



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
BIOINDICADORES Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS
DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI,
PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en
Medio Ambiente**

Autores:

Ceballos Peñafiel Karen Nathali
Quishpe Guanoluisa Moisés Alejandro

Tutor:

Ing. Cristian Javier Lozano Hernández M.sc

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto – 2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Ceballos Peñafiel Karen Nathali y Quishpe Guanoluisa Moises Alejandro, declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”**, siendo el Msc. Cristian Javier Lozano Hernández tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Ceballos Peñafiel Karen Nathali

210053528-7

Quishpe Guanoluisa Moises Alejandro

050243375-8

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte, Ceballos Peñafiel Karen Nathali, identificado con C.C. N°210053728-7, de estado civil soltera y con domicilio en Joya de los Sachas - Orellana, y Quishpe Guanoluisa Moises Alejandro, identificado con C.C. N° 0502433758, de estado civil soltero y con domicilio en Latacunga – Ciudadela Las Fuentes Av. Río Cutuchi 2-03 y Río Pumacunchi, a quien en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA/EL CEDENTE son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Septiembre 201 –Febrero 2014

Fecha de finalización: Abril 2018 – Agosto 2018

Aprobación HCA.- Latacunga, 06 de agosto del 2018

Tutor.- Ing. Cristian Javier Lozano Hernandez.

Tema: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de agosto del 2018.

Ceballos Pañafiel
Karen Nathali
210053528-7
EL CEDENTE

Quishpe Guanoluisa
Moises Alejandro
050243375-8
EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”, de Ceballos Peñafiel Karen Nathali y Quishpe Guanoluisa Moises Alejandro, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto, 2018

El Tutor,

.....
Ing. Cristian Javier Lozano Hernández M.sC

060360931-4

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el o los postulantes: Ceballos Peñafiel Karen Nathali y Quishpe Guanoluisa Moises Alejandro con el título de Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERÍODO 2018**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, julio 2018

Para constancia firman:

Lector 1

Nombre: Ing. Renán Lara

CC: 040048801-1

Lector 2

Nombre: Ing. Jaime Lema

CC: 171375993-2

Lector 3

Nombre: Ms.C Patricio Clavijo

CC: 050144458-2

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios y a la Virgen por haberme permitido culminar unas de mis principales metas, a mis padres y a mi hermano que me han sabido guiar a lo largo de mi existencia y con valores forjados de una persona de bien, por ese apoyo y fortaleza que me han sabido brindar en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, a mis docentes, familia y amigos que de una u otra forma me han sabido apoyar en esta etapa universitaria.

KAREN.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen Santísima por darme la sabiduría necesaria para concluir ésta etapa de mi vida, a mis padres, por ser un ejemplo de constancia, lucha, responsabilidad ante toda circunstancia que hemos vivido juntos; sobre todo el gran amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos, tías Magdalena, Sor Marianita y familia Mena Jacho por ser un pilar fundamental en mi vida, por ser esas grandes personas que supieron apoyarme, guiarme con rectitud y acompañarme con sus constantes oraciones.

Mi eterna gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a sus maestros por su formación académica y la oportunidad de crecer como persona, a mis amigos por compartir grandes experiencias durante esta etapa de estudio.

MOISES.

DEDICATORIA

Este proyecto investigativo se lo quiero dedicar principalmente a Dios por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi mami Flora, por ser una de las personas más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar las circunstancias, por enseñarme siempre buenos valores que me permitan ser una persona diferente.

A mi padre y mi hermano que fueron dos pilares fundamentales para haber culminado esta etapa profesional.

KAREN.

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres Amparito y Wilson

A mis hermanos Luis, Valeria y Galo

A mi tías Magdalena y Sor Marianita

A mi abuelita Hortencia, que no alcanzó verme llegar a esta etapa de mi vida.

A ustedes por ser el apoyo, fuerza, ejemplo formando parte de mi vida y enseñarme a ser mejor persona, con humildad, responsabilidad, hacer las cosas con amor, a poner el hombro y a pesar de todas las circunstancias valorar el DON de ser FAMILIA y así llegar a culminar esta etapa de Universidad.

MOISES.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES, ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”

Autores: Ceballos Karen – Quishpe Moisés

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Parque Nacional Cotopaxi, en el sector perteneciente al cantón Mejía de la provincia de Pichincha, en la Laguna Santo Domingo, con el objeto de determinar el índice de la calidad del agua, mediante bioindicadores y análisis físico-químico, y microbiológicos.

Para la evaluación de los índices de la calidad de agua mediante bioindicadores se tomaron las muestras en los meses de abril, mayo y junio en cinco puntos de muestreo y se utilizó las técnicas de identificación por tolerancia (EPT) Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, (BMWP/Col.) Biological Monitoring Working Party, (ABI) Índice Biótico Andino, (IBF) Índice Biótico de Familias y para el análisis físico, químico y microbiológicos, se aplicaron los ICA DINIUS – NFS (Fundación Nacional de Saneamiento), donde las muestras fueron de la entrada y salida principal del cuerpo lacustre en los meses abril y junio

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los ICA. NFS e ICA. DINIUS, determinaron que las condiciones del agua son: mala y/o contaminada, donde los parámetros fueron comparados con la Legislación Ecuatoriana Vigente - TULSMA, libro VI, Anexo I, con la Tabla 10. De la misma forma al aplicar las técnicas de los índices BMWP/Col., y ABI se definió que la calidad del agua corresponde a aguas en estado dudoso y/o crítico es decir aguas muy contaminadas.

El IBF, indica que el cuerpo de agua presenta un índice de excelente, por lo tanto, se determina que la Laguna Santo Domingo no muestra contaminación orgánica aparente.

PALABRAS CLAVE: BMWP/Col, EPT, ABI, IBF, Índice de calidad del agua (ICA), NFS - DINIUS, macroinvertebrados,

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “DETERMINATION OF THE QUALITY OF WATER THROUGH BIOINDICATORS, PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF THE LAGOON SANTO DOMINGO OF THE NATIONAL PARK COTOPAXI, PROVINCE OF PICHINCHA, PERIOD 2018”

Authors: Ceballos Karen - Quishpe Moisés

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Cotopaxi National Park, in the sector belonging to the Mejía canton of Pichincha province, in the Laguna Santo Domingo, in order to determine the index of water quality, through bioindicators and physical-chemical analysis, and microbiological.

For the water evaluation quality indices using bioindicators, samples were taken in April, May and June at five sampling points and the identification techniques by tolerance (EPT) Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, (BMWP / Col.) Biological Monitoring Working Party, (ABI) Andean Biotic Index, (IBF) Biotic Index of Families and for the physical, chemical and microbiological analysis, the ICA DINIUS - NFS (National Sanitation Foundation) were applied, where samples were from the main entrance and exit of the lake body in the months of April and June.

The obtained results by applying the ICA. NFS and ICA. DINIUS, determined that the water conditions are: bad and / or polluted, where the parameters were compared with the Ecuadorian Legislation in Force - TULSMA, Book VI, Annex I, with Table 10. At the same way, when were applied techniques of the BMWP / Col. indexes, and ABI, it was defined that the water nature lime corresponds to waters in doubtful and / or critical conditions, that says is very polluted water. The IBF indicates that the body of water has an excellent index, therefore, it is determined that Laguna Santo Domingo does not show apparent organic contamination.

KEYWORDS: Water quality index (ICA) NFS - DINIUS, macroinvertebrates, BMWP, EPT, ABI, IBF.

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA.....	x
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN.....	xii
INDICE DE CONTENIDOS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA.....	6
6.1. El Agua.....	6
6.2. Calidad del agua.....	6
6.3. Contaminación del agua.....	6
6.4. Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos:.....	7
6.5. Bioindicadores.....	7
6.6. Calidad biológica del agua.....	7
6.7. Eutrofización:.....	8
6.8. Macroinvertebrados.....	9
6.9. Parámetros a analizar.....	9
6.9.1. Físicos.....	9
6.9.2. Químicos.....	10
6.9.3. Microbiológicos.....	13
6.10. Índices de calidad de agua.....	14

6.10.1.	ICA. NFS (National Sanitation Foundation):	14
6.10.2.	ICA. DINIUS.	15
6.10.3.	Índice EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera):	15
6.10.4.	Índice BMWP/COL.	16
6.10.5.	Índice ABI (Andean Biotic Index)	17
6.10.6.	Índice. IBF (Family Biotic Index)	17
7.	HIPÓTESIS.....	18
8.	METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)	19
8.1.	Ubicación del área de estudio.....	19
8.2.	Fase de campo	20
8.2.1.	Área de estudio.....	20
8.3.	Métodos	21
8.3.1.	Método Inductivo:	21
8.3.2.	Método Deductivo:	22
8.3.3.	Método de inducción científica:	22
8.3.4.	Método de la medición:.....	22
8.4.	Tipos de investigación	22
8.4.1.	Investigación descriptiva:.....	23
8.4.2.	Investigación explicativa:.....	23
8.4.3.	Investigación Bibliográfica:	23
8.4.4.	Investigación de Campo:.....	24
8.5.	Técnicas de investigación:	24
8.5.1.	Observación	24
8.5.2.	Muestreo de agua (análisis físico-químico y microbiológico):	24
8.5.2.1.	Protocolo para la toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico	25
8.5.2.1.1.	Fase de campo:.....	25
8.5.2.1.2.	Fase de laboratorio.....	26
8.5.3.	Recolección de las muestras para el análisis de los macroinvertebrados.	26
8.5.3.1.	Fase de campo	26
8.5.3.2.	Fase de laboratorio.....	29
8.5.3.3.	Frecuencia de muestreo:.....	29
8.5.4.	Índices de calidad de agua.....	29
8.5.4.1.	ICA.....	29

8.5.4.2.	ICA - NSF (National Sanitation Foundation):	30
8.5.4.3.	ICA - DINIUS.....	31
8.5.4.4.	Análisis EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera).....	32
8.5.4.5.	Índice BMWP/COL.....	33
8.5.4.6.	Índice ABI.....	34
8.5.4.7.	Índice IBF (Índice Biótico de Familias).....	35
8.6.	Instrumentos y materiales	37
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	38
9.1.	Análisis de resultados	38
9.1.1.	Análisis ICA – INSF - Abril.....	38
9.1.2.	Análisis ICA – DINIUS - Abril	40
9.1.3.	Análisis ICA – INSF - Junio	42
9.1.4.	Análisis ICA – DINIUS – Junio	44
9.1.5.	Comparación de resultados entres los ICA DINIUS Y NFS en la Laguna Santo Domingo	46
9.1.5.1.	Entrada principal del agua, mes de abril y junio.....	46
9.1.5.2.	Salida principal del agua, mes de abril y junio.	46
9.1.6.	Análisis de macro invertebrados índice EPT:.....	47
9.1.7.	Análisis índice BMWP/Col:.....	47
9.1.8.	Análisis Índice ABI:	48
9.1.9.	Comparación entre el Índice BMWP e Índice ABI:.....	49
9.1.10.	Análisis Índice IBF:.....	50
9.2.	Discusión	52
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
10.1.	Conclusiones:.....	54
10.2.	Recomendaciones:.....	55
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
12.	ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficiarios del proyecto	3
Tabla 2.	Parámetros a analizar NSF	14
Tabla 3.	Parámetros para ICA – Dinius.....	15
Tabla 4.	Coordenadas del área de estudio	21
Tabla 5.	Parámetros a analizarse en el análisis físico-químico y microbiológico.....	26
Tabla 6.	Cronograma de muestreo macroinvertebrados acuáticos.	28
Tabla 7.	ICA NSF, pesos y unidades establecidos	30
Tabla 8.	Caracterización de resultados a base del Índice NSF	31
Tabla 9.	Pesos ponderados para cada variable según el Índice Dinius	32
Tabla 10.	Caracterización de resultados a base del Índice Dinius.....	32
Tabla 11.	Sensibilidad de los macro invertebrados.	33
Tabla 12.	Sistema para la determinación de Índice de Monitoreo Biológico – BMWP- (<i>Biological Monitoring Working Party Score System</i>) - Adaptación para Colombia.....	34
Tabla 13.	Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.	34
Tabla 14.	Valorización de macroinvertebrados según el índice ABI	35
Tabla 15.	Puntaje para la determinación de la calidad del agua según el índice ABI.....	35
Tabla 16.	Valores de tolerancia de macroinvertebrados del Índice Biótico de Familias.....	36
Tabla 17.	Clases de la calidad para el Índice Biótico de Familias.....	37
Tabla 18.	Instrumentos y materiales que se utilizaron en el proyecto de investigación.	37
Tabla 19.	Resultados, ICA DINIUS e ICA NFS.....	46
Tabla 20.	Resultados, ICA DINIUS e ICA NFS.....	46
Tabla 21.	Calidad del agua mediante el índice BMWP.....	47
Tabla 22.	Calidad del agua mediante el índice biológico ABI.....	49
Tabla 23.	Índice BMWP e Índice ABI.....	49
Tabla 24.	Calidad del agua mediante el índice biológico IBF.	50

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.	Ubicación del área de estudio.	20
Imagen 2.	Imagen en relieve de la zona de estudio y los puntos de muestreo.	21
Imagen 3.	Análisis NFS - Abril – Valores Q - Entrada	38
Imagen 4.	Análisis NFS - Abril – Valores Q – Salida	39
Imagen 5.	Análisis DINIUS, Abril – Valores Q - Entrada	40
Imagen 6.	Análisis DINIUS, Abril – Valores Q - Salida	41
Imagen 7.	Análisis NFS - Junio – Valores Q - Entrada	42
Imagen 8.	Análisis NFS - Junio – Valores Q - Salida.....	43
Imagen 9.	Análisis DINIUS, Junio – Valores Q - Entrada.....	44
Imagen 10.	Análisis DINIUS, Junio – Valores Q - Salida	45
Imagen 11.	Comparación entre ICA DINIUS e ICA NFS.	46
Imagen 12.	Comparación entre ICA DINIUS e ICA NFS – Salida.....	47
Imagen 13.	Comparación entre índices BMWP y ABI.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador siendo considerado uno de los países megadiversos por sus condiciones estacionarias y su posición en el planeta, cuenta con innumerables pisos climáticos y diversos ecosistemas en los mismos, siendo así que se considera de manera fundamental promover el cuidado de los distintos recursos naturales que tenemos a nuestra disposición.

El Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, con su afán promueve la conservación de los ecosistemas, sus bienes y servicios que se encuentran dentro de su patrimonio natural como país, mantiene el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) para su cuidado, conservación y administración.

Por lo tanto en la laguna Santo Domingo donde se desarrolló la presente investigación se encuentra dentro de sistema de áreas protegidas explícitamente en el Parque Nacional Cotopaxi (PNC).

Siendo así que se realizó la investigación en esta laguna por el motivo que no existe investigación que anteceden a esta y por la gran importancia que tiene la Laguna Santo Domingo en el Parque Nacional Cotopaxi, para así promover su conservación, y del recurso hídrico de esta laguna, habiendo esta información se podrá y facilitará la toma de decisiones para el uso y/o aprovechamiento de este recurso.

La presente investigación se realizó con el objeto de obtener información acerca de la calidad del recurso agua en la Laguna Santo Domingo, perteneciente al Parque Nacional Cotopaxi, se desarrolló la investigación mediante la determinación de la aplicación de macroinvertebrados y análisis físico - químico y microbiológico para adquirir datos sobre la calidad del agua de la misma.

En esta investigación se aplicó la metodología: ETP, BMWP/Col, I.ABI, I.IBF ICA-NSF, e ICA-DINIUS, siendo que las mismas aportaron con los datos sobre la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, los mismos que dieron como resultados que la utilización de dichas aguas pueden ser para uso recreativo por pertenecer al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

En el desarrollo de la investigación se presentaron distintas dificultades y adversidades como la ubicación, condiciones climáticas y caminos de difícil acceso a la Laguna ya que al encontrarse a una altura de 4005 msnm.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de investigación se llevó a cabo por los problemas de contaminación causados por la presencia de fauna silvestre, cambio climático, actividades turísticas realizadas alrededor de la Laguna Santo Domingo, los cuales afectan la calidad del agua de este bien natural.

Al no existir investigaciones sobre la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, la presente investigación aportó con resultados que determinaron que la calidad del agua se encuentra dentro de los parámetros establecidos la cual permite la conservación, preservación y control del recurso hídrico.

En el desarrollo de la investigación se identificó los beneficiarios de forma directa e indirecta de la Laguna Santo Domingo, siendo de primordial importancia la conservación de los ecosistemas lacustres pertenecientes al Parque Nacional Cotopaxi.

De tal manera que la presente investigación tiene una gran importancia para generar un conocimiento de las condiciones en que se encuentra el agua de la Laguna Santo Domingo, para promover la conservación en calidad, cantidad y aprovechamiento de la misma para las actividades de recreación dentro del Parque Nacional Cotopaxi (PNC).

Los datos obtenidos del nivel de calidad del agua de la Laguna Santo Domingo servirán en un futuro para la toma de decisiones en políticas ambientales por parte de las entidades reguladoras, para la conservación, mitigación y control del recurso hídrico.

De acuerdo a las condiciones donde se encuentra la Laguna Santo Domingo está considerada como una fuente de reserva de agua por encontrarse dentro del páramo que conforma el Parque Nacional Cotopaxi, ya que aporta a la conservación y regulación de los ecosistemas terrestres.

Por tal razón es importante promover el estudio del índice de calidad del agua por medio de bioindicadores, ya que es una alternativa económica y viable, y a su vez la investigación aporta para la concientización ambiental sobre la conservación y preservación de los recursos naturales.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto

DIRECTOS	TURISTAS	TOTAL	INDIRECTOS			
			PARROQUIAS	POBLACION		
				Hombres	Mujeres	Total
MAE - COTOPAXI	Turistas nacionales y extranjeros que visitan el Parque Nacional Cotopaxi, Laguna Santo Domingo	169.704 visitantes en el año 2017	PICHINCHA			
UTC			El Chaupi	710	746	1.456
			Machachi	13.438	14.185	27.623
			Aloasi	4.635	5.051	9.686
		122.036 visitantes de enero – junio 2018	COTOPAXI			
			Mulaló	3.870	4.225	8.095
			Joseguango	1.380	1.489	2.869
			Aláquez	2.625	2.856	5.481

Fuente: (MAE, 2017) – (INEC,2010)

Elaborado por: Equipo de Trabajo

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Uno de los problemas hoy en día a nivel mundial es la contaminación ambiental en especial de los cuerpos de agua dulce, las lagunas son un aporte paisajístico, fuente de vida, a la vez uno de los ecosistemas más vulnerables en cuanto al impacto ambiental que son causados por la mano del hombre, la presencia de fauna silvestre de la zona y el cambio climático, los cuales modifican estos sistemas lacustres.

En el Ecuador, uno de los lugares más turísticos son las lagunas ya que son fuente de ingresos económicos, teniendo como impacto ambiental directo la afección, al cuerpo de agua dulce, por la visita de turistas que poseen poco conocimiento sobre la cultura ambiental y de la conservación del ambiente.

En vista de estos cambios producidos a causa de la presencia de los seres humanos, es de vital importancia, la necesidad de un estudio, accediendo a la identificación y conocimiento previo en cuanto al tema de conocer la calidad de agua y preservación de la misma, mediante bioindicadores como macroinvertebrados, para la conservación y aprovechamiento de los sistemas lacustres que son fuentes de vida.

La importancia de realizar un estudio sobre la calidad del agua para el aprovechamiento y preservación de la Laguna Santo Domingo, la presencia de distintos factores pueden alterar la calidad del agua teniendo así una sola orientación, la conservación del estado natural de este cuerpo de agua, y al estar en estado natural estas lagunas las cuales se forman por desbordamiento de ríos, por cavidades que con el tiempo se llenan con el agua de los deshielo, y entre otras, contienen altas concentraciones de calcio y magnesio con niveles altos de turbidez convirtiéndolas en aguas no aptas para consumo humano, de igual manera acumulan alrededor de 80 UNT siendo 15 UNT el límite máximo permisible y se encuentran expuestas a las siguientes actividades por encontrarse dentro del Parque Nacional Cotopaxi (turismo, el pastoreo de ganado bovino, animales silvestres), estos factores son los que afectan a la calidad ambiental de la laguna, contribuyendo a la degradación y alteración de las condiciones del agua de la Laguna Santo Domingo modificando de manera negativa los niveles tróficos, la desaparición de especies de flora y fauna, produciendo olores desagradables entre otros efectos negativos que afectan al ambiente.

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad del agua mediante la presencia de bioindicadores (macro invertebrados) y análisis físico - químico y microbiológicos de la Laguna Santo Domingo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diagnosticar la situación actual del sistema lacustre Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi.
- Identificar las especies de macroinvertebrados encontrados dentro de la Laguna Santo Domingo.
- Relacionar la calidad del agua mediante la aplicación de bioindicadores y análisis físico - químico y microbiológicos de la Laguna Santo Domingo.

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO – TÉCNICA

6.1. El Agua

Consideramos que el agua es una sustancia que la encontramos en varias temperaturas en la naturaleza, la podemos encontrar en tres estados diferentes como: líquido sólido y gaseoso. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Brenes, R., Rojas, LF. (2015).

6.2. Calidad del agua

La calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. El criterio de calidad del agua depende directamente de la utilización que se le vaya a dar a dicha agua. Muchas de las características físico-químicas y bacteriológicas requeridas para determinado uso son características adoptadas para propósitos generales. Así, por ejemplo, es condición generalmente aceptada que un suministro de agua público, para uso doméstico e industrial, debe ser claro, libre de minerales que produzcan efectos biológicos o fisiológicos indeseables y carente de organismos patógenos. (Romero, 2002)

6.3. Contaminación del agua.

El agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición natural por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para el uso previo.

La calidad del agua está directamente relacionada con sus usos. La presencia de ciertos elementos, en suspensión o disolución, puede ser perjudicial para la salud humana en la medida en que sobrepase ciertos límites.

Uno de los problemas ambientales serios en el Ecuador es precisamente la utilización de cauces, estuarios y lagos como receptores de las descargas de alcantarillado municipal, efluentes domésticos e industriales y desperdicios agrícolas sin tratamiento previo alguno. Por otra parte,

existen casos de contaminación accidental por derrame de petróleo crudo o su derivado, frecuentes en la región amazónica y costera del país.

La calidad del agua en el Ecuador ha venido paulatinamente deteriorándose, especialmente en los últimos veinte años (Da Ros, 1995).

En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos han tenido una fuerte presión humana, debido a las actividades agrícolas, deforestación, fragmentación del hábitat, cambios del sustrato por la remoción y extracción de materiales, ingreso de aguas servidas, actividad petrolera, etc., todo esto afectando la calidad del agua (Domínguez y Fernández, 2009).

6.4. Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos:

Proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua con el objetivo de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los ecosistemas acuáticos (Ana, 2016).

6.5. Bioindicadores.

El concepto de bioindicadores aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosemberg y Resh, 1993).

El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vázquez et al, 2006).

6.6. Calidad biológica del agua.

El término calidad, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario, es un concepto relativo que depende del destino final del recurso.

De modo que, y a título de ejemplo, las aguas fecales en ningún caso se podrían considerar de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo, por su alto contenido en materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente se asociarían con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed, por su bajo contenido en sales y por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental (Alba-Tercedor, 1996).

No obstante, algunos autores definen la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, es decir, como medio de sustento para el ser humano y los animales, para el riego de la tierra y la recreación entre otras cosas (Correa, 2000).

6.7. Eutrofización:

La eutrofización es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático. Básicamente comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos agrícolas o forestales, lo cual hace que favorezca el crecimiento excesivo de materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. (Margalef., R. 1991)

Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos que el hombre puede hacer de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.).

Las masas de agua eutróficas tiene un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas. En contraste, los cuerpos de agua oligotróficos, poseen concentraciones bajas de nutrientes, poseen mayor diversidad en las comunidades de plantas y animales, un bajo nivel de productividad primaria y de biomasa y una buena calidad del agua para distintos usos. (Ryding y Rast, 1992)

6.8. Macroinvertebrados.

Los macro invertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que al menos durante algún estadio de su ciclo de vida, vivan exclusivamente en el ambiente acuático y que se puedan ver a simple vista, es decir, que tengan un tamaño superior a 0.5 mm de longitud. (Roldán, 1988).

Estos organismos (70 – 90% insectos) son usados con éxito como bioindicadores porque se desenvuelven durante una gran parte de su vida en los medios acuáticos. Generalmente son abundantes, relativamente sedentarios, son consumidores primarios y secundarios en el proceso de la materia orgánica, su colecta es simple y barata, son fáciles de ver y ofrecen información de largos períodos de tiempo.

La presencia de una comunidad de macro invertebrados en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando y de que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente distribución de la composición taxonómica, como son las características propias de profundidad, ancho, turbidez, luz, detritos, turbulencia e inconstancia del substrato del cuerpo de agua y vegetación de las orillas (Roldán, 2003).

