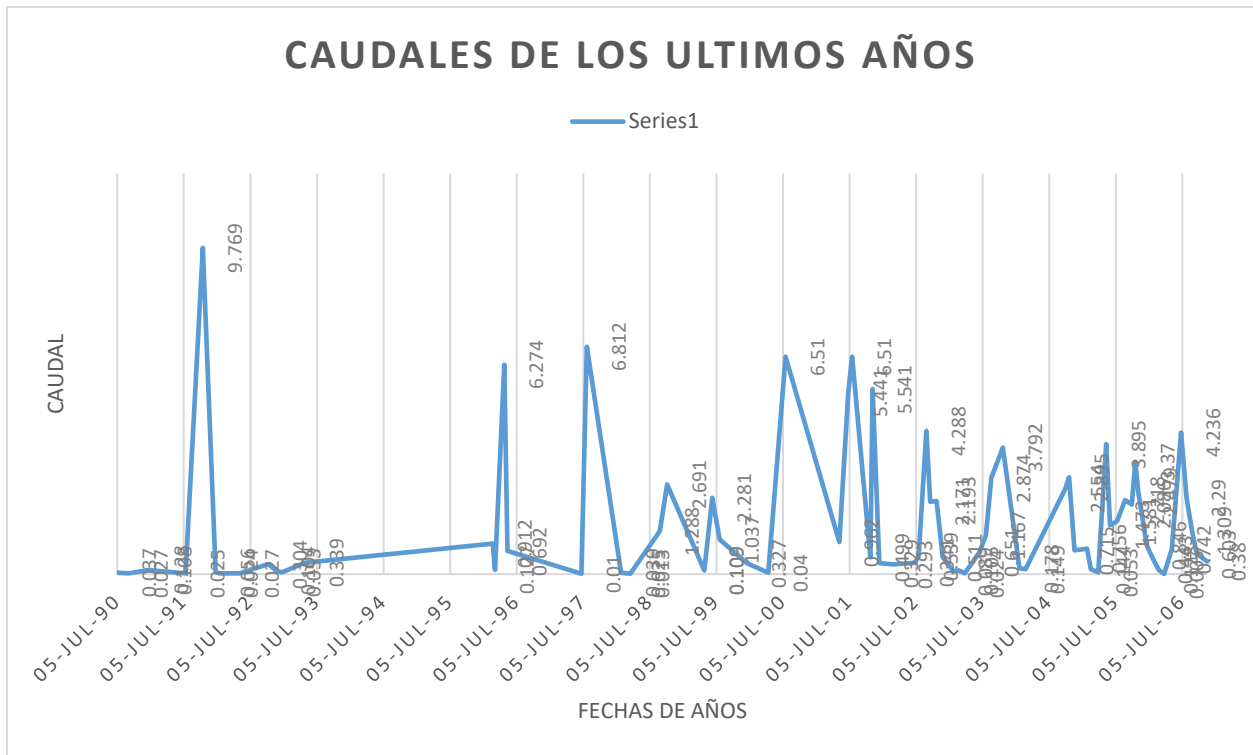
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
2011	19.8	19.6	19.5	20.7	22.1	23.5	23.2	23.7	23.1	23.1	-	20.5	21.7
2012	20.3	20.0	20.2	21.6	22.6	23.1	23.9	23.5	23.1	23.2	22.6	21.7	22.2
2013	20.4	19.4	20.7	21.8	-	-	-	-	-	-	-	-	20.5
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	-	20.4	20.9	21.3	22.0	23.0	23.5	23.6	24.0	23.7	22.3	-	22.4
2016	20.6	20.7	20.5	21.2	22.9	23.2	23.6	23.1	23.1	23.2	22.3	21.2	22.1
2017	19.4	20.1	19.8	20.8	22.3	22.4	23.1	-	-	-	-	-	21.1

**Fuente:** Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET).

## 2.22. Datos de caudales históricos obtenidos por el INDRHI.

Respecto a datos hidrológicos o hidrométricos, el INDRHI ha estado realizando aforos esporádicos en el río Cabón, en la que se muestra la geometría de las secciones donde fueron realizados dichos aforos, el área de la misma en m<sup>2</sup>, la lectura de la mira o regleta en metros existente en el río y el caudal en m<sup>3</sup>/s. El lugar de la estación es en la sección de Mata Mamón.

En la ilustración 4 se muestran las variaciones de caudal desde el año 1990 hasta el año 2006 de la cuenca del río Cabón, según mediciones realizadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). En que el mayor valor registrado es de 9.769 y el menor de 0.01 m<sup>3</sup>/s.



**Ilustración 4:** Variaciones del caudal del río Cabón según datos de la Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).

**Fuente:** Propia

## **CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1. Enfoque de la investigación**

Según Sampieri el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis.

Esta investigación es de tipo cuantitativa ya que busca la recolección de datos del lugar de estudio de manera secuencial para lograr la obtención de resultados precisos.

### **3.2. Diseño de investigación**

Según Sampieri, una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación y se formularon las hipótesis (o no se establecieron debido a la naturaleza del estudio), el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados.

En la investigación experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente).

Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Esta investigación es de tipo experimental por que se observan las variables implicadas y producen un efecto determinado.

### **3.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se utilizó es de carácter explicativo, ya que se busca describir un problema y buscar las causas de mismo para poder dar una solución.

Según el autor Carlos Sabino en su libro “El proceso de investigación”, define la investigación explicativa como aquellos trabajos donde nuestra preocupación se centra en determinar los orígenes o las causas de un determinado conjunto de fenómenos. Su objetivo, por lo tanto, es conocer por qué suceden ciertos hechos, analizando las relaciones causales existentes o, al menos, las condiciones en que ellos se producen.

### **3.4. Procedimiento de la investigación**

En este estudio se recolectó información mediante aforos y tomas de muestras del agua de la cuenca del río Cabón. Se realizó un trabajo de campo para señalar el nivel de contaminación que poseen las aguas y el caudal. Tanto los aforos como el levantamiento, ya que arrojan los diferentes niveles de contaminación que lleva la cuenca.

### **3.5. Técnica de investigación**

Entre las técnicas de estudios a utilizar están la recopilación de datos bibliográficos, trabajos de gabinete y trabajos de campo.

#### **3.5.1. Análisis bibliográfico**

Se realizaron consultas de documentos específicos referenciados al tema de estudio cuyas informaciones sirvieron de antecedentes a la investigación.

#### **3.5.2. Trabajo de gabinete**

Se procedió a recopilar información sobre datos de aforos en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), para determinar la variación de caudales en el río Cabón a través del tiempo. En la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), se

consiguió datos de precipitación y de temperatura y finalmente en la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) se realizaron análisis físico - químicos y bacteriológicos al agua del río Cabón.