6.9. Parámetros a analizar

6.9.1. Físicos

- **Color verdadero.** – Para la obtención de este parámetro del color verdadero, se debe considerar que la muestra varía de acuerdo a las sustancias que se encuentran en el cuerpo hídrico de forma disuelta, siendo así que se lo puede medir en la muestra filtrada o centrifugada. (Giraldo, 1995)
- **Conductividad eléctrica.** – Debemos considerar que la conductividad eléctrica es la cantidad de electricidad que un agua puede conducir. Por lo tanto, está expresada en magnitudes químicas. (Lenntech, 2007).
- **pH.** -Según Prieto (2004) el pH no mide el valor de la acidez o alcalinidad, sino que la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad. Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH

mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino puede indicar contaminación industrial (ABS, 1994).

- **Sólidos en suspensión:** Los sólidos en suspensión, es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro. Pueden causar depósitos en conducciones, calderas, equipos y las bacterias tienen un soporte donde puedan quedar adheridas y hacer su función en las aguas residuales. (Lenntech, 2007).
- **Temperatura.** -La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euriotérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).
- **Turbidez.** -Según Crites y Tchobanoglous (2000) la turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales, tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

6.9.2. Químicos

- **Alcalinidad Total.** – A la alcalinidad total la consideramos como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y/o aceptar protones y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en el muestreo del cuerpo hídrico. Por otra parte, la alcalinidad de aguas superficiales está determinada por la presencia y contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

Considerando que la alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, siendo esta de muy utilizada para que se pueda realizar la fotosíntesis. Sin embargo, la alcalinidad ha jugado un papel muy importante para el estudio de lagos, donde los niveles de alcalinidad altos indicarán una productividad alta y viceversa. (Giraldo, 1995)

- **Cloruros.** – El ión cloruro se lo considera como uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, y residuales tratadas, su presencia es necesaria en el agua para que se pueda dar un sistema potabilización. El sabor salado del agua destinada para consumo humano en su composición es variable con respecto a la concentración del ión cloruro. Hay que considerar que en altas concentraciones puede ser causante del daño de estructuras metálicas y en su utilidad para riego, el deterioro de la calidad del suelo. (ASTM, 1989).
- **DBO5.** -La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno, que usan los microorganismos para descomponer la materia orgánica que contiene el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho, elevando la DBO. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. Generalmente, cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del OD en el agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla, por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto (SIT, 2006). La DBO, en su medida individual puede indicar la calidad de agua en un cuerpo de agua.
- **DQO.** - Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. (León., C. 2009).
- **Dureza.** – La dureza total se la considera como la suma de calcio y el magnesio y por lo general constituye un aspecto muy importante a considerar para la determinación de la calidad del agua. (Valenzuela, 2004).
- **Fósforo (P):** El fósforo es un macro-elemento esencial para el crecimiento de las plantas. El fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. (Lenntech, 2007).
- **Nitrógeno (N):** En la calidad del agua, **Nitrógeno**, en sus formas de nitrato o amonio, es un químico "nutriente" necesario para el crecimiento de las plantas. Aunque

el **nitrógeno** en su forma natural es abundante en el ambiente, también puede ser introducido a través del drenaje y los fertilizantes. (Lenntech, 2007).

- **Nitrato (NO₃):** El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO₂). Es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Niveles de nitrato de entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 puede ser tóxico. Shuval, I. H. et al., (1977).
- **Nitrito (NO₂):** Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos. La presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel del nitrito no suele superar 0,1 mg/l. Niveles de nitrito superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos. Shuval, I. H. et al., (1977).
- **Oxígeno disuelto.** -El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Lenntech, 2007).
- Por otro lado, numerosos estudios científicos sugieren que 4-5ppm de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportará una gran y diversa población acuática. (Stevens Institute of Technology, 2006).
- Por tal razón tenemos la siguiente clasificación por la concentración de oxígeno en el agua:
- **Aguas Hipoanóxicas:** Aguas con una concentración de oxígeno disuelto menor que 2 mg/L, el nivel generalmente aceptado como mínimo requerido para la vida y la reproducción de organismos acuáticos.

- **Aguas Anóxicas:** Son aguas de mar, agua dulce o de origen subterráneo en las que el oxígeno disuelto está agotado. Esta condición se da en áreas que tienen un limitado intercambio de agua y con procesos de eutrofización en progreso.
- **Aguas Aceptables:** Se considera al agua que contiene mayor a 5mg/l, lo cual permite la presencia de vida acuática, como presencia de peces, etc. (Arocena, R. & D. Conde, 1999).
- **Potasio (K):** El potasio es un elemento esencial para el ser humano y está presente en todos tejidos animales y vegetales. En el agua de consumo humano las concentraciones habituales de potasio son generalmente bajas. El *potasio* puede ablandar el *agua* potable. (Lenntech, 2007).
- **Sales disueltas.** -Es una medida de la concentración total de sales inorgánicas en el agua e indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso del agua. (Albert Lenninger, 1998).

6.9.3. Microbiológicos

- **Coliformes totales:** Constituye el grupo de las coliformes que contiene las bacterias Gram negativas en la forma bacilar que es la encargada de fermentar la lactosa a una temperatura de 35° - 37°C, siendo así que puede producir ácido y dióxido de carbono, en un periodo de tiempo de 24 horas, siendo estas bacterias aerobias o anaerobias, las cuales son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B-galactosidasa, (Ministerio de Salud, 1998), entre las que se encuentran en este grupo esta *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *enterobacter* y *Klebsiella*. (Organización Panamericana de la Salud, 1987)
- **Coliformes Fecales:** Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45 °C. Estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son *E. coli*. (Carrillo y Lozano, 2008).

6.10. Índices de calidad de agua

Un índice de calidad de agua, hace referencia a una expresión simple de una combinación de diferentes parámetros, los cuales sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo este una herramienta para transmitir dicha información sobre las condiciones de la calidad del ambiente afectado y sirve para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación. El índice puede ser representado por un número, un rango, un símbolo o un color y cuya ventaja radica, en que la información puede ser fácilmente interpretada. (Fernandez Parada & Solano Ortega, 2005)

Los constituyentes empleados por el ICA son determinados considerando para que se vaya a realizar la investigación y la utilización del agua. (Canter, 1996)

6.10.1. ICA. NFS (National Sanitation Foundation):

El índice de calidad del agua NSF (Fundación Nacional de Saneamiento), propone para su interpretación y aplicación en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua considerando variables físico químicas y un elemento biótico: coliformes fecales.

Considerando que los resultados obtenidos pueden ser utilizados para determinar si un tramo de un cuerpo de agua es saludable o no, siendo así conocer las condiciones que se encuentra el agua. (SNET, 2012).

Tabla 2. Parámetros a analizar NSF

FÍSICOS	QUÍMICOS	MICROBIOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ pH ✓ Temperatura ✓ Turbiedad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ DBO5 ✓ Fósforo totales ✓ Nitratos ✓ Oxígeno disuelto ✓ Solidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coliformes fecales

Elaborado por: Equipo de Trabajo

6.10.2. ICA. DINIUS.

El método Dinius se puede adaptar y modificar de acuerdo con las condiciones prevalecientes en nuestro medio o de cada sistema acuático en particular (ríos, lagos, lagunas, etc.).

Para la aplicación del índice de calidad de agua Dinius (1987) se considerará las doce variables: fisicoquímicas y microbiológicas; siendo que Dinius está enfocado análisis de agua para usos como la agricultura, pesca, industria y recreación, considerando que puede ser adoptado y modificado de acuerdo con las condiciones prevalecientes en el medio y al sistema acuático que se esté realizando la investigación. (Ruiz,2007)

Los parámetros que se analizarán son:

Tabla 3. Parámetros para ICA – Dinius

FÍSICOS		QUÍMICOS		MICROBIOLÓGICOS	
✓	Color	✓	Alcalinidad total	✓	Coliformes fecales
✓	Conductividad eléctrica	✓	Cloruros	✓	Coliformes totales
✓	pH	✓	DBO5		
✓	Temperatura	✓	Dureza		
		✓	Nitratos		
		✓	Oxígeno disuelto		

Fuente: Ruiz, 2007

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

6.10.3. Índice EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera):

Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Siendo de gran importancia que una vez que se haya identificado los grupos presentes en cada área, se procede a anotar en la columna de Abundancia de Individuos de la Hoja de Campo 1 la cantidad de macroinvertebrados frente al grupo que corresponda. Si algún grupo no corresponde a ninguno de los grupos que constan en la lista, anote el número de individuos frente a la fila de otros grupos, y sumar todos los números de la columna de Abundancia de Individuos y anotar el resultado en el cuadro de total; copiar los mismos números que están en las filas de color de la columna de Abundancia de Individuos en la columna de EPT Presentes,

de acuerdo a los grupos de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), procediendo a realizar una sumatoria de los valores que se le va a los macroinvertebrados de ETP y posteriormente se divide para el total de abundancia de individuos y multiplicar por cien para proceder a obtener el porcentaje y estimar la clase y categoría con el cuadro de calificaciones.

6.10.4. Índice BMWP/COL.

Es un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se necesita invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1.0. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. (Roldán, 2003).

Se evaluarán los siguientes parámetros de las comunidades de macro invertebrados acuáticos estudiados:

- a. **Riqueza (S).** - Número total de morfoespecies en cada punto de muestreo.
- b. **Abundancia (N).** - Número total de individuos registrados en cada punto de muestreo.
- c. **Abundancia relativa (%).** - Número de individuos de cada especie
- d. multiplicado por cien y dividido por la abundancia total registrada en cada cuerpo de agua. Además, se aplicara la siguiente escala: Raro (1 a 3 individuos), Común (4 – 9 individuos), Abundante (10 - 49 individuos) y Dominantes (50 o más individuos) (EPA, 1989).
- e. **Morfoespecies indicadoras.** - Se usara la clasificación de Roldán (2003), que considera a las morfoespecies con puntajes BMWP/Col de 8 -10 como de Clase I = Indicadores de Buena calidad; las morfoespecies con puntajes BMWP/Col de 4 -7 como de Clase II = Indicadores de Mediana Calidad y las morfoespecies con puntajes BMWP/Col de 1 – 3 como de Clase III = Indicadores de Mala Calidad.

Es de vital importancia destacar que en este trabajo investigativo se realizó la comparación de resultados del análisis del laboratorio con los resultados obtenidos de las metodologías establecidas para la determinación del índice biológico de la calidad del agua.

6.10.5. Índice ABI (Andean Biotic Index)

El índice ABI, en español Índice Biótico Andino, es un índice biológico que se lo puede aplicar en zonas específicas para poder conocer el estado exacto de las condiciones del cuerpo hídrico.

La aplicación de este método permite realizar la determinación de la calidad del agua superficial, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del cuerpo hídrico en estudio. (Ríos-Touma et Al,2014)

Este índice ABI está basado en el índice BMWP, teniendo una aplicación de una altura sobre los 2.000 msnm. Hay que considerar que al momento de identificar los macroinvertebrados de las muestras obtenidas en la etapa de muestreo se realizó a nivel taxonómico de familias y su respectivo orden, específicamente de cada muestra. (Acosta, et al.,2009)

6.10.6. Índice. IBF (Family Biotic Index)

El Índice Biótico de Familias (IBF) es conocido como el índice de calidad que permite la relación de la diversidad de las familias identificadas en los distintos monitoreos de macroinvertebrados que se realiza, con el nivel de abundancia de las mismas familias que permiten relacionar el número de especímenes con la tolerancia de los mismos a los contaminantes

Hay que considerar que este índice fue diseñado por Hilsenhoff en 1982, dentro de las características principales tenemos que es cualitativo y cuantitativo que permite hacer una relación entre la tolerancia de los taxones con la abundancia, siendo que el valor resultante, dará razón de los promedios ponderados. (Mandaville,2002; Segnini,2003)

Las causas de contaminación son variadas; sales, eutrofización (nitritos y nitratos), vertidos industriales, etc., destacando la contaminación por parte de la materia orgánica, procedente de vertidos urbanos, actividades ganaderas, agrícolas o industriales con manipulación de compuestos orgánicos.

7. HIPÓTESIS

(Hi) Hipótesis alternativa

- En la Laguna Santo Domingo, mediante la aplicación de los índices de calidad de agua por bioindicadores (EPT, BMWP/Col, I.ABI, I.IBF e ICA – DINIUS, ICA - NSF) y los análisis físicos, químicos y microbiológicos, permiten determinar la calidad del agua.

(Ho) Hipótesis nula

- En la Laguna Santo Domingo, mediante la aplicación de los índices de calidad de agua por bioindicadores (EPT, BMWP/Col, I.ABI, I.IBF e ICA – DINIUS, ICA – NSF) y los análisis físicos, químicos y microbiológicos, no permiten determinar la calidad del agua.

8. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)

8.1. Ubicación del área de estudio

La Laguna Santo Domingo, se ubica en un páramo pluvial sub-alpino (PpSA) dentro del Parque Nacional Cotopaxi, a 4005 msnm, ubicada en la parroquia de Machachi, perteneciente al cantón Mejía, de la provincia de Pichincha, aunque inicialmente se asumió que se encontraba dentro de la provincia de Cotopaxi.

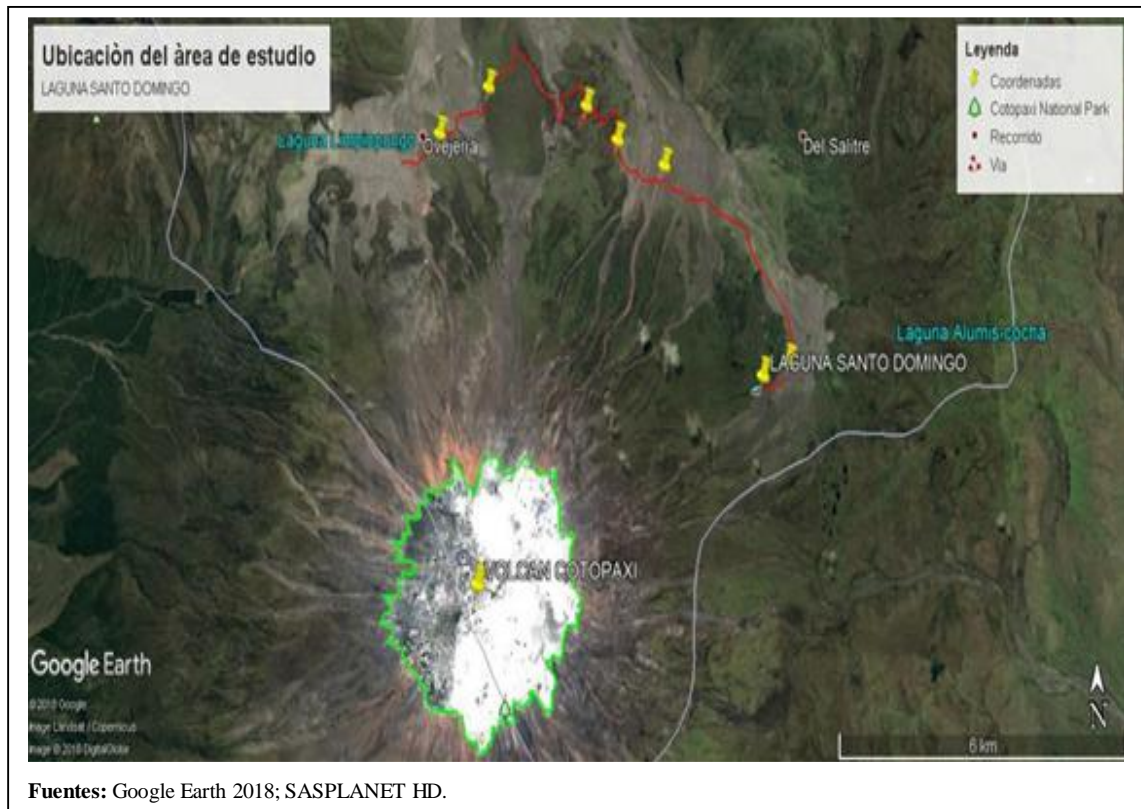
La laguna cuenta con una superficie aproximadamente de 1588 m², la temperatura referente y/o variable del Parque Nacional Cotopaxi está entre los 9°C y 11°C, y los extremos absolutos están entre los 0°C y 22°C, teniendo como precipitaciones promedio de 1.000 a 2.000 mm por año.

En la laguna Santo Domingo, dentro de las visitas que se realizó, se observaron que en las áreas cercanas a la laguna es escasa en especies arbustivas nativas, siendo las más comunes en esta área: achupalla, licopodio, cojín (colchón de pobre), y pajonales.

Además se localizan en la zona especies de animales silvestres como: venado, conejos silvestres, bovinos y equinos silvestres, también entre las especies de aves tenemos: pato, cóndor andino, curiquire y gaviota andina.

En la Imagen 1, se delimita la ubicación del área de estudio “Laguna Santo Domingo”, dentro del Parque Nacional Cotopaxi.

Imagen 1. Ubicación del área de estudio.



8.2. Fase de campo

8.2.1. Área de estudio

Para poder establecer los puntos de muestreo se realizó la georeferenciación de la Laguna Santo Domingo, posteriormente se ubica cinco puntos estratégicos para la recolección de macroinvertebrados. Los cuales permitieron realizar la presente investigación.

Por lo tanto en la Laguna Santo Domingo se procedió a la toma de muestras de macroinvertebrados los meses de: Abril, Mayo y Junio del 2018, correspondientes a la época de invierno, transición y seca.

Hay que considerar que en los meses de abril y junio se procedió a realizar la toma de muestras de agua de la Laguna Santo Domingo para su posterior análisis físico – químico y microbiológico en un laboratorio.

En la Imagen 2, se observa la georeferenciación del área de estudio “Laguna Santo Domingo”, con los 5 puntos de muestreo, el área y su longitud.

Imagen 2. Imagen en relieve de la zona de estudio y los puntos de muestreo.

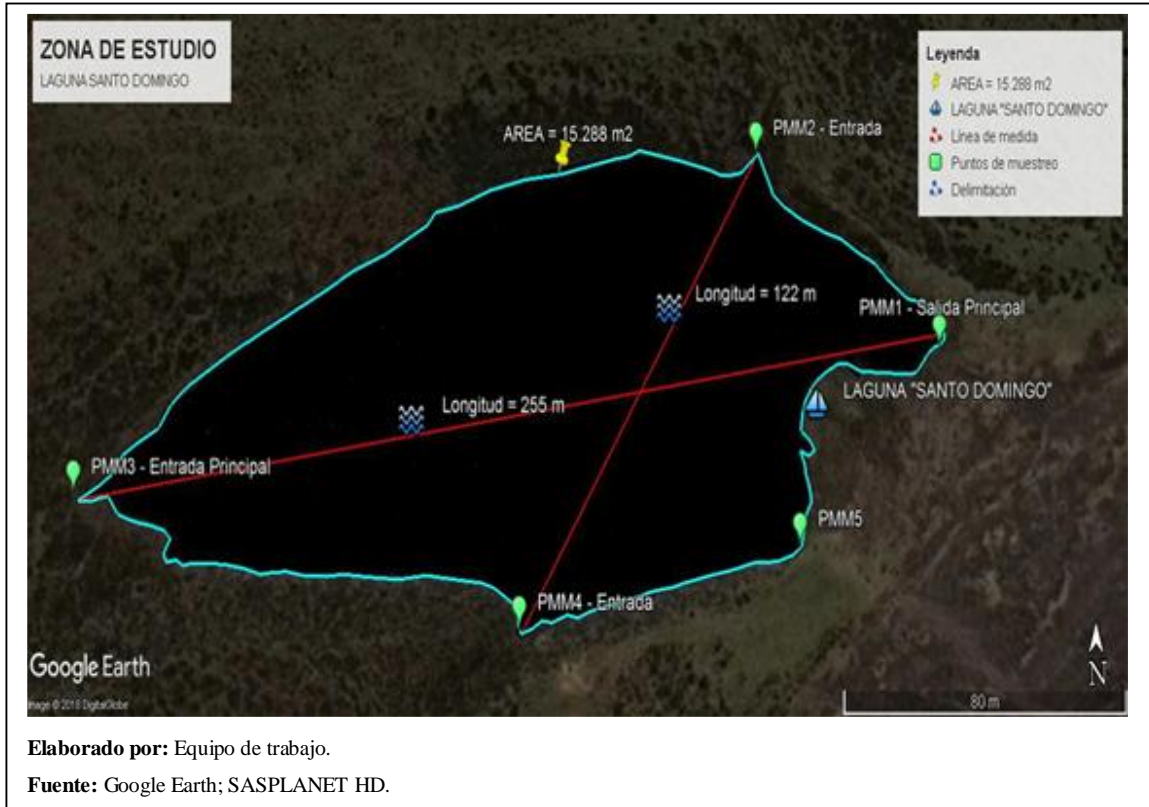


Tabla 4. Coordenadas del área de estudio

COORDENADAS			
PUNTO	X	Y	MSNM
1	9927337	791812	4014
2	9927577	791745	4009
3	9927318	791549	4006
4	9927260.73	791647.71	4006
5	9927309.75	791761.33	4005

Elaborado por: Equipo de Trabajo

8.3. Métodos

8.3.1. Método Inductivo:

Se planificó la observación tratando de obtener conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares tomados en el muestreo, en el área de estudio. (Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi).

8.3.2. Método Deductivo:

Con este método se procedió al análisis de los datos obtenidos de las muestras de agua tomados en la Laguna Santo Domingo en el trabajo de campo, para generalizar a otros sectores, a partir de un razonamiento de forma lógica o suposiciones y proponer conclusiones.

8.3.3. Método de inducción científica:

Se realizó el estudio de la Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi, mediante esta inducción científica que facilitó el apoyo en métodos empíricos como la observación de la biodiversidad en los alrededores del área de estudio.

Se llevó a cabo el registro de las especies para determinar la abundancia y sensibilidad, el grado de tolerancia hacia la contaminación, mediante el estudio científico de las especies recolectadas.

8.3.4. Método de la medición:

Se realizó una observación precisa de la presencia de una determinada propiedad y cualidad de cada especie observada en cada uno de los puntos de muestreo que se realizó en la laguna Santo Domingo, atribuyendo valores numéricos, niveles de tolerancia y relaciones para evaluarlas, las cuales permitieron representarlas adecuadamente, en los resultados de la presente investigación.

8.3.5. Método cuantitativo:

Este método se llevó a cabo el conteo de cada individuo identificado en el área de estudio, la clasificación en categorías de acuerdo a las características taxonómicas encontradas y la valoración del índice de calidad de agua, la elaboración de cálculos basados en cifras a través del registro de datos.

8.4. Tipos de investigación

Tipos de investigación que se utilizó en la presente investigación: Servicios de asesoría metodológica. (2011).

8.4.1. Investigación descriptiva:

Se interpretó correctamente los resultados de las muestras de agua que se obtuvieron en los meses de abril y junio del 2018, de la Laguna Santo Domingo, en la cual se incluyeron los siguientes tipos de estudios: investigativos y análisis de laboratorio. Se clasificó los indicadores cuantitativos y cualitativos obtenidos a través de recolección de las especies. La organización de la información se realizó en tablas de distribución, es decir, se comprendió la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, los aspectos relevantes, característicos, específicos y distintivos de cada una de las especies encontradas para determinar su clasificación.

8.4.2. Investigación explicativa:

Mediante este tipo de investigación, se centró en la aplicación de distintos indicadores (Índice EPT, Índice BMWP/Col, Índice ABI, Índice IBF, ICA-DINIUS e ICA-NSF) aplicados e identificados para obtener una información certera de la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo en el período de evaluación abril (lluvioso), mayo (transición) y junio (seca - estiaje).

Se desarrolló una investigación explicativa puesto que la Laguna Santo Domingo es poco estudiada y con poca información, siendo primordial el estudio de macroinvertebrados, por lo cual permitió tener datos que facilitan la determinación de la calidad del agua de la misma.

8.4.3. Investigación Bibliográfica:

Este tipo de investigación permitió obtener información necesaria sobre la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, puesto que ésta proporcionó el conocimiento para el desarrollo del proyecto de investigación, al desarrollar hipótesis y comparación de resultados obtenidos. Se indagó información acerca de las especies de macro invertebrados recurriendo a diversos medios como revisión de libros, citas bibliográficas, internet, etc. (Metodología de la Investigación Científica, 2013)

8.4.4. Investigación de Campo:

Se realizó directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio en el cual se realizó la toma de muestras de agua y recolección de macroinvertebrados.

De acuerdo a los objetivos de la investigación, se ejecutó lo establecido para poder realizar la determinación de los puntos de muestreo en el área de trabajo, utilizando programas como GPS, Google Earth Pro, SAS Planet y ArcGis lo cual permitió realizar los respectivos monitoreos de las especies de macroinvertebrados y toma de las respectivas muestras de agua de la entrada y salida principal del caudal.

8.5. Técnicas de investigación:

Técnicas de investigación utilizadas: Conceptos básicos de metodología de la investigación. (2010)

8.5.1. Observación

Se observó directamente el área de estudio (Laguna Santo Domingo), en la cual se procedió a recolectar macroinvertebrados y muestras de agua respectivamente y poder obtener el mayor número de datos eficaces para la investigación.