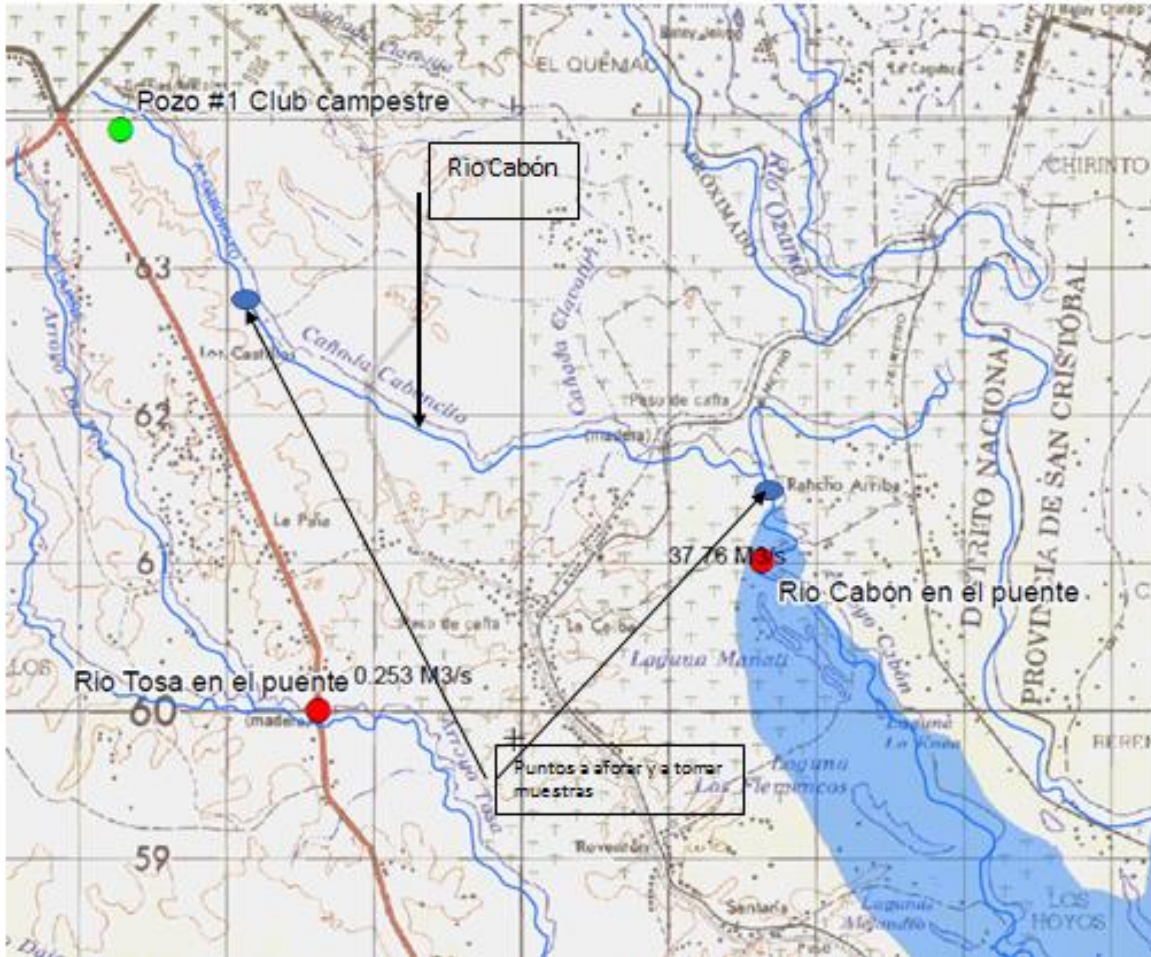
### **3.5.3. Trabajo de Campo**

La labor de campo consistió en visitas a la cuenca del río Cabón, primero para tomar muestras del agua de las cuales se arrojarán los resultados en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, los que comprobarán los niveles de contaminación que posee la cuenca, segundo para la realización de aforos para conocer el caudal puntual y tercero, conocer la zona y tomar de fotografías.

### **3.6. Criterios de selección de la muestra**

Se seleccionaron dos puntos importantes para la recolección de muestras. Uno ubicado en las coordenadas 18°38'25.3" N y 69°50'13.50" W el cual corresponde al punto de manatí y está próximo a las inmediaciones de la laguna Manatí el otro ubicado en las coordenadas 18°38'49.1" N y 69°50'39.7" W que representan al punto La Ceiba que se encuentra cercano a un pueblo llamado con el mismo nombre. La idea de selección de estos puntos es conocer como varia la calidad y cantidad del agua del río Cabón debido a diversas actividades que existen en la cuenca. Ver fig. 7.





**Ilustración 5:** Ubicación de los puntos (azules) analizados y aforados.

**Fuente:** Propia.

Se seleccionaron los días jueves 30 de noviembre de año 2017, jueves 28 de diciembre del año 2017, y viernes 5 enero del año 2018 para realizar los aforos y la toma de muestras, realizándose cuatro (4) horas de levantamiento desde las 10:00 am hasta las 2:00 pm.

Para hacer el levantamiento de las muestras utilizadas para determinar los parámetros físico- químico y bacteriológico y en la medición del caudal se seleccionaron dos puntos estratégicos los cuales fueron Manatí y la Ceiba.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Resultados y comparación según la norma ambiental de calidad de aguas superficiales y costeras del estudio de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Rio Cabón.

**Tabla 6. Resultados de análisis bacteriológicos de muestras analizadas:**

	<b>La Ceiba</b>	<b>Manatí</b>	<b>Rango aceptado según norma ambiental de calidad de aguas superficiales (Clase B).</b>	<b>Observaciones y comentarios de los resultados</b>
Campaña 1 (30/11/2017)	15,000 NMP/100ML	16,000 NMP/100ML	1,000 NMP/100ML	Bacteriológicamente no son aptas para el consumo doméstico y la recreación sin previo tratamiento convencional.
Campaña 2 (28/12/2017)	160,000 NMP/100ML	7,000 NMP/100ML	1,000 NMP/100ML	Bacteriológicamente no son aptas para el consumo doméstico y la recreación sin previo tratamiento convencional.

Campaña 3 (05-01-2018)	9,400 NMP/100ML	350,000 NMP/100ML	1,000 NMP/100ML	Bacteriológicamente no son aptas para el consumo doméstico y la recreación sin previo tratamiento convencional.
---------------------------	--------------------	----------------------	-----------------	---

**Fuente:** propia.

En la tabla anterior, se muestran las comparaciones de los resultados bacteriológicos de los puntos la Ceiba (lugar más cercano al nacimiento del río) y Manatí con la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y se da un comentario sobre estas comparaciones.

**4.1. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.**

 <b>Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</b> DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS • LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS <b>INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO</b>		FECHA: 08/12/2017
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON M. # 2, ANDRECILLO</u>	POR: <u>NELSON GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>30/11/2017</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>01:03 P. M.</u>	
COLOR RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>30/11/2017</u>	
	HORA: <u>03:10 P. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON GONZALEZ</u>	
RECIENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml TIEMPO DE INCUBACION: <u>48 HORAS A 35.5</u> °C a) NMP DE GERMENES COLIFORMES: _____ PP = 54,000 , PC = 54,000 ✓ /100ml b) No. DE COLONIAS DE GERMENES COLIFORMES: _____ /100ml NMP DE E. COLI _____ /100ml OTROS: _____ COLIFORMES FECALES = > 16,000 NMP/100ml ✓ PSEUDOMONAS AUSENTES _____		
OBSERVACIONES		
LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON DE LA EXCLUSIVIDAD DE ESTA MUESTRA		APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input checked="" type="checkbox"/>
		TÉCNICAS: (a) TUBOS MULTIPLES (b) MEMBRANA FILTRANTE
 INVESTIGADOR(A)	 ENCARGADO(A)	 DIRECTOR(A)

**Ilustración 6:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio bacteriológico del punto La Ceiba, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).

**4.2. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.**

 Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS • LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO		FECHA: 08/01/2018
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON - CEIBA</u>	POR: <u>NELSON ESTEVEN GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>28/12/2017</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>10:50 A. M.</u>	
COLOR RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>29/12/2017</u>	
	HORA: <u>10:10 A. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON E. GONZALEZ</u>	
RECIENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml TIEMPO DE INCUBACION: _____ 48 HORAS A 35.5 °C a) NMP DE GERMESES COLIFORMES: _____ PP = > 160,000 , PC = > 160,000 /100ml b) No. DE COLONIAS DE GERMESES COLIFORMES: _____ /100ml NMP DE E. COLI _____ /100ml OTROS: _____ COLIFORMES FECALES => 160,000 NMP/100ml PSEUDOMONAS AUSENTES		
OBSERVACIONES		
LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON DE LA EXCLUSIVIDAD DE ESTA INSTITUCION		APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input type="checkbox"/> TECNICAS: (a) TUBOS MULTIPLES (b) MEMBRANA FILTRANTE
 INVESTIGADOR(A)	 ENCARGADO(A)	 DIRECTOR(A)

**Ilustración 7:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio bacteriológico del punto La Ceiba, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).



**4.3. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.**

 <b>Corporacion del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</b> DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS • LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS <b>INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO</b>		FECHA: 08/01/2018
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON - CEIBA</u>	POR: <u>NELSON ESTEVEN GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>05/01/2018</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>11:40 A. M.</u>	
COLORO RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>05/01/2018</u>	
	HORA: <u>12:00 P. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON E. GONZALEZ</u>	
RECUENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml	TIEMPO DE INCUBACION: <u>48 HORAS A 35.5</u> °C	
a) NMP DE GERMESES COLIFORMES: _____ PP = 9,4000 , PC = 9,400 /100ml	b) No. DE COLONIAS DE GERMESES COLIFORMES: _____ /100ml	
NMP DE E. COLI _____ /100ml	OTROS: <u>COLIFORMES FECALES = 9,400 NMP/100ml</u> <u>PSEUDOMONAS AUSENTES</u>	
OBSERVACIONES		
APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input type="checkbox"/>		
(a) TUBOS MULTIPLES TECNICAS (b) MEMBRANA FILTRANTE		
  INVESTIGADOR(A)	 ENCARGADO(A)	 DIRECTOR(A)

**Ilustración 8:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha del 05 mes de enero del año 2018

Aquí se pueden apreciar los resultados del estudio bacteriológico del punto La Ceiba, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).