- **Observación estructurada:** se realizó con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas, cuadros y tablas.
- **Observación de campo:** se la realizó en la etapa de recolección de especies y toma de muestras de agua in-situ en la Laguna Santo Domingo.

8.5.2. Muestreo de agua (análisis físico-químico y microbiológico):

Se procedió a extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características. Norma técnica ecuatoriana INEN 20169:98 en la cual especifica que los recipientes de muestras para análisis físico – químicos y microbiológicos deberán ser recipientes, jarras o botellas de boca ancha ya sean de plástico o vidrio.

8.5.2.1. Protocolo para la toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico

8.5.2.1.1. Fase de campo:

Con los puntos de muestreo identificados para la toma de muestras de agua en la entrada principal y la salida del caudal de la Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi, en los días 09 de abril y 20 de junio del 2018, se aplicó el siguiente protocolo.

- **Llenado del recipiente.**

Se realizó la toma de muestras de aguas, dando cumplimiento a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98 Para ello se procedió a esterilizar los frasco con el agua de la Laguna Santo Domingo, por tres veces, y posteriormente al llenado de los frascos completamente y cerrado dentro del agua de tal forma que no exista aire para evitar la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte hacia el laboratorio.

- **Identificación de las muestras.**

Las muestras de agua fueron identificadas y etiquetadas con su respectiva fecha, hora, punto y lugar de muestreo del cual fue tomada, permitiendo que en el laboratorio no exista margen de error.

- **Técnica de conservación.**

Las muestras obtenidas en las diferentes fechas de muestreo, se mantuvieron a una temperatura alrededor de 2 °C y 5 °C, conservándolas en un cooler con una cierta cantidad de hielo que permitió alcanzar dicha temperatura, mientras se transportó las muestras al laboratorio.

- **Transporte de las muestras.**

Los recipientes con las muestras de agua, fueron protegidos y sellados para evitar que se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte desde la Laguna Santo

Domingo hasta la ciudad de Ambato (abril) y Sangolqui (junio) donde se encuentra el laboratorio. Durante la transportación, las muestras fueron guardadas en un ambiente fresco y protegidas de la luz; cada muestra fue colocada en un recipiente individual e impermeable.

8.5.2.1.2. Fase de laboratorio

- **Recepción de las muestras al laboratorio.**

Las muestras fueron transportadas al laboratorio en la ciudad de Ambato y Sangolqui, las muestras que fueron obtenidas de los monitoreos en los meses de abril -09 y junio -20 del 2018, fueron conservadas y depositadas en refrigeradoras bajo condiciones establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98 previniendo cualquier tipo de contaminación externa y cambio en su contenido.

Tabla 5. Parámetros a analizarse en el análisis físico-químico y microbiológico.

FÍSICOS	QUÍMICOS	MICROBIOLÓGICOS
Color	✓ Alcalinidad total	Coliformes Fecales
Conductividad eléctrica	✓ Cloruros	Coliformes Totales
pH	✓ DBO5	
Sólidos en suspensión	✓ DQO	
Temperatura	✓ Dureza	
Turbidez	✓ Fosfato total	
	✓ Nitrógeno (N)	
	✓ Nitritos (NO ₂)	
	✓ Nitrato (NO ₃)	
	✓ Oxígeno disuelto	
	✓ Potasio (K)	
	✓ Sales disueltas	

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.3. Recolección de las muestras para el análisis de los macroinvertebrados.

8.5.3.1. Fase de campo

La fase de campo se efectuó en los meses de abril – 09, mayo - 10 y junio - 20 de 2018. Dentro de cada punto de muestreo se limitó un tramo entre 30 y 50 metros en donde se procedió a tomar las respectivas muestras de los diferentes especímenes. Se empleó la técnica de colección con red Surber que es una malla de apertura de 250 µm y una área de 0.1 m². La cual consiste en atrapar los individuos, mismos que fueron identificados en el laboratorio, se emplearon varios frascos los cuales fueron etiquetados con la fecha, hora y punto de muestreo, por lo tanto, en

todos los frascos del área de monitoreo y/o control, se identificó y contó los individuos de cada grupo para obtener el número total de individuos (abundancia) y hacer lo mismo con todos los frascos del área muestreada.

La técnica consiste en introducir la red en la laguna en un punto de muestreo determinado. Se procedió a remover y golpear el sustrato dinámicamente con los pies durante un minuto aproximadamente. Esto se repitió en los cinco puntos de monitoreo establecidos en la Laguna Santo Domingo, siendo monitoreadas las épocas climáticas establecidas (precipitación, transición y seca -estiaje).

Con el fin de obtener información más precisa acerca de las condiciones de la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo la presencia de macroinvertebrados, siendo estos recolectados en la red Surber, se separaron los macroinvertebrados de los otros animales con la ayuda de una pinza entomológica. Los especímenes separados se colocaron en frascos previamente etiquetados con alcohol al 96% para cada una de las muestras. Al momento de tomar las muestras del cuerpo de agua se registraron en una libreta información referente a: coordenadas geográficas, fecha, hora de muestreo, clima, hábitat, descripción del cuerpo de agua, entre otros.

Con la ayuda de la lámina de identificación se agruparon los individuos que se parecen entre sí, se identificaron a qué grupo pertenecen y contar cuántos individuos tiene cada grupo. Este proceso se repitió con los macroinvertebrados recogidos en los otros frascos de los distintos puntos.

Las láminas para la identificación de los especímenes de macro facilitaron identificar los grupos más comunes, que se encuentran en los ríos, esteros y lagunas.

La imagen de cada especie de macroinvertebrado identificado en la laguna Santo Domingo permitió obtener la siguiente información:

- Su clasificación científica.
- Nombres locales.
- Figuras o dibujos que indican el tipo de alimentación y el lugar donde vive.

- Además, un número que muestra la sensibilidad de cada macro invertebrado a la contaminación.

Tabla 6. Cronograma de muestreo macroinvertebrados acuáticos.

ID	METODOLOGÍA	FECHA	HORAS	HORAS TOTAL
Abril-2018				
PM1	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	09-abr-18	09:00 am	1 Hora
PM 2	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	09-abr-18	10:00 am	1 Hora
PM 3	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	09-abr-18	11:00am	1 Hora
PM 4	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	09-abr-18	12:00am	1 Hora
PM 5	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	09-abr-18	13:00pm	1 Hora
Mayo-2018				
PM 1	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	10-may-18	09:00 am	1 Hora
PM 2	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	10-may-18	10:00 am	1 Hora
PM 3	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	10-may-18	11:00am	1 Hora
PM 4	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	10-may-18	12:00am	1 Hora
PM 5	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	10-may-18	13:00pm	1 Hora
Junio-2018				
PM 1	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	22-jun-18	09:00 am	1 Hora
PM 2	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	22-jun-18	10:00 am	1 Hora
PM 3	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	22-jun-18	11:00am	1 Hora
PM 4	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	22-jun-18	12:00am	1 Hora
PM 5	Muestreos cuantitativos, con la utilización de red Surber	22-jun-18	13:00pm	1 Hora

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.3.2. Fase de laboratorio

Una vez transportadas las muestras de macroinvertebrados al laboratorio, se utilizaron materiales como: estéreo microscopio, cajas petri y pinzas entomológicas, para analizar las muestras de macroinvertebrados acuáticos obtenidas del cuerpo de agua de la Laguna Santo Domingo.

A los especímenes se los identificaron en cuanto a orden, familia y género con la ayuda de guías de campo y guías fotográficas pertinentes (Roldan 1988, Carrera y Fierro 2001, Fernández y Domínguez 2001, Merrit & Cummins 1996). Las muestras permitieron realizar análisis cuantitativos y cualitativos de cada uno de los puntos de muestreo.

8.5.3.3. Frecuencia de muestreo:

Las salidas de campo para los diferentes muestreos se realizaron durante las épocas húmeda (abril), transición (mayo) y seco (junio) del 2018, cuya frecuencia de muestreo se lo hicieron una vez por mes durante un período establecido anteriormente, donde se colectaron las muestras para su posterior análisis.

8.5.4. Índices de calidad de agua

8.5.4.1. ICA

El ICA se aplicó para la evaluación de los constituyentes que afectan la calidad del agua para sus diferentes usos y resumir esta evaluación en un simple valor que sirvió como una manera de comunicar y representar la calidad del agua de la laguna Santo Domingo.

Un Índice de calidad de agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua en una determinada fecha de muestreo y se expresa como porcentaje del agua pura; siendo así que, un agua altamente contaminada presenta un ICA cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un índice cercano a 100% (Torres, Patricia; Hernán, Camilo; Patiño, Paola Janeth, 2009)

8.5.4.2. ICA - NSF (National Sanitation Foundation):

Al ser este índice, el más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales a nivel mundial, facilitó medir la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, se empleó variables fisicoquímicas y microbiológicas, teniendo a favor que la información resultante, será más fácil de interpretar ya que se agruparon los elementos contaminantes más representativos como instrumento para determinar el deterioro de la calidad de agua de la laguna Santo Domingo.

El índice NSF (1978) se fundamenta en la ecuación:

$$NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi$$

donde,

- SI es el subíndice de la variable i, y
- Wi es el peso ponderado del subíndice i (Otto, 1978)

Tabla 7. ICA NSF, pesos y unidades establecidos

Variables	Valor WI- NSF (1978)	Unidades
Oxígeno disuelto	0,17	mg/l
Coliformes fecales	0,16	NMP/100 ml
pH	0,11	un.pH
DBO5	0,11	mg/l
Nitratos	0,10	mg/l
Fósforo totales	0,10	mg/l
Δt °C de equilibrio	0,10	°C
Turbiedad	0,08	UNT
Sólidos totales	0,07	mg/l

Fuente: Ruiz, 2007

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Por tal razón la presente tabla permitió realizar la comparación de los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, con los rangos establecidos del Índice de Calidad del Agua, NSF.

Tabla 8. Caracterización de resultados a base del Índice NSF

Índice de NSF (1978)		Color
Calidad	Rango	
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Media	51-70	Amarrillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Rojo

Fuente: Ruiz, 2007

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.4.3. ICA - DINIUS.

Se realizó el estudio con la aplicación de este índice por la amplia utilización de parámetros físicos químicos y microbiológicos, los cuales permitieron realizar un análisis detallado de la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, con respecto para el aprovechamiento turístico, ya que se encuentra dentro de un área protegida.

El índice de calidad de Dinius (1987) se determina como:

$$ICA = \prod_{i=1}^n Q_i^{W_i}$$

donde,

- W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderado entre 0 y 1 de forma que cumplan una sumatoria que sea igual a uno
- Q_i es la calidad del parámetro (i), considerando la concentración (1-100)
- PI representa la operación multiplicativa de las variables Q elevadas a la W_i . (Brown, 1973)

Tabla 9. Pesos ponderados para cada variable según el Índice Dinius

Variable	Valor Wi-Dinius (1972)	Unidades
Oxígeno disuelto (%)	0.109	mg/l
Coliformes totales	0.090	NMP/100ml
Coliformes fecales	0.116	NMP/100ml
pH	0.077	Un.pH
Demanda bioquímica de oxígeno	0.097	mg/l
Diferencia de Temperatura	0.077	°C
Conductividad eléctrica	0.079	µs/cm
Color	0.063	UC
Dureza	0.065	mg/l
Cloruros	0.074	mg/l
Alcalinidad total	0.063	mg/l
Nitratos	0.090	mg/l

Fuente: Dinius, 1987

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Por tal razón la presente tabla permitió realizar la comparación de los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, con los rangos establecidos del Índice de Calidad del Agua, Dinius.

Tabla 10. Caracterización de resultados a base del Índice Dinius.

Índice de Dinius (1987)			
Color	Detalle	Uso Recreativo	
		Rango	Detalle
Azul	Excelente calidad	70 – 100	Cualquier tipo de deporte acuático
Verde	Calidad aceptable	50 – 70	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de bacterias
Amarrillo	Contaminación leve	40 – 50	Dudosa para contacto con el agua
Naranja	Contaminada	30 – 40	Evitar contacto
Dorado	Contaminación fuerte	20 – 30	Contaminación visible, evitar cercanía
Rojo	Contaminada exceso	00 – 20	Inaceptable para recreación

Fuente: Dinius, 1987

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.4.4. Análisis EPT (ephemeroptera, plecoptera, trichoptera).