**4.4. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, 30 del mes de noviembre del año 2017.**

 <b>Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</b> DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS • LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO		FECHA: 08/12/2017
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON M. # 1, MANATI</u>	POR: <u>NELSON GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>30/11/2017</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>10:59 A. M.</u>	
COLORO RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>30/11/2017</u>	
	HORA: <u>03:30 P. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON GONZALEZ</u>	
RECUENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml		
TIEMPO DE INCUBACION: _____ 48 HORAS A 35.5 °C		
a) NMP DE GERMENES COLIFORMES: _____ PP = 54,000 , PC = 54,000 ✓ /100ml		
b) No. DE COLONIAS DE GERMENES COLIFORMES: _____ /100ml		
NMP DE E. COLI _____ /100ml		
OTROS: _____ COLIFORMES FECALES = 16,000 NMP/100ml ✓ PSEUDOMONAS AUSENTES		
OBSERVACIONES	APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input checked="" type="checkbox"/>	
 _____ INVESTIGADOR(A)	 _____ ENCARGADO(A)	 _____ DIRECTOR(A)
	TECNICAS { (a) TUBOS MULTIPLES (b) MEMBRANA FILTRANTE	

**Ilustración 9:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, 30 del mes de noviembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio bacteriológico del punto de Manatí, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).

**4.5. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.**

 <b>Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</b> DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS • LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS <b>INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO</b>		FECHA: 08/01/2018
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON</u>	POR: <u>NELSON ESTEVEN GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>28/12/2017</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>12:07 P. M.</u>	
CLORO RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>29/12/2017</u>	
	HORA: <u>10:00 A. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON E. GONZALEZ</u>	
RECIENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml TIEMPO DE INCUBACION: <u>48 HORAS A 35.5</u> °C a) NMP DE GERMESES COLIFORMES: <u>PP = 7,000 , PC = 7,000</u> /100ml b) No. DE COLONIAS DE GERMESES COLIFORMES: _____ /100ml NMP DE E. COLI _____ /100ml OTROS: <u>COLIFORMES FECALES = 7,000 NMP/100ml</u> <u>PSEUDOMONAS AUSENTES</u>		
OBSERVACIONES		
APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input type="checkbox"/> TECNICAS - (a) TUBOS MULTIPLES (b) MEMBRANA FILTRANTE		
 INVESTIGADOR(A)	 ENCARGADO(A)	 DIRECTOR(A)

**Ilustración 10:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio bacteriológico del punto de Manatí, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).



**4.6. Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.**

 <b>Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</b> DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS- LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS <b>INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO</b>		FECHA: 08/01/2018
PROCEDENCIA: <u>SANTO DOMINGO, D. N.</u>	RECOLECTADA No _____	
LOCALIZACION: <u>RIO CABON</u>	POR: <u>NELSON ESTEVEN GONZALEZ</u>	
CLASIFICACION: <u>RIO</u>	FECHA: <u>05/01/2018</u>	
TIPO DE TRATAMIENTO: _____	HORA: <u>11:50 A.M.</u>	
COLOR RESIDUAL: _____ PPM      LIBRE _____      COMBINADO _____	FECHA DE RECIBO: <u>05/01/2018</u>	
	HORA: <u>12:15 P. M.</u>	
	SOLICITADA POR: <u>NELSON E. GONZALEZ</u>	
RECUENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml TIEMPO DE INCUBACION: <u>48 HORAS A 35.5</u> °C a) NMP DE GERMESES COLIFORMES: <u>PP = 920,000 , PC = 920,000</u> /100ml b) No. DE COLONIAS DE GERMESES COLIFORMES: _____ /100ml NMP DE E. COLI _____ /100ml OTROS: <u>COLIFORMES FECALES = 350,000 NMP/100ml</u> <u>PSEUDOMONAS AUSENTES</u>		
OBSERVACIONES		
APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> NO APTA PARA EL CONSUMO <input type="checkbox"/> MICROORGANISMOS PRESENTES <input type="checkbox"/> (a) TUBOS MULTIPLES _____ (b) MEMBRANA FILTRANTE _____		
  INVESTIGADOR(A)	  ENCARGADO(A)	  DIRECTOR(A)

**Ilustración 11:** Resultados bacteriológicos del punto de toma de muestra ubicado en la sección de Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.

Aquí se muestran los resultados del estudio bacteriológico del punto de Manatí, según resultados obtenidos en el laboratorio de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo, (CAASD).

#### **4.7. Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.**

Según los resultados obtenidos por la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), al realizarle el estudio físico-químico a las muestras determinó que los únicos parámetros que exceden la Norma Ambiental de Calidad de las Aguas Superficiales son: la Turbiedad con un 27.8NTU y 24.1NTU, la cual hace que las partículas suspendidas absorban calor de la luz del sol así las aguas se vuelven más calientes y reduce la concentración de oxígeno en las aguas lo que provoca que algunos organismos no sobrevivan a aguas calientes, el Color Aparente con un 48.0UDC y 48.0UDC y por último el Color Real con un 22.0UDC y 22.0UDC, esos últimos son el resultado de materiales de origen vegetal y de metales los cuales provocan un efecto de barrera solar que causan la reducción de la fotosíntesis y por ello no hay crecimiento de las plantas acuáticas. Los datos antes mencionados corresponden respectivamente a los puntos de Manatí y la Ceiba. Mientras que los demás parámetros cumplen con lo establecido por la norma mencionada anteriormente.



CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO  
**CAASD**  
 DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS  
 LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS/DIVISION ESTUDIO DE FUENTES

SOLICITADO POR: NELSON GONZALEZ

FECHA DE MUESTREO: 30/11/2017

RECOLECTADA POR: ING. NELSON GONZALEZ

Parametros	Unidades	(Valores Guías) 2005 Decreto 42-05	RIO CABON M. # 1. MANATI	RIO CABON M. # 2. ANDRECILLO
			FQC-17-11-39	FQC-17-11-40
			HORA: 10:59 A. M.	HORA: 01:01 P. M.
Turbiedad	NTU	0.0-5	27.8	24.1
Color Aparente	UDC	15	48.0	48.0
Color Real	UDC	15	22.0	22.0
pH		6.5 - 8.5	7.20	7.28
Alcalinidad	mg/L	*****	113.0	111.0
Cloruros	mg/L	200-600	7.0	9.0
Dureza Total	mg/L	100-500	108.0	95.0
Calcio	mg/L	75-200	70.0	60.0
Magnesio	mg/L	30-150	37.0	35.0
Sulfato (so4)	mg/L	200-400	3.0	3.0
Hierro	mg/L	0.1-1.0	0.42	0.20
CO2	mg/L	75-200	14.0	11.0
Bicarbonato	mg/L	*****	113.0	111.0
Carbonato	mg/L	*****	0.2	0.2
Solidos Totales	mg/L	500-1,500	182.0	164.0
Solidos Totales Disueltos	mg/L		100.0	100.0
Nitrato	mg/L	45	0.7	1.2
Nitrog. Nitrato	mg/L	*****	0.2	0.3
Salinidad	mg/L	*****	100.0	100.0
Conductividad	Umhos/Cm	*****	212.0	209.0

*Esp. B. C. Rend. y H. G. M. G.*  
 INVESTIGADOR(A)  
 LOS OBTENIDOS  
 CON LA EXCLUSIVIDAD  
 DE ESTA MUESTRA

*P. P. G. G.*  
 ENCARGADO(A)

*No Damián*  
 DIRECTOR(A)



**Ilustración 12:** Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

#### **4.8. Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.**

Según los resultados obtenidos por la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), al realizarle el estudio físico-químico a las muestras determinó que el único parámetro que excede la Norma Ambiental de Calidad de las Aguas Superficiales es: la Turbiedad con un 14.9NTU y 16.1NTU, la cual hace que las partículas suspendidas absorban calor de la luz del sol así las aguas se vuelven más calientes y reduce la concentración de oxígeno en las aguas lo que provoca que algunos organismos no sobrevivan a aguas calientes. Los datos antes mencionados corresponden respetivamente a los puntos de Manatí y la Ceiba. Mientras que los demás parámetros cumplen con lo establecido por la norma mencionada anteriormente.



CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO  
CAASD  
DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS  
LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS/DIVISION ESTUDIO DE FUENTES

SOLICITADO POR: NELSON ESTEVEN GONZALEZ

FECHA DE MUESTREO: 28/12/2017

HORA: 10:47 A. M.

RECOLECTADA POR: NELSON ESTEVEN GONZALEZ

Parametros	Unidades	1995-99 (Valor Maximo)	RIO CABON -CEIBA	
			FQC-17-12-39	FQC-17-12-40
			HORA:10:47 A. M.	HORA: 12:07 P. M.
Turbiedad	NTU	0.0-5	14.9	16.1
Color Aparente	UDC	15	15.0	15.0
Color Real	UDC	15	10.0	10.0
pH		6.5 - 8.5	7.40	7.30
Alcalinidad	mg/L	*****	121.0	119.0
Cloruros	mg/L	200-600	8.0	8.0
Dureza Total	mg/L	100-500	114.0	122.0
Calcio	mg/L	75-200	57.0	59.0
Magnesio	mg/L	30-150	57.0	63.0
Sulfato (so4)	mg/L	200-400	5.0	4.0
Hierro	mg/L	0.1-1.0	0.13	0.15
C02	mg/L	75-200	9.0	12.0
Bicarbonato	mg/L	*****	121.0	119.0
Carbonato	mg/L	*****	0.3	0.3
Solidos Totales	mg/L	500-1,500	166.0	144.0
Solidos Totales Disueltos	mg/L		104.0	107.0
Nitrato	mg/L	45	5.8	0.0
Nitrog. Nitrato	mg/L	*****	1.3	0.0
Salinidad	mg/L	*****	100.0	100.0
Conductividad	Umhos/Cm		221.0	224.0

Engels Castañeda  
INVESTIGADOR(A)  
OBTENIDOS  
EXCLUSIVAMENTE  
DE ESTA MUESTRA



**Ilustración 13:** Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

#### **4.9. Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.**

Según los resultados obtenidos por la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), al realizarle el estudio físico-químico a las muestras determinó que los únicos parámetros que exceden la Norma Ambiental de Calidad de las Aguas Superficiales son: la Turbiedad con un 16.0NTU y 21.0NTU, la cual hace que las partículas suspendidas absorban calor de la luz del sol así las aguas se vuelven más calientes y reduce la concentración de oxígeno en las aguas lo que provoca que algunos organismos no sobrevivan a aguas calientes, el Color Aparente con un 15.0UDC y 20.0UDC, este último es el resultado de materiales de origen vegetal y de metales los cuales provocan un efecto de barrera solar que causan la reducción de la fotosíntesis y por ello no hay crecimiento de las plantas acuáticas. Los datos antes mencionados corresponden respectivamente a los puntos de Manatí y la Ceiba. Mientras que los demás parámetros cumplen con lo establecido por la norma mencionada anteriormente.





CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO  
CAASD  
DIRECCION DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS  
LAB. DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS/DIVISION ESTUDIO DE FUENTES

SOLICITADO POR: NELSON ESTEVEN GONZALEZ

FECHA DE MUESTREO: 05/01/2018

HORA: 11:50 A. M.

RECOLECTADA POR: NELSON ESTEVEN GONZALEZ

Parametros	Unidades	1995-99 (Valor Maximo)	RIO CABON -CEIBA	RIO CABON
			FQC-18-01-21	FQC-18-01-22
			HORA:11:50 A. M.	HORA: 11:40 A. M.
Turbiedad	NTU	0.0-5	16.0	21.0
Color Aparente	UDC	15	15.0	20.0
Color Real	UDC	15	10.0	10.0
pH		6.5 - 8.5	7.41	7.28
Alcalinidad	mg/L	*****	122.0	120.0
Cloruros	mg/L	200-600	8.0	9.0
Dureza Total	mg/L	100-500	116.0	123.0
Calcio	mg/L	75-200	58.0	61.0
Magnesio	mg/L	30-150	58.0	62.0
Sulfato (so4)	mg/L	200-400	5.3	4.2
Hierro	mg/L	0.1-1.0	14.0	0.16
C02	mg/L	75-200	10.0	12.0
Bicarbonato	mg/L	*****	122.0	119.0
Carbonato	mg/L	*****	0.3	0.3
Solidos Totales	mg/L	500-1,500	168.0	145.0
Solidos Totales Disueltos	mg/L		106.0	108.0
Nitrato	mg/L	45	6.0	0.0
Nitrog. Nitrato	mg/L	*****	1.2	0.0
Salinidad	mg/L		100.0	100.0
Conductividad	Umhos/Cm	*****	220.0	223.0

*Nelson Esteven Gonzalez*  
INVESTIGADOR(A)  
LABORATORIO DE CALIDAD DE LAS AGUAS  
UNIDAD DE MUESTREO

ENCARGADO(A)  
LABORATORIO DE CALIDAD DE LAS AGUAS  
UNIDAD DE MUESTREO

DIRECTOR(A) Control  
Calidad de las Aguas  
CAASD

**Ilustración 14:** Resultados físico químico del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba y Manatí, de fecha del 05 mes de enero del año 2018.

#### 4.10. Presentación de resultados de aforos

A modo de resumen, la tabla 7 presenta los resultados obtenidos de los aforos realizados los días 30 y 28 de noviembre y diciembre 2017, respectivamente, tanto para La Ceiba como para Manatí.

**Tabla 7: Presentación de resultados de aforos**

	Caudal en m <sup>3</sup> /s	
	La Ceiba	Manatí
30 nov. 2017	4.377	3.928
28 dic. 2017	2.990	2.810

. Fuente: Propia

La diferencia de estos caudales para los dos puntos seleccionados, obedece al uso del recurso aguas abajo para las actividades de la cuenca, mencionadas anteriormente.



4.11 Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

AFOROS		DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA HIDROMETRIA				INDRHI						
RIO O CANAL <u>Rio Ceiba</u>		ESTACION O LUGAR <u>Andrés B</u>										
FECHA <u>30/11/17</u>		MOLINETE <u>71001</u>		ASPA <u>4</u>								
<b>TIPO DE FLUJO</b> -1.- TRANQUILO <input checked="" type="checkbox"/> -2.- TURBULENTO -3.- CRECIDA		<b>ESTADO DEL TIEMPO</b> -1.- DESPEJADO <input checked="" type="checkbox"/> -2.- NUBES DISPERSAS -3.- NUBLADO		<b>METODO</b> -1.- CABLE VIA O TORNO -2.- BOTE <input checked="" type="checkbox"/> -3.- VADEO -4.- OTRO		<b>HORA</b> INICIO <u>10:30</u> AM/PM FIN <u>1:31</u> AM/PM <b>MIRA</b> M M M M						
<b>NOTA:</b> -Coloque una "X" en donde corresponda. -En caso de información adicional, utilice el reverso de esta hoja.						TEMPERATURA _____ °C PH _____ CONDUCTIVIDAD _____ s/c						
Dist. a la Orilla M	Profundidad t M	Ancho b M	Area a=tb m <sup>2</sup>	MEDICIONES DE VELOCIDAD EN						Vel. media Vm m/s	Caudal q=a x Vm m <sup>3</sup>	Observaciones
				V 0.2		V 0.6		V 0.8				
				Rev. 50s	Vel. m/s	Rev. 50s	Vel. m/s	Rev. 50s	Vel. m/s			
1	0.50	0.50	0.15			300	0.812			0.812	0.123	
2	1.0	0.45	0.50	0.23		390	1.051			1.051	0.242	
3	1.5	0.44	0.50	0.22		515	1.381			1.381	0.304	
4	2.0	0.45	0.50	0.23		512	1.373			1.373	0.316	
5	2.5	0.50	0.50	0.25		550	1.473			1.473	0.368	
6	3.0	0.50	0.50	0.25		565	1.513			1.513	0.378	
7	3.5	0.50	0.50	0.25		562	1.478			1.478	0.379	
8	4.0	0.53	0.50	0.27		474	1.272			1.272	0.343	
9	4.5	0.52	0.50	0.29		385	1.037			1.037	0.301	
10	5.0	0.52	0.50	0.29		426	1.146			1.146	0.332	
11	5.5	0.52	0.50	0.26		431	1.159			1.159	0.301	
12	6.0	0.47	0.50	0.24		400	1.077			1.077	0.258	
13	6.5	0.42	0.50	0.21		397	1.069			1.069	0.224	
14	7.0	0.36	0.60	0.18		393	1.059			1.059	0.191	
15	7.5	0.31	0.50	0.16		360	0.971			0.971	0.155	
16	8.0	0.23	0.50	0.12		282	0.765			0.765	0.092	
17	8.5	0.12	0.50	0.12		241	0.657			0.657	0.079	
18	9.0		0.50									
19												
20												
ANCHO TOTAL (M) → <u>9.00</u>		← AREA TOTAL (M <sup>2</sup> ) <u>3.72</u>		CAUDAL TOTAL AFORADO (M <sup>3</sup> /S) → <u>4.376</u>								
RESUMEN DE AFORO						DATOS DEL AFORADOR						
CAUDAL AFORADO	Q=	<u>4.376</u>		M <sup>3</sup> /S		AFORADOR <u>Eduardo Brito</u>						
MIRA PROMEDIO	H=	-		M		CALCULADO POR _____						
AREA TOTAL	A=	<u>3.72</u>		M <sup>2</sup>		FIRMA DEL OBSERVADOR _____						
ANCHO TOTAL	B=	<u>9.00</u>		M		PARA USO EN LA OFICINA						
VELOCIDAD PROMEDIO	Q/A=	<u>1.175</u>		M/S		REVISADO _____						
PROFUNDIDAD PROMEDIO	A/B=	<u>0.41</u>		M		DIGITADO Y FECHA _____						

Ilustración 15: Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio del aforo in situ del punto la Ceiba, según resultados obtenidos por el aforador Eduardo Brito.