Se utilizó con la finalidad de identificar la presencia de ephemeroptera, plecoptera, trichoptera en la Laguna Santo Domingo, con la finalidad de determinar la calidad del agua de dicha Laguna, considerando la tabla de valoración de macroinvertebrados y siguiente fórmula.

El cálculo consiste en dividir el número de EPT presentes en la muestra para la cantidad total de organismos de la muestra:

$$\text{IEPT} = (\text{NEPT}/\text{N}) * 100$$

donde,

- IEPT = índice EPT
- NEPT = Número total de individuos EPT en la muestra
- N = Número total de individuos en la muestra

Después se procedió a valorar los resultados obtenidos con los valores detallados de acuerdo con esta tabla de sensibilidad.

Tabla 11. Sensibilidad de los macro invertebrados.

CLASE	INDICE ETP (%)	CALIDAD DE AGUA	COLOR
1	75 - 100	Muy buena	Azul
2	50 - 74	Buena	Verde
3	25 - 49	Regular	Naranja
4	0 - 24	Mala	Rojo

Fuentes: Carrera, C. y Fierro, K. 2001.

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.4.5. Índice BMWP/COL.

Se utilizó el Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party), el cual da valores de 1 a 10 a los macro-invertebrados identificados a nivel de familia. Las familias que no toleran la pérdida de la calidad de agua se les darán puntajes altos, mientras que familias que toleran la pérdida de calidad tienen puntajes bajos.

La suma total de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio proporcionaron el valor de la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi.

Se organizó las muestras por las familias, por orden y en cada categoría, con la finalidad de facilitar la identificación en campo o en laboratorio.

Tabla 12. Sistema para la determinación de Índice de Monitoreo Biológico – BMWP- (*Biological Monitoring Working Party Score System*) - Adaptación para Colombia

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Psephenidae, Lampyridae, Lymnessiidae (Hydracarina), Ptilodactylidae, Blepharoceridae Euthyplociidae, Oligoneuriidae, Polymitarcidae, Polythoridae, Perlidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae Odontoceridae, Rhyacophilidae, Hydridae, Unionidae.	10
Gyrinidae, Hirudinae, Scirtidae, Simuliidae, Ephemerae, Leptophlebiidae, Pyralidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Magapodagrionidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae, Ampullariidae, Chordodidae, Gordiidae.	9
alaemonidae, Pseudothelphusidae, Dryopidae, Dytiscidae, Dixidae, Baetidae, Caenidae, Gerridae, Hebridae, Pleidae, Saldidae, Veliidae, Calopterygidae, Lestidae, Helicopsychidae Hidropsychidae (<i>Leptonema</i> y <i>Smicridea</i>), Leptoceridae, Chilinnidae.	8
Imidae, Staphylinidae, Dixidae, Psychodidae (<i>Maruina</i>), Leptohiphidae, Tricorythidae, Corixidae, Mesoveliidae, Notonectidae, Aeshnidae, Naucoridae, Polycentropodidae, Neritidae, Ancylidae, Planorbidae, Hydrobiidae, Melaniidae, Dugesidae, Planariidae	7
Libellulidae, Sialidae, Hyalellidae, Atyidae, Limnichidae, Lutrochidae, Dolichopodidae, Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydrometridae, Nepidae, Corydalidae.	6
Thiaridae, Curculionioidea: Brachyceridae (<i>Neochetina</i> ; <i>Neohydronomus</i>), Haliplidae (<i>Haliplus</i>), Empididae, Stratiomyidae, Tabanidae	5
Chrysomelidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Noteridae, Sphaeridae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Sphaeridae, Lymnaeidae	4
Cylicobdellidae (<i>Blancharidiella</i>), Culicidae, Muscidae, Sciomyzidae, Physidae	3
Todas las familias excepto Tubificidae: <i>Tubifex</i> , Chironomiidae (<i>Chironomus</i> ROJO) Ephydriidae, Syrphidae	2
Tubificidae (<i>Tubifex</i>)	1

Fuente: BMWP/Col.2008

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Tabla 13. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	BUENA	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias.	Azul
II	ACEPTABLE	61-100	Aguas ligeramente contaminadas.	Verde
III	DUDOSA	6-60	Aguas moderadamente contaminadas.	Amarillo
IV0	CRÍTICA	16-35	Aguas muy contaminadas.	Naranja
IV	MUY CRÍTICA	<15	Aguas fuertemente contaminadas.	Rojo

Fuente: (Tomada de Roldan Pérez, G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Ed. Universidad de Antioquia).

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

8.5.4.6. Índice ABI

El Índice Biológico Andino permitió determinar la calidad del agua, la cual se determinó mediante la utilización e identificación de macroinvertebrados como bioindicadores acuáticos naturales, asignando valores 1 a 10 a cada familia y la suma total de dichos valores dados en la etapa de identificación de los macroinvertebrados da el valor específico del índice ABI.

Siendo que este valor se lo debe dividir parra el número total de taxas encontrados en el sitio de monitoreo que se desarrolla la investigación. (Ríos-Touma et Al,2014)

Tabla 14. Valorización de macroinvertebrados según el índice ABI

FAMILIA	PUNTUACIÓN
Athericidae, Blepharoceridae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Polythoridae, Griptopterygiidae, Perlidae, Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Odontoceridae,	10
Calopterygidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	8
Leptohyphidae, Glossossomatidae, Limnephilidae	7
Hyalellidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Hydroptilidae, Ancyliidae,	6
Dryopidae, Elmidae, Hydraenidae, Lampyridae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Simuliidae, Tipulidae, Corixidae, Gerridae, Naucoridae, Notonectidae, Veliidae, Hidropsychidae (<i>Leptonema</i> y <i>Smicridea</i>), Dugesiidae	5
Arrenuridae (<i>Arrenurus</i>), Hydrachnidae (<i>Hidrachna</i>), Limnocharidae (<i>Limnochares americana</i>), Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Limoniidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Baetidae, Belostomatidae, Pyralidae	4
Glossiphoniidae, Ciprididae (<i>Strandesia</i>), Ciprididae (<i>Plesiocypridopsis</i>), Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Staphylinidae, Psychodidae (<i>Maruina</i>), Sphaeridae, Mytilidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Hydrobiidae	3
Chironomiidae (<i>Chironomus</i> ROJO), Culicidae, Ephydriidae, Muscidae	2
Tubificidae (<i>Tubifex</i>), Athericidae	1

Fuente: Acosta, et al., (2009)

Elaborado: Equipo de trabajo

Puntaje que permitió determinar la calidad del agua según el Índice Biótico Andino (ABI).

Tabla 15. Puntaje para la determinación de la calidad del agua según el índice ABI

CLASE	CALIDAD DE AGUA	PUNTUACIÓN	SIGNIFICADO	COLOR
I	Muy bueno	>96	Agua muy limpia, que no ha sido alterada	Azul
II	Bueno	59 – 96	Aguas levemente contaminadas	Verde
III	Regular	35 – 58	Aguas contaminadas, no se sabe la fuente de contaminación	Amarillo
IV	Malo	14 – 34	Aguas muy contaminadas, criticas	Naranja
V	Pésimo	<14	Aguas duramente contaminadas	Rojo

Fuente: Acosta, et al., (2009)

Elaborado: Equipo de trabajo

8.5.4.7. Índice IBF (Índice Biótico de Familias)

El índice IBF permitió evaluar la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo, por lo que este índice biótico de familia se calculó como promedio ponderado de la abundancia de diferentes especies de macroinvertebrados bentónicos. El valor de ponderación es una medida de la tolerancia que presenta cada grupo a la contaminación orgánica. Por cada familia se multiplica

el puntaje de tolerancia por el número de individuos y después se suman los resultados de todas las familias. (Hilsenhoff, 1988).

Por cada familia se determina un valor de tolerancia que va desde 0, que representa el menos tolerante a la contaminación, a 10 que es el más tolerante a la contaminación orgánica. Un valor de cero es asignado a especies que se encuentran únicamente en ríos de muy alta calidad, no alterado y un valor de diez a especies que se encuentran en ríos altamente contaminados, los valores intermedios son asignados a especies que se encuentran entre estas dos condiciones. Se pueden encontrar en la literatura tablas con estos valores. Es importante tener presente que el uso de índices de otras regiones debe ser de las mismas características locales, lo cual es poco factible (Hilsenhoff, 1988).

Para poder desarrollar este índice se tiene la siguiente fórmula para llevar a cabo el valor de IBF:

$$IBF = (\sum ni Ti)/N$$

donde:

- N= número total de individuos en la muestra
- ni= número de individuos para cada taxa
- Ti= valor de ponderación asignado a cada taxa

Tabla 16. Valores de tolerancia de macroinvertebrados del Índice Biótico de Familias

FAMILIA	TOLERANCIA
Athericidae, Blepharoceridae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Corydalidae, Gripopterygiidae, Perlidae, Anomalopsychidae, Leptoceridae	10
Aeshnidae, Calopterygidae, Cordulidae, Gomphidae, Lestidae, Libellulidae, Glossossomatidae, Philopotamidae	8
Ecnomidae, Hydrobiosidae, Limnephilidae, Polycentropodidae	7
Hyaellidae, Hydroptilidae, Ancyliidae	6
Dryopidae, Elmidae, Simuliidae, Hidropsychidae (Leptonema y Smicridea), Dugesiidae	5
Arrenuridae (Arrenurus), Hydrachnidae (Hidrachna), Limnocharidae (Limnochara americana), Curculionioidea: Brachyceridae (Neochetina; Neohydronomus), Haliplidae (Halipilus), Psephenidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae (Maruina), Stratiomyidae, Tabanidae, Baetidae, Caenidae, Belostomatidae, Sialidae	4
Glossiphoniidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Corixidae, Gerridae, Notonectidae, Sphaeridae, Mytilidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
Chironomiidae (Chironomus ROJO), Culicidae, Ephydriidae	2
Tubificidae (Tubifex), Syrphidae	1

Fuente: IBF (1998)

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Tabla 17. Clases de la calidad para el Índice Biótico de Familias

CLASE	IBF	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	COLOR
I	0,00-3,75	Muy bueno, no perturbado	Azul
II	3,76-4,63	Bueno, moderadamente perturbado	Verde
III	4,64-6,12	Regular, perturbado	Amarillo
IV	6,13-7,25	Malo, muy perturbado	Naranja
V	7,26-10,00	Muy malo, fuertemente perturbado	Rojo

Fuente: Mandaville (2002)

Elaborado: Equipo de trabajo

8.6. Instrumentos y materiales

Tabla 18. Instrumentos y materiales que se utilizaron en el proyecto de investigación.

INSTRUMENTOS A UTILIZAR:	MATERIALES A UTILIZAR:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Libretas de campo ✓ Ficha de datos ✓ Ficha de muestreo ✓ Cámara fotográfica ✓ Análisis de laboratorio ✓ GPS (Sistema de Posicionamiento Terrestre) ✓ Microscopio 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Envases esterilizados para muestras 100ml y 1000ml ✓ Lupas ✓ Sellos y etiquetas ✓ Pinzas ✓ Red Surber ✓ Alcohol industrial 96% ✓ Guantes ✓ Marcadores permanentes ✓ Maskin ✓ Botas de caucho ✓ Cernidor de Nylon ✓ Gotero ✓ Microscopio ✓ Cajas Petri ✓ Cámara

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

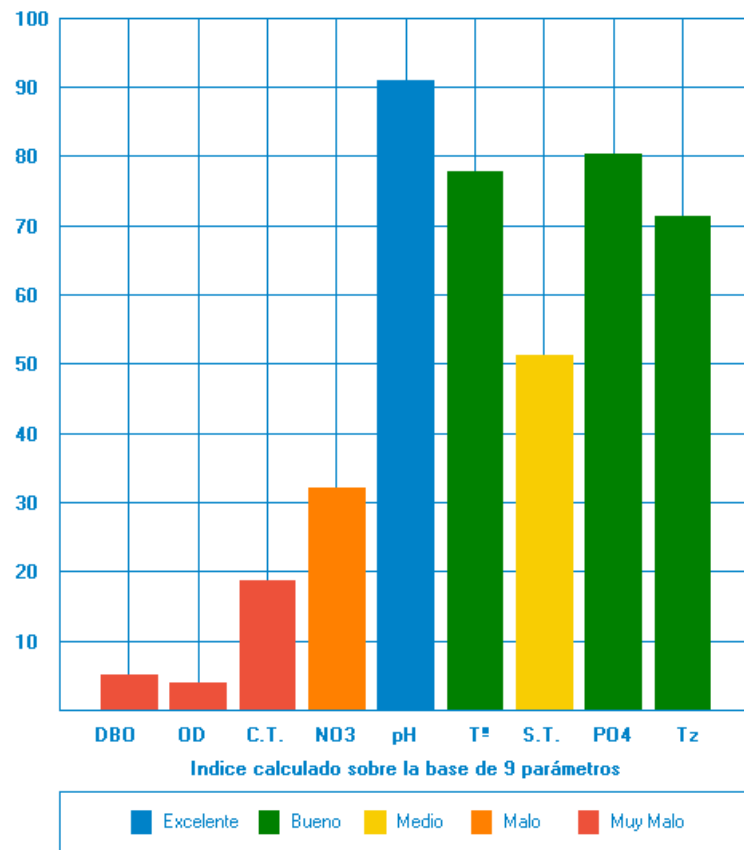
La investigación se realizó en los meses comprendidos entre Abril 2018 y Junio 2018, en la laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi provincia de Pichincha.