4.12. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA HIDROMETRIA										INDRHI			
AFOROS				ESTACION O LUGAR <u>LA Ceiba</u>									
RIO O CANAL <u>Rio Cabon</u>													
FECHA <u>28.12.17</u>		MOLINETE <u>71001</u>		ASPA <u>4</u>									
TIPO DE FLUJO			ESTADO DEL TIEMPO			METADO			INICIO		MIRA		
-1.- TRANQUILO			-1.- DESPEJADO			-1.- CABLE VIA O TORNO			10:52 AM/PM		M		
-2.- TURBULENTO			-2.- NUBES DIPERSAS			-2.- BOTE			AM/PM		M		
-3.- CREDIDA			-3.- NUBLADO			-3.- VADEO			TEMPERATURA <u>25.4</u> °C				
						-4.- OTRO			PH <u>8.07</u>				
NOTA: - Coloque una "x" en donde corresponda. - En caso de información adicional, utilice el reverso de esta hoja.										CONDUCTIVIDAD <u>233</u> $\mu$ S/cm		Observaciones <u>O<sub>2</sub> = 80.8 %</u>	
Dist. a la Orilla M	Profundidad t M	Ancho b M	Area a=txb m <sup>2</sup>	MEDICIONES DE VELOCIDAD EN						Vel. media Vm m/s	Caudal q=a x Vm m <sup>3</sup>		
				V 0.2		V 0.6		V 0.8					
Rev.	Vel. m/s	Rev.	Vel. m/s	Rev.	Vel. m/s	Rev.	Vel. m/s	Rev.	Vel. m/s				
1	1.0	0.30	1.0	0.30				2.2	0.080	0.080	0.024		
2	2.0	0.50	1.0	0.50				7.7	0.144	0.224	0.112		
3	3.0	0.55	1.0	0.55				6.9	0.203	0.203	0.112		
4	4.0	0.50	1.0	0.50				8.6	0.253	0.253	0.142		
5	5.0	0.60	1.0	0.60	6.7	0.198				9.9	0.232	0.232	
6	6.0	0.64	1.0	0.64	7.1	0.208				10.6	0.206	0.257	
7	7.0	0.73	1.0	0.73	9.4	0.282				11.5	0.325	0.304	
8	8.0	0.78	1.0	0.78	11.9	0.335				12.6	0.354	0.269	
9	9.0	0.87	1.0	0.87	12.6	0.354				13.1	0.307	0.261	
10	10.0	0.98	1.0	0.98	13.1	0.362				13.9	0.289	0.278	
11	11.0	0.93	1.0	0.93	11.6	0.325				14.8	0.412	0.369	
12	12.0	0.93	1.0	0.93	14.6	0.406				15.8	0.438	0.422	
13	13.0	0.75	1.0	0.75	11.8	0.323				13.6	0.300	0.345	
14	14.0	0.50	1.0	0.50						14.3	0.399	0.120	
15	14.5	0.50											
16													
17													
18													
19													
20													
ANCHO TOTAL (M)		14.50		9.44		AREA TOTAL (M2)		CAUDAL TOTAL AFORADO (M <sup>3</sup> /S)		2.990			
RESUMEN DE AFORO						DATOS DEL AFORADOR							
CAUDAL AFORADO	Q =	2.990		M <sup>3</sup> /S		AFORADOR		Eduardo Brito					
MIRA PROMEDIO	H =	-		M		CALCULADO POR							
AREA TOTAL	A =	9.44		M <sup>2</sup>		FIRMA DEL OBSERVADOR							
ANCHO TOTAL	B =	14.50		M		PARA USO EN LA OFICINA							
VELOCIDAD PROMEDIO	Q/A =	0.313		M/S		REVISADO							
PROFUNDIDAD PROMEDIO	A/B =	0.65		M		DICTADO Y FECHA							

Ilustración 16: Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Ceiba, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio del aforo in situ del punto la Ceiba, según resultados obtenidos por el aforador Eduardo Brito.



4.13. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

AFOROS		DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA HIDROMETRIA				INDRHI								
RIO O CANAL <u>CABON</u>		ESTACION O LUGAR <u>MANATI</u>												
FECHA <u>30/11/17</u>		MOLINETE <u>Z1001</u>		ASPA <u>4</u>										
<b>TIPO DE FLUJO</b> ① TRANQUILO ② TURBULENTO ③ CRECIDA		<b>ESTADO DEL TIEMPO</b> ① DESPEJADO ② NUBES DISPERSAS ③ NUBLADO		<b>METODO</b> ① CABLE VIA O TORNO ② BOTE ③ VADEO ④ OTRO		<b>HORA</b> INICIO <u>11:10 AM/PM</u> M FIN <u>11:55 AM/PM</u> M								
<b>NOTA</b> -Coloque una "X" en donde corresponda. -En caso de información adicional, utilice el reverso de esta hoja.				TEMPERATURA _____ °C PH _____ CONDUCTIVIDAD _____ s/c										
Dist. a la Orilla M	Profundidad t M	Ancho b M	Area a=tb m <sup>2</sup>	MEDICIONES DE VELOCIDAD EN						Vel. media Vm m/s	Caudal q=a x Vm m <sup>3</sup>	Observaciones		
				V 0.2		V 0.6		V 0.8						
				Rev. 50s	Vel. m/s	Rev. 50s	Vel. m/s	Rev. 50s	Vel. m/s					
1	1.0	0.18	1	0.18				111	0.314			0.314	0.052	
2	2.0	0.27	1	0.32				122	0.343			0.343	0.127	
3	3.0	0.47	1	0.47				132	0.369			0.369	0.173	
4	4.0	0.58	1	0.58				124	0.348			0.348	0.202	
5	5.0	0.70	1	0.70	127	0.256				124	0.348	0.352	0.246	
6	6.0	0.71	1	0.71	123	0.346				127	0.352	0.351	0.249	
7	7.0	0.76	1	0.76	124	0.348				125	0.327	0.363	0.276	
8	8.0	0.83	1	0.83	120	0.338				131	0.362	0.353	0.293	
9	9.0	0.93	1	0.93	117	0.330				122	0.343	0.332	0.313	
10	10.0	0.99	1	0.99	95	0.272				116	0.322	0.300	0.297	
11	11.0	1.07	1	1.07	101	0.288				110	0.311	0.308	0.321	
12	12.0	1.12	1	1.12	103	0.306				100	0.225	0.296	0.332	
13	13.0	1.12	1	1.12	95	0.272				105	0.298	0.285	0.319	
14	14.0	1.08	1	1.08	68	0.292				99	0.292	0.282	0.305	
15	15.0	1.08	1	1.08	79	0.230				98	0.280	0.255	0.275	
16	16.0	0.60	1	0.60	61	0.182				76	0.222	0.202	0.121	
17	17.0	0.20	1	0.20					35	0.111		0.111	0.022	
18	17.30	0	0.30											
19														
20														
ANCHO TOTAL (M) →		17.30/12.79		← AREA TOTAL (M <sup>2</sup> )		CAUDAL TOTAL AFORADO (M <sup>3</sup> /S) →		3.928						
RESUMEN DE AFORO						DATOS DEL AFORADOR								
CAUDAL AFORADO	Q=	5.928		M <sup>3</sup> /S	AFORADOR	Eduardo Brito M.								
MIRA PROMEDIO	H=	-		M	CALCULADO POR									
AREA TOTAL	A=	12.79		M <sup>2</sup>	FIRMA DEL OBSERVADOR									
ANCHO TOTAL	B=	17.30		M	PARA USO EN LA OFICINA									
VELOCIDAD PROMEDIO	Q/A=	0.304		M/S	REVISADO									
PROFUNDIDAD PROMEDIO	A/B=	0.74		M	DIGITADO Y FECHA									

Ilustración 17: Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 30 del mes de noviembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio del aforo in situ del punto de Manatí, según resultados obtenidos por el aforador Eduardo Brito.