9.1. Análisis de resultados

9.1.1. Análisis ICA – INSF - Abril

MUESTRA AGUA (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO – ABRIL 2018

Imagen 3. Análisis NFS - Abril – Valores Q - Entrada



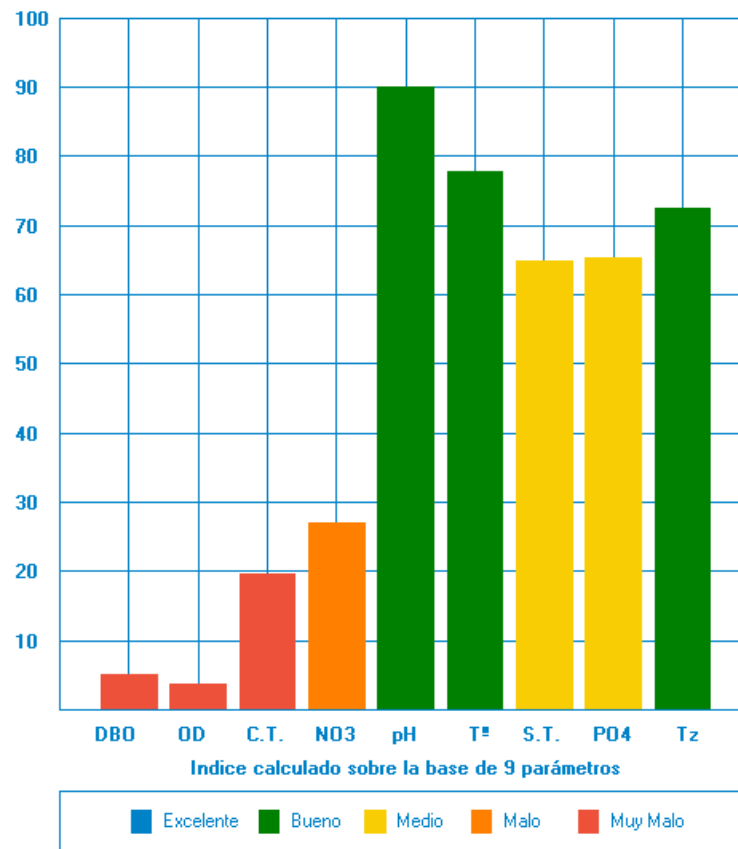
Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 52 mg/L (DBO), 3,7 mg/L (OD), 1800 NMP/100mL (C.F), 25 mg/L (NO3), 7,7 UnpH (pH), 3,8 °C (T°), 364 mg/L (S.T), 0,31 mg/L (PO4), 12,3 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua de la

Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 42,52 dando como resultado una calificación MALA, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO muy malo, OD muy malo, C.F muy malo , NO3 malo, pH excelente, T° bueno, S.T medio, PO4 bueno, y Tz bueno.

MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO - ABRIL 2018

Imagen 4. Análisis NFS - Abril – Valores Q – Salida



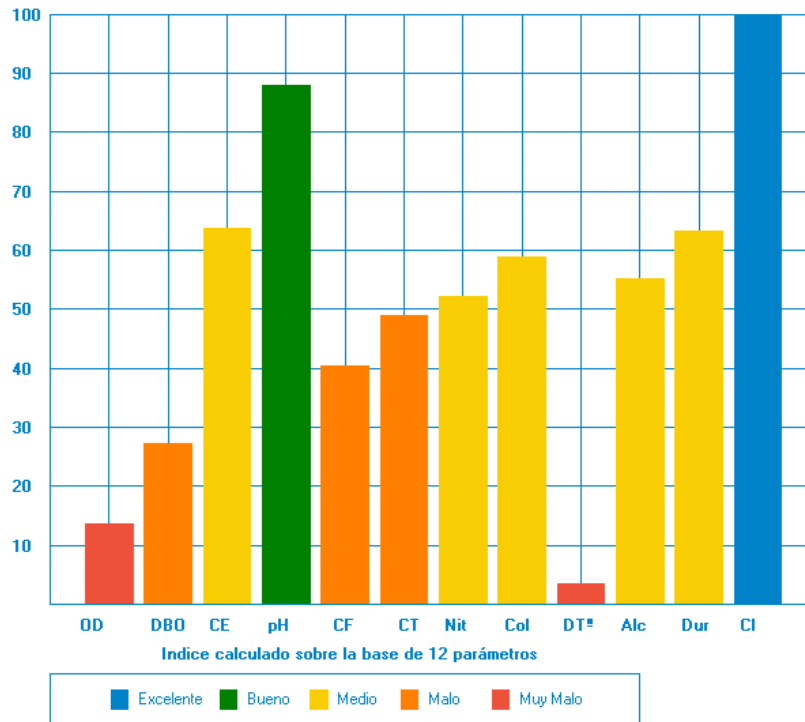
Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 67 mg/L (DBO), 3,2 mg/L (OD), 1620 NMP/100mL (C.F), 30 mg/L (NO3), 7,8 UnpH (pH), 3,8 °C (T°), 258 mg/L (S.T), 0,45 mg/L (PO4), 11,8 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 41,53 dando como resultado una calificación MALA, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO muy malo, OD muy malo, C.F muy malo , NO3 malo, pH bueno, T° bueno, S.T medio, PO4 medio, y Tz bueno.

9.1.2. Análisis ICA – DINIUS - Abril

MUESTRA AGUA (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO - ABRIL 2018

Imagen 5. Análisis DINIUS, Abril – Valores Q - Entrada

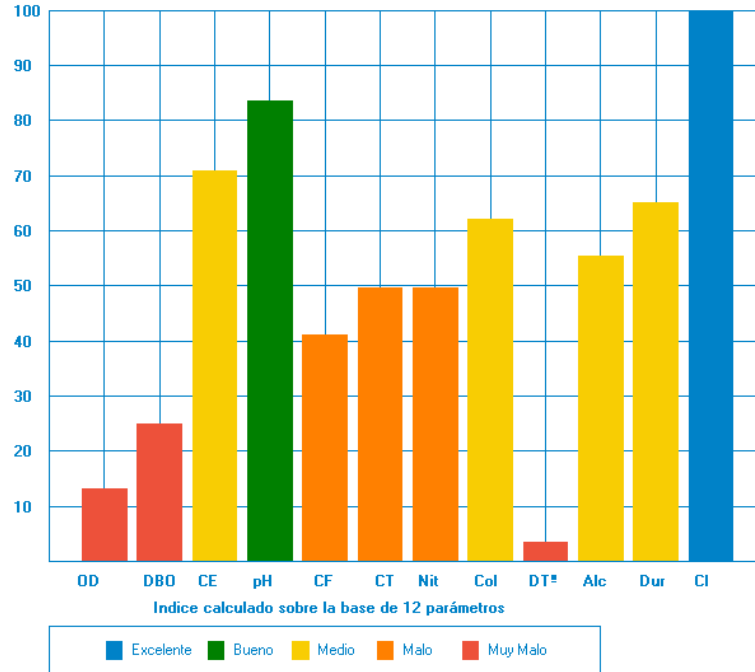


Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores: 3,7 mg/L (OD), 52 mg/L (DBO), 518,8 $\mu\Omega$ /cm (C.E), 7,7 UnpH (pH) , 1800 NMP/100mL (C.F), 2400 NMP/100mL (C.T), 25 mg/L (NO₃), 25 Unid (Col), 3,8 °C (T°), 174 mg/L (Alc), 125 mg/L (Dur), 28 mg/L (Cl), y de acuerdo al ICA Test – Índice DINIUS tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 37,66 dando como resultado una calificación de CONTAMINADA, siendo esta evaluada para uso recreativo, por lo que cada esta calificación y/o ponderación a cada parámetros es: OD muy malo, DBO malo, C.E. medio, pH bueno, C.F malo, C.T malo, NO₃ medio, Col medio, T° muy malo, Alc medio, Dur medio y Cl excelente.

MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO - ABRIL 2018

Imagen 6. Análisis DINIUS, Abril – Valores Q - Salida



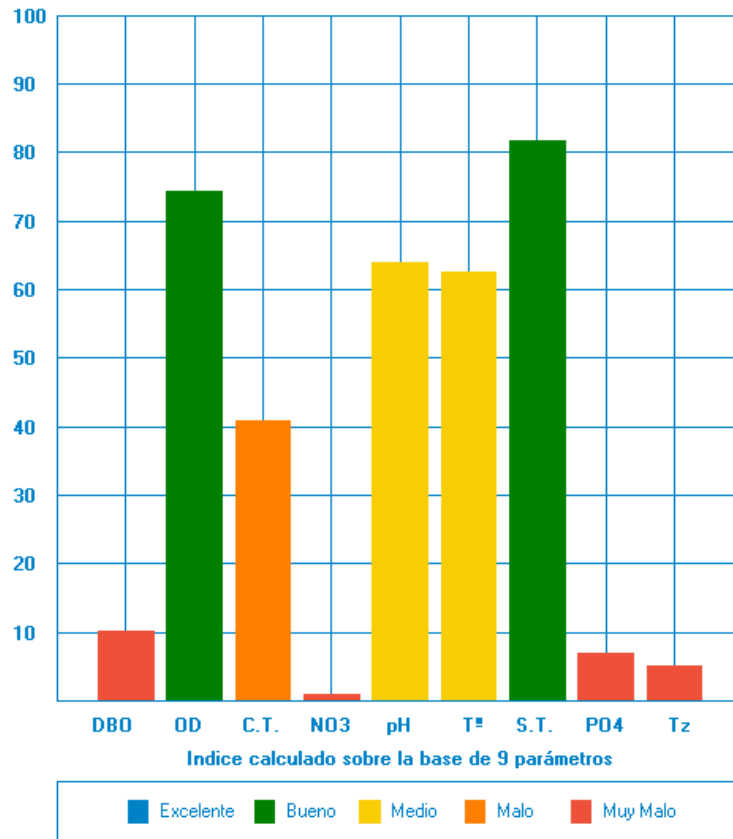
Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores: 3,2 mg/L (OD), 67 mg/L (DBO), 376,6 $\mu\Omega/cm$ (C.E), 7,8 UnpH (pH) , 1620 NMP/100mL (C.F), 2150 NMP/100mL (C.T), 30 mg/L (NO₃), 20 Unid (Col), 3,8 °C (T°), 165 mg/L (Alc), 117 mg/L (Dur), 24 mg/L (Cl), y de acuerdo al ICA Test – Índice DINIUS tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 37,61 dando como resultado una calificación de CONTAMINADA, siendo esta evaluada para uso recreativo, por lo que cada esta calificación y/o ponderación a cada parámetros es: OD muy malo, DBO muy malo, C.E. medio, pH bueno, C.F malo, C.T malo, NO₃ malo, Col medio, T° muy malo, Alc medio, Dur medio y Cl excelente.