4.14. Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

AFOROS		DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA HIDROMETRIA				INDRHI						
RIO O CANAL <u>CALON</u>		ESTACION O LUGAR <u>MANATI</u>										
FECHA <u>28/12/17</u>		MOLINETE <u>71001</u>		ASPA <u>4</u>								
<b>TIPO DE FLUJO</b> -1.- TRANQUILO -2.- TURBULENTO -3.- CREDIDA		<b>ESTADO DEL TIEMPO</b> -1.- DESPEJADO -2.- NUBES DIFERSAS -3.- NUBLADO		<b>METADO</b> -1.- CABLE VIA O TORNO -2.- BOTE -3.- VADEO -4.- OTRO		<b>HORA</b> <b>MIRA</b> INICIO      12:10 AM/PM      M FIN            AM/PM                M						
NOTA: -Coloque una "x" en donde corresponda. - En caso de informacion adicional, utilice el reverso de esta hoja.						TEMPERATURA <u>8.6</u> °C PH <u>25.5</u> CONDUCTIVIDAD <u>233</u> s/c						
Dist. a la Orilla M	Profundidad t M	Ancho b M	Area a=txb m <sup>2</sup>	MEDICIONES DE VELOCIDAD EN				Vel. media Vm m/s	Caudal q=a x Vm m <sup>3</sup> /s	Observaciones		
				V 0.2		V 0.6					V 0.8	
				Rev.	Vel.	Rev.	Vel.	Rev.	Vel.			
				50s	m/s	50s	m/s	50s	m/s			
1	1.0	0.19	1.0	0.19		74	0.216		0.216	0.235		
2	2.0	0.29	1.0	0.29		106	0.301		0.301	0.287		
3	3.0	0.35	1.0	0.35		120	0.338		0.338	0.118		
4	4.0	0.45	1.0	0.45		130	0.364		0.364	0.164		
5	5.0	0.50	1.0	0.50		131	0.367		0.367	0.184		
6	6.0	0.56	1.0	0.56		132	0.369		0.369	0.207		
7	7.0	0.61	1.0	0.61	123	0.346		126	0.354	0.214		
8	8.0	0.68	1.0	0.68	119	0.335		127	0.356	0.235		
9	9.0	0.77	1.0	0.77	97	0.272		105	0.298	0.222		
10	10.0	0.86	1.0	0.86	83	0.240		92	0.264	0.217		
11	11.0	0.93	1.0	0.93	83	0.240		82	0.237	0.222		
12	12.0	0.96	1.0	0.96	87	0.251		82	0.237	0.234		
13	13.0	1.00	1.0	1.00	62	0.195		76	0.224	0.205		
14	14.0	0.99	1.0	0.99	66	0.195		74	0.216	0.204		
15	15.0	1.00	1.0	1.00	54	0.157		77	0.224	0.191		
16	16.0	0.46	1.0	0.46			38	0.119		0.119		
17	16.50	0.23	0.50	0.12			45	0.136		0.136		
18	17.0	0.50										
19												
20												
ANCHO TOTAL (M) → <u>17.0</u>		← AREA TOTAL (M2) <u>10.72</u>		CAUDAL TOTAL AFORADO (M <sup>3</sup> /S) → <u>2.810</u>								
RESUMEN DE AFORO						DATOS DEL AFORADOR						
CAUDAL AFORADO	Q=	<u>2.810</u>				M <sup>3</sup> /S	AFORADOR <u>Eduardo Brito H</u>					
MIRA PROMEDIO	H=	-				M	CALCULADO POR _____					
AREA TOTAL	A=	<u>10.72</u>				M <sup>2</sup>	FIRMA DEL OBSERVADOR _____					
ANCHO TOTAL	B=	<u>17.00</u>				M	PARA USO EN LA OFICINA					
VELOCIDAD PROMEDIO	Q/A=	<u>0.262</u>				M/S	REVISADO _____					
PROFUNDIDAD PROMEDIO	A/B=	<u>0.63</u>				M	DICTADO Y FECHA _____					

Ilustración 18: Resultados aforos in situ del punto de toma de muestra ubicado en la sección de la Manatí, de fecha 28 del mes de diciembre del año 2017.

Aquí se muestran los resultados del estudio del aforo in situ del punto de Manatí, según resultados obtenidos por el aforador Eduardo Brito.

#### **4.15 Descripción Hidrológica de la Cuenca**

La subcuenca del río Cabón es tributaria de la subcuenca del río Tosa. Está ubicado en la margen derecha del río Ozama. El río Cabón tiene una longitud de 15.9 km, el cual se pierde en la laguna Manatí antes de entrar al Tosa. El río Cabónes el afluente principal del río Tosa y el río Cabón consta solo de un afluente y es llamado Caboncito con una longitud de 6.25 km.

El Cabón como parte del Ozama, abarca áreas de la región geomórfica de la Llanura Costera del Caribe que incluyen zonas rocosas de tipo caliza arrecifal costeras y de deposición de origen aluvial y lacustres marinos. El tipo de geología está constituida de material sedimentario, calizas variadas de tipos arrecifal, arena, conglomerado, caliza gris de tipo Hatillo, depósitos aluvial lacustres marinos en cauces fluviales, terrazas de llanura aluvial y valle.

En la cuenca del río Cabón se han registrado temperaturas máximas de 34.7 °C las cuales se pueden dar en los meses de mayo a octubre al igual que la temperatura mínima registrada es de 19.8 °C y estas se dan en los meses de enero y febrero.

En cuanto a las precipitaciones que ocurren en esta zona la mayor registrada ha sido de 652.9 mm de agua lluvia y los meses donde más precipitaciones caen son los meses de mayo a noviembre. Dicho esto, esta zona es muy acta para las actividades de agricultura y ganadería.

#### **4.16 Actividades Humanas que se realizan en la Cuenca del Rio Cabón**

Existe una amplia vegetación cerca de la cuenca que son aprovechadas por moradores del área para la práctica de ganadería y agricultura.

El 98.6% (315,097) de las unidades productivas agropecuarias están sembradas o en producción y solo el 1.4% (4,579) de las unidades productivas estaban inactivas al momento del levantamiento del Pre censo Nacional Agropecuario 2015.

A nivel regional, la mayor concentración de unidades productivas agropecuarias se encuentra en Valdesia donde existe un total de 49,909, lo cual representa el 15.6% del universo agropecuario nacional. En orden de importancia le sigue el Cibao Norte y Cibao Nordeste con alrededor de 13.7% cada una, El Valle y el Cibao Sur con 11.3% y 11.2% respectivamente, y las regiones Cibao Noroeste e Higuamo cada una con alrededor del 10% de las unidades productivas, y la región de Enriquillo agrupa un 7.7% de las unidades productivas. Las regiones con menor concentración de unidades productivas son: Yuma y Ozama con un 4.1% y 3.1% respectivamente.

Debido a estas actividades por motivo a la ganadería los animales pasan por las aguas debido a que el rio no tiene ningún tipo de lindero y estas hacen sus necesidades en el rio, al igual los agricultores y las industrias vierten sus aguas ya utilizadas directamente al rio sin control de los contaminantes que utilizan.

## CONCLUSIÓN

Luego de haber obtenido los resultados de los estudios de calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Cabón, se ha determinado que algunos parámetros físico-químicos como la turbiedad, color aparente y el color real de estas aguas no cumplen con los parámetros permitidos por la Norma Ambiental de Calidad de las Aguas Superficiales, estos parámetros provocan que las aguas sean más calientes ya que las partículas suspendidas absorben calor del sol y esto hace que se reduzca la concentración de oxígeno en las aguas y por ello algunos organismos no sobreviven a aguas tan calientes. Al igual la presencia de materiales de origen vegetal y metales provocan colores en las aguas del río Cabón lo que produce una barrera a la luz solar lo cual reduce los procesos de fotosíntesis lo que evita el crecimiento de las plantas acuáticas. No obstante, los demás parámetros físico-químico cumplen con los estándares establecidos por la norma antes mencionada están muy por debajo de estos niveles.