9.1.3. Análisis ICA – INSF - Junio

MUESTRA AGUA (3): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO – JUNIO 2018

Imagen 7. Análisis NFS - Junio – Valores Q - Entrada

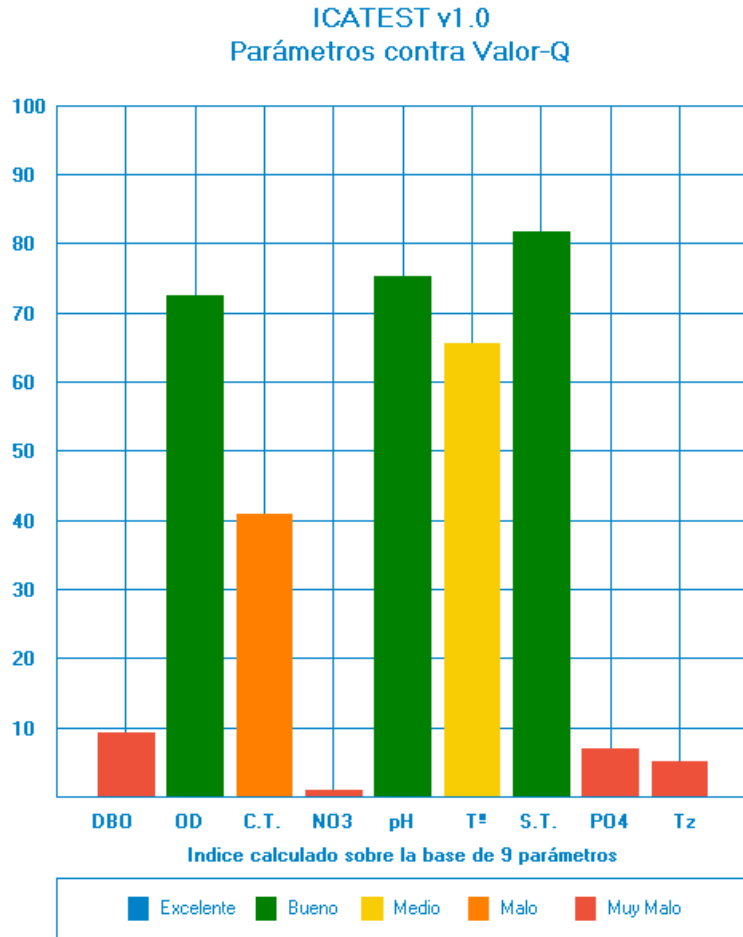


Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 21,42 mg/L (DBO), 69,58 mg/L (OD), 140 NMP/100mL (C.F), 115 mg/L (NO3), 6,3 UnpH (pH), 6,8 °C (T°), 9 mg/L (S.T), 10 mg/L (PO4), 121 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 40,47 dando como resultado una calificación MALA, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO muy malo, OD bueno, C.F malo, NO3 muy malo, pH medio, T° medio, S.T bueno, PO4 muy malo, y Tz muy malo.

MUESTRA AGUA (4): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO - ABRIL 2018

Imagen 8. Análisis NFS - Junio – Valores Q - Salida



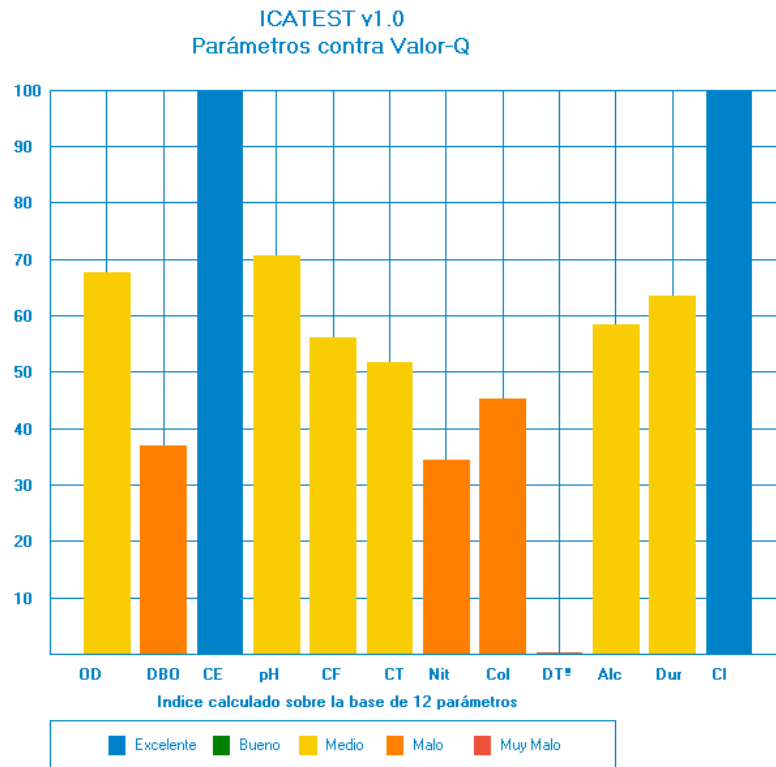
Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 22,32 mg/L (DBO), 68,53 mg/L (OD), 140 NMP/100mL (C.F), 116 mg/L (NO3), 6,6 UnpH (pH), 6,3 °C (T°), 9 mg/L (S.T), 10 mg/L (PO4), 119 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 41,64 dando como resultado una calificación MALA, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO muy malo, OD bueno, C.F malo, NO3 muy malo, pH bueno, T° medio, S.T bueno, PO4 muy malo, y Tz muy malo.

9.1.4. Análisis ICA – DINIUS – Junio

MUESTRA AGUA (3): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO - JUNIO 2018

Imagen 9. Análisis DINIUS, Junio – Valores Q - Entrada

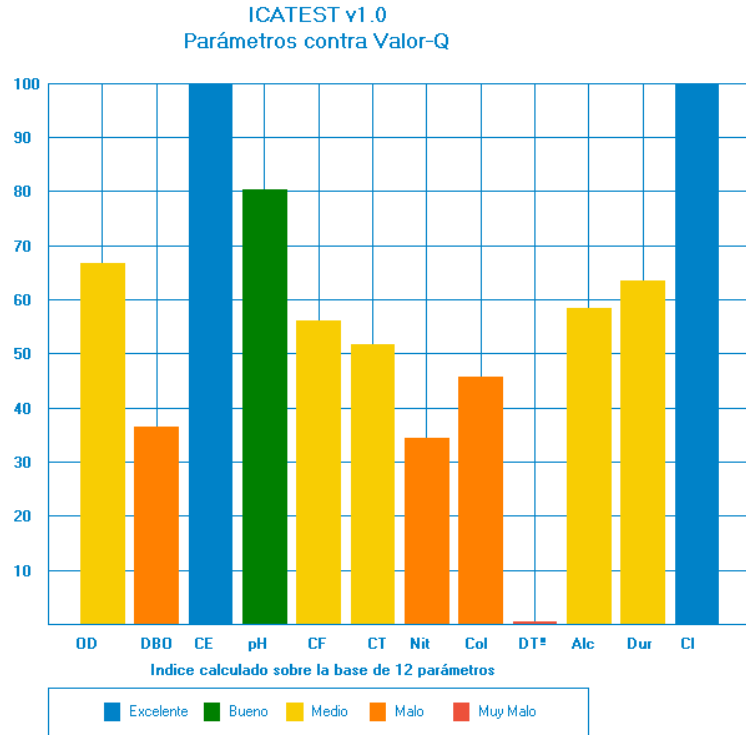


Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores: 69,58 mg/L (OD), 21,42 mg/L (DBO), 19 $\mu\Omega/cm$ (C.E), 6,3 UnpH (pH) , 140 NMP/100mL (C.F), 1600 NMP/100mL (C.T), 115 mg/L (NO₃), 75 Unid (Col), 6,8 °C (T°), 112 mg/L (Alc), 124 mg/L (Dur), 19,74 mg/L (Cl), y de acuerdo al ICA Test – Índice DINIUS tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 38,20 dando como resultado una calificación de CONTAMINADA, siendo esta evaluada para uso recreativo, por lo que cada esta calificación y/o ponderación a cada parámetros es: OD medio, DBO malo, C.E. excelente, pH medio, C.F medio, C.T medio, NO₃ malo, Col malo, T° muy malo, Alc medio, Dur medio y Cl excelente.

MUESTRA AGUA (4): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO - JUNIO 2018

Imagen 10. Análisis DINIUS, Junio – Valores Q - Salida



Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores: 68,53 mg/L (OD), 22,32 mg/L (DBO), 19 $\mu\Omega/cm$ (C.E), 6,6 UnpH (pH) , 140 NMP/100mL (C.F), 1585 NMP/100mL (C.T), 116 mg/L (NO₃), 71 Unid (Col), 6,3 °C (T°), 112 mg/L (Alc), 124 mg/L (Dur), 18,40 mg/L (Cl), y de acuerdo al ICA Test – Índice DINIUS tenemos que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo tiene un valor del índice de 39,93 dando como resultado una calificación de CONTAMINADA, siendo esta evaluada para uso recreativo, por lo que cada esta calificación y/o ponderación a cada parámetros es: OD medio, DBO malo, C.E. excelente, pH bueno, C.F medio, C.T medio, NO₃ malo, Col malo, T° muy malo, Alc medio, Dur medio y Cl excelente.

9.1.5. Comparación de resultados entre los ICA DINIUS Y NFS en la Laguna Santo Domingo

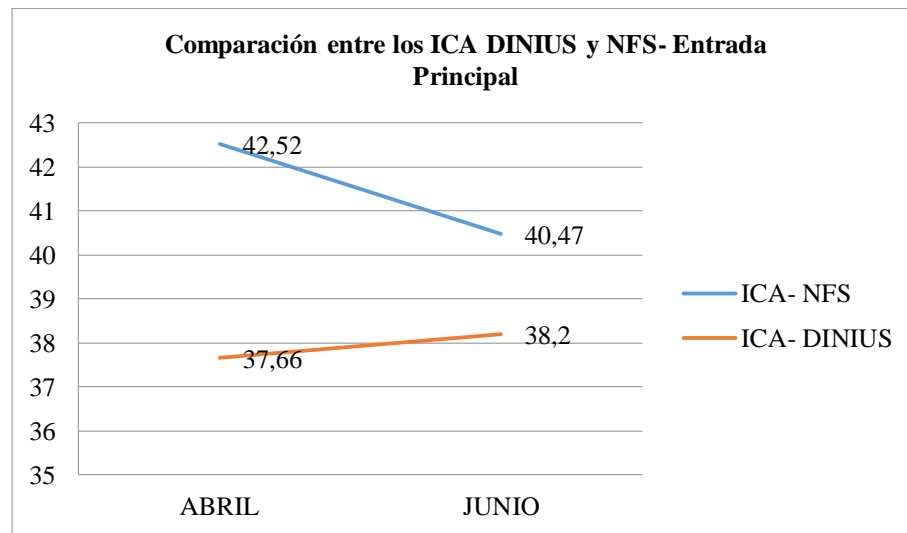
9.1.5.1. Entrada principal del agua, mes de abril y junio.

Tabla 19. Resultados, ICA DINIUS e ICA NFS.

	ABRIL	JUNIO	CALIFICACIÓN
ICA- NFS	42,52	40,47	Mala (26 - 50)
ICA- DINIUS	37,66	38,2	Contaminada (30-40)

Elaborado por: Equipo de trabajo.

Imagen 11. Comparación entre ICA DINIUS e ICA NFS.



Elaborado por: Equipo de trabajo.

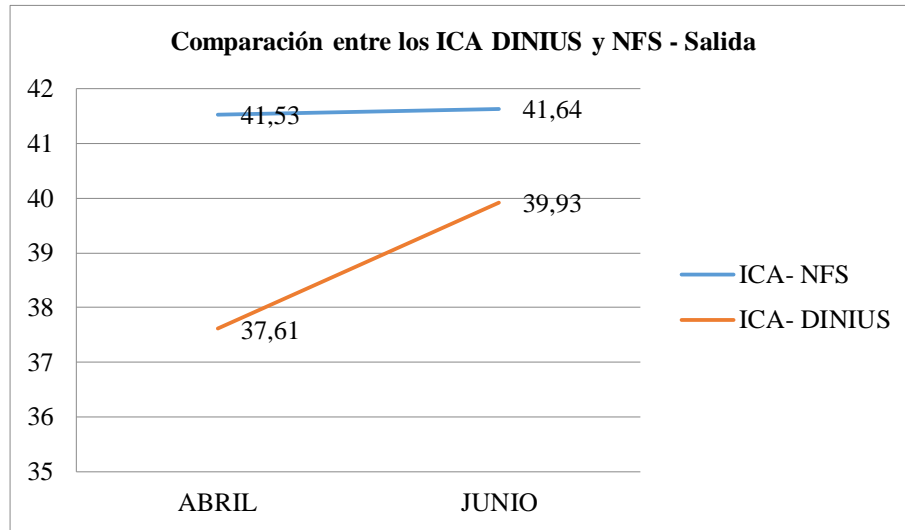
En la imagen N°19 se expresa que en los meses que se realizaron la toma de muestras de agua para su posterior análisis (abril y junio), de la entrada principal de la laguna Santo Domingo, los resultados obtenidos fueron afines con rangos de entre 37 y 42, justificando que los dos índices determinan que la calidad del agua es mala y/o contaminada.

9.1.5.2. Salida principal del agua, mes de abril y junio.

Tabla 20. Resultados, ICA DINIUS e ICA NFS.

	ABRIL	JUNIO	CALIFICACIÓN
ICA- NFS	41 ,53	41,64	Mala (26 - 50)
ICA- DINIUS	37,61	39,93	Contaminada