Mientras que los parámetros bacteriológicos arrojaron que estas aguas tienen grandes cantidades de coliformes fecales y superan los parámetros de la Norma Ambiental de Calidad de las Aguas Superficiales la cual rige que el valor máximo permisible es 1,000NMP/100ml de coliformes fecales y estos resultados han excedido por mucho esta norma, lo cual nos quiere decir que no se lleva un control y monitorio de estas aguas.

Las aguas superficiales de la cuenca del río Cabón desde el punto de vista físico-químico son de una calidad aceptable, sin embargo, bacteriológicamente no son aptas para el consumo doméstico y la recreación sin previo tratamiento convencional.

El mayor caudal registrado en la cuenca del río Cabón es de  $9.8\text{m}^3/\text{s}$  mientras que el caudal mínimo ha sido de  $0.01\text{m}^3/\text{s}$  en toda la historia del río. Las precipitaciones máximas han ocurrido en los meses de abril a octubre, correspondiendo el mayor valor al mes de julio de 652.9 mm. La temperatura mínima que se ha registrado es de  $19.4^\circ\text{C}$  correspondiendo a los meses de enero y febrero y la máxima ha llegado hasta a  $34.7^\circ\text{C}$  durante los meses de agosto a octubre. La cuenca del río Cabón recibe grandes cantidades de precipitaciones lo que contribuye a que sea una zona donde se puede desarrollar ampliamente la ganadería y agricultura, tal y como actualmente ocurre.

Cabe destacar que dentro de las actividades que se realizan en las proximidades de este río está la agricultura, la ganadería y actividades industriales sin ningún control ya que por motivo a la ganadería los animales pasan por las aguas debido a que el río no tiene ningún tipo de lindero y estas hacen sus necesidades en el río, al igual los agricultores y las industrias vierten sus aguas ya utilizadas directamente al río sin control de los contaminantes que utilizan.



## RECOMENDACIONES

1. Establecer un control sanitario permanente que permita correlacionar la calidad física, química y microbiológica del agua con las enfermedades de origen hídrico, a fin de determinar su impacto a la salud.
2. Evaluar la información de calidad de agua para confirmar que la fuente, el tratamiento y la distribución responden a los objetivos y reglamentaciones que garantizan un suministro seguro.
3. Implementar en los municipios aledaños a través de la SEMARENA, INDRHI, INAPA, las ONGs y universidades públicas y privadas entre otras, programas de educación ambiental donde sean considerados los diferentes niveles del proceso de educación ambiental, con fines de crear conciencia a nivel de las comunidades sobre la importancia de la protección de sus recursos naturales.
4. A través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN), que se fortalezcan y se revisen y entren en vigencia la legislación y normativa que en este sentido conlleven a la protección del medio y la población en general.
5. Continuar estudiando las cuencas desde el punto de vista que fue estudiada la del río Cabón e incluir, en lo posible la parte ambiental, para tener una idea del nivel en el que están las cuencas en el país, además de poder conocer las posibles fuentes de abastecimiento en cuanto a calidad y cantidad.

## ANEXOS

Fotos de la Cuenca del Rio Cabón











































Datos de caudales históricos obtenidos por el INDRHI.

<b>FECHA</b>	<b>MIRA</b>	<b>ANCHO</b>	<b>AREA</b>	<b>CAUDAL</b>
<b>5-jul-90</b>	0	1.1	0.1	0.037
<b>7-sep-90</b>	0	2.5	0.2	0.027
<b>27-dic-90</b>	0	3.5	0.33	0.128
<b>14-ene-91</b>	0	2.5	0.23	0.108
<b>15-jul-91</b>	0	5.5	0.5	0.025
<b>17-oct-91</b>	0	18	21.07	9.769
<b>26-dic-91</b>	0	2.25	0.27	0.056
<b>14-ene-92</b>	0	2.4	0.26	0.024
<b>7-may-92</b>	0	2.5	0.24	0.027
<b>9-oct-92</b>	0	7	1.2	0.304
<b>22-nov-92</b>	0	3	0.38	0.104
<b>23-dic-92</b>	0	3.5	0.52	0.053
<b>28-abr-93</b>	0	5	1.16	0.339
<b>24-feb-96</b>	0	5.5	1.95	0.912
<b>7-mar-96</b>	0	3.8	0.59	0.127
<b>27-abr-96</b>	0	9.5	8.14	6.274

<b>15-may-96</b>	0	5	2.12	0.692
<b>24-jun-97</b>	0	0.8	0.05	0.01
<b>24-jul-97</b>	0	15.75	15.03	6.812
<b>24-sep-97</b>	0	22	49.6	39.189
<b>24-sep-97</b>	0	22	49.6	39.189
<b>27-ene-98</b>	0	2.75	0.14	0.039
<b>24-feb-98</b>	0	3.3	0.25	0.025
<b>19-mar-98</b>	0	1.4	0.07	0.013
<b>30-abr-99</b>	0	4	0.81	0.109
<b>28-ago-98</b>	0	11.25	4.26	1.288
<b>8-oct-98</b>	0	13	6.72	2.691
<b>30-abr-99</b>	0	4	0.81	0.109
<b>12-jun-99</b>	0	10.5	7.13	2.281
<b>23-jul-99</b>	0	9.5	2.68	1.037
<b>18-dic-99</b>	0	4.5	0.97	0.327

<b>15-abr-00</b>	0	2.5	0.23	0.04
<b>18-jul-00</b>	0	22	20.11	6.51
<b>9-may-01</b>	0	7	2.05	0.962
<b>27-jun-01</b>	0	18	19.57	5.441
<b>18-jul-01</b>	0	22	20.11	6.51
<b>26-oct-01</b>	0	6.25	1.3	0.499
<b>8-nov-01</b>	0	17.5	10.04	5.541
<b>14-dic-01</b>	0	7	1.09	0.329
<b>28-feb-02</b>	0	5.5	0.87	0.293
<b>28-jun-02</b>	0	8	1.29	0.341
<b>19-jul-02</b>	0	7.5	1.64	0.539
<b>30-ago-02</b>	0	10.5	7.71	4.288
<b>20-sep-02</b>	0	8	4.47	2.171
<b>25-oct-02</b>	0	9	4.14	2.193
<b>28-nov-02</b>	0	6	1.15	0.511
<b>24-ene-03</b>	0	4.5	0.35	0.089

<b>25-feb-03</b>	0	4	0.41	0.105
<b>29-mar-03</b>	0	3	0.22	0.024
<b>17-jun-03</b>	0	7	1.97	0.651
<b>23-jul-03</b>	0	7	2.3	1.167
<b>22-ago-03</b>	0	10	4.63	2.874
<b>24-oct-03</b>	0	11	5.69	3.792
<b>23-ene-04</b>	0	6	0.82	0.178
<b>25-feb-04</b>	0	4.5	0.58	0.149
<b>30-sep-04</b>	0	10.5	4.54	2.554
<b>21-oct-04</b>	0	11.5	5.12	2.895
<b>20-nov-04</b>	0	9	2.31	0.715
<b>28-ene-05</b>	0	9	2.32	0.756
<b>18-feb-05</b>	0	6.5	0.55	0.144



<b>30-mar-05</b>	0	3.6	0.26	0.053
<b>13-may-05</b>	0	12.5	6.41	3.895
<b>3-jun-05</b>	0	10	3.47	1.473
<b>12-jul-05</b>	0	10	4.37	1.581
<b>24-ago-05</b>	0	11.5	6.7	2.218
<b>30-sep-05</b>	0	12	4.99	2.086
<b>19-oct-05</b>	0	13	6.01	3.37
<b>4-nov-05</b>	0	12.5	5.24	2.479
<b>22-dic-05</b>	0	10	2.62	0.846
<b>25-ene-06</b>	0	8	1.46	0.443
<b>24-feb-06</b>	0	7.5	0.84	0.128
<b>27-mar-06</b>	0	3.5	0.45	0.005
<b>8-may-06</b>	0	9	2.38	0.742
<b>27-jun-06</b>	0	13.5	6.93	4.236
<b>27-jul-06</b>	0	13.5	4.84	2.29
<b>26-ago-06</b>	0	10.5	3.64	1.309

<b>22-sep-06</b>	0	10.5	3.17	0.603
<b>18-nov-06</b>	0	9	2.98	0.38

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, G. 2009. Gobernanza del Agua en Mesoamérica Dimensión Ambiental: Costa Rica. Gland. Suiza. Editores del Puerto s.r.l. 22 p.

Albert, L. 2012. Toxicología Ambiental: Contaminantes Inorgánicos. México D.F. México. 2daed. Editroial LIMUSA, S.A. 101-211 p.

Alfayate, J. 2008. Contaminación Ambiental una Visión desde la Química: Características de las Aguas Naturales. Madrid. España. PARANINFO. 41- 62 p.

Almendros, G. 2004. Investigaciones básicas sobre el origen y la estructura molecular de las formas estables de materia orgánica relacionadas con el proceso de secuestro de Carbono en los suelos: Biomacromoléculas y sustancias húmicas. Revista de la sociedad española de la ciencia del suelo. 11(2): 229-248.

Álvarez, J. A., Panta, J. R., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. (Spanish). Información Tecnológica, 19(6), 21-32. doi:10.1612/inf.tecnol.3975it.07

Arakeri, G. 2013. Evaluation of the possible role of copper ions in drinking water in the pathogenesis of oral submucous fibrosis: A pilot study. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 52: 24-28.

AWWA (American Water Works Association). 2012. Manual de Entrenamiento para Operadores de Sistemas de Distribución de Agua: Aseguramiento de la Calidad del agua en Sistemas de Distribución. Denver. Estados Unidos de América. 22 p.

Baird, C. 2004. Química Ambiental: Índice de Dureza de una Agua Natural. Barcelona. España. Editorial Reverté, S.A. 467 p.

Barrio, J. 2009. Química: Determinación experimental del Ión Cloruro. Madrid. España. EDITEX. 235 p.

Bortone, S. 2005. Estuarine Indicator: Nekton Species Composition as a Biological Indicator of Altered Freshwater Inflow Estuaries. Denver. Estados Unidos de América. Library of Congress. 351-353 p.

Campbell, N. 2007. Biología: Nutrición de plantas. Buenos Aires. Argentina. Editorial Médica Panamericana. 769 p.

Cardenas, R. 2013. Ecología: Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente. Bogotá. Colombia. Ecoe Ediciones. 42 p.

Cech, T. 2009. Principles of Water Sources History, Development, Management and Policy: Ammonia. Estados Unidos de América. 3eraed. Jhon Willey and sons. 158-159 p.

Compendio de Legislaciones Ambientales 2010, USAID.

Constitución de la República Dominicana del 2010.

Cortés, S. 2009. Diagnóstico de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial: Índice de Calidad del Recurso Hídrico, ICA. Bogotá. Colombia. 8 p.

Costa Rica. Reglamento para la Calidad del Agua Potable. 10 de febrero del 2005. No. 32327-S.

Costa Rica. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de los Cuerpos de Agua Superficiales. 19 de marzo del 2007. No. 33903-MINAE-S. 4-20 p.

De León, L. Floraciones algales de agua dulce: Cianobacterias, Cianotoxinas. (en línea). Uruguay. Consultado: 27 de noviembre del 2014. Disponible en:  
[http://www.produccionbovina.com.ar/agua\\_bebida/65-cianobacterias.pdf](http://www.produccionbovina.com.ar/agua_bebida/65-cianobacterias.pdf)

Dias, J. 2009. Occurrence, distribution and abundance of *Halobates micans* Eschscholtz 1822 (Heptora, Garridae) along the southeastern Brazilian Coast. *Brazilian Journal of Biology* 69 (1): 67-73.

Domènech, X. Química Ambiental de Sistemas Terrestres: Propiedades Organolépticas del Agua. Barcelona. España. Editorial Reverté, S.A. 21 p.

Eslava, J. 2011. Patotipos de Escherichia coli Diarrogénica: Estructura antigénica de Escherichia coli. (en línea). México D.F. México. Consultado el día: 28 de noviembre del 2014. Disponible en:

<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/bacteriologia/escherichia-coli.html>

Gamazo, C. 2013. Microbiología basada en la experimentación. Barcelona. España. GEA Consultoría Editorial, S.L. 32 p.

González, F. 2011. Ciencias de la Naturaleza: Rocas Sedimentarias. Madrid. España. EDITEX. 107 p.

González, G. 2010. Plantas tóxicas de importancia en salud y protección animal en Colombia: Principales Sustancias Químicas presentes en las Plantas Tóxicas. Bogotá. Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. 55 p.

González, L. 2011. Química General para las Ciencias Ambientales: Equilibrio Ácido-Base. Valencia. España. Edición Universitat de València 194 p.

Gordon, N. 2013. Stream Hydrology An Introduction for Ecologist: Macroinvertebrates. West Sussex. Inglaterra. John Wiley and sons, LTD.

Harris, D. 2007. Análisis Químico Cuantitativo: Valoraciones con EDTA. Barcelona. España. Editorial Reverté, S.A. 277 p.

Hechavarría, E., González, A., Miralles, A., & Candó, E. (2003). Métodos Biológicos para el Monitoreo de Aguas Superficiales. Su aplicación en el Río San Juan. (Spanish). Tecnología Química, 23(3), 35-44.

Jenkins, D. 2009. Química del Agua: Reacciones de Oxidación-Reducción. México D.F. México. Editorial LIMUSA, S.A. 351-466 p.

Johnson, Twort`s Water Supply: Ammoniacal Compunds. 6taed. ELSEVIER. 197-198 p.  
López, P. 2013. Fontanería y Uso Racional del Agua: Tuberías de Plomo. España. 103 p.

Mackenzie, L. 2005. Ingeniería y Ciencias Ambientales.: Administración de la Calidad del Agua. México D.F. México. McGraw-Hill. 279-338 p.

Madigan, M. 2009. Brock Biología de los microorganismos: Principios de Microbiología. Madrid. España. Pearson Educación, S.A. 28 p.

Metcalf y Eddy. 2014. Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery: Wastewater Characteristics. Nueva York. Estados Unidos de América. 5taed. McGraw-Hill. 57-171 p.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras.

Montoya, C. Loaiza, D. Torres, P. Hernán, C. Escobar, J. Efecto del Incremento de la Turbiedad del Agua Cruda sobre la Eficiencia de Procesos Convencionales de Potabilización. Revista EIA. 16: 137-148.

Moreno, A. 2007. Elementos Nutritivos: Asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Buenos Aires. Argentina. librosenred. 73 p.

Postawa, A. 2013. Best Practice Guide on the Control of Iron and Manganese in Water Supply. London. United Kingdom. British Library. 30 p.

Postiglione, Amedeo. Ley Internacional del Medio Ambiente y Soberanía. [En línea] 1996. Disponible en : [Ecoweb.com](http://Ecoweb.com).

Rajagopal, S. Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water System: Metals. Nueva York. Estados Unidos de América. Springer. 249 p.

Reina, Y., Barranco, F., Piedra, C., & Marrero, M. (2004). Caracterización y evaluación de las aguas superficiales del municipio Marianao. (Spanish). Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, 25(1), 21-31.

República Dominicana. Leyes, etc. Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales,64-00. Santo Domingo: Editora Búho, 2001.



Requeña, A. 2008. Tríadas Nuevas Lecturas en Ciencia y Tecnología: Lignina y luz. 2da ed. España. Gesbiblo, S.L. 166 p.

Sabbagh, M. 2009. Alzheimer, Guía Práctica: Respuestas a las cuestiones fundamentales, desde su diagnóstico hasta cómo se aplica el tratamiento. Barcelona. España. Robin Book. 126 p.

Samboni, N. E., Reyes T., A., & Carvajal E., Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. (Spanish). Ingeniería Y Competitividad, 13(2), 49-60.

Sánchez, Ó. Herzig, M. Peters, E. Márquez, R. Zambrano, L. 2007. Perspectiva sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México D.F. México. 71 p.

Sandí, W. 2010. Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica: Cloruros. Cuadernos de Investigaciones UNED. 2(2): 157-179.

Severiche, C. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas: Durezas. Cartagenas de India. Colombia. 36 p.

Stanley, C. Environmental Setting, Water Quality, and Ecological Indicators in the Mermentau River Basin, Southwestern Louisiana. Nutrients. Louisiana. Estados Unidos de América. USGS. 17-18 p.

Torres, P., Hernán Cruz, C., & Janeth Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. (Spanish). Revista Ingenierías Universidad De Medellín, 8(15), 79-94.

Upadhyayula, V. 2009. Application of Carbon Nanotube Technology for Removal of Contaminants in drinking water. Science of Total Environment. 408: 1-13.

Vargas, L. 2004. Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua. Lima. Perú. 1-47 p.

Weiner, E. 2013. Applications of Environmental Aquatic Chemistry: Sulfate. Estados Unidos de América. 3era ed. Taylor and Francis Group. 527-529 p.

Wright, J. 2010. Biomonitoring with Aquatic Benthic Macroinvertebrates in Southern Costa Rica In Support of Community Based Watershed Monitoring: SVAP Field Guide. Ontario. Canadá. 98 p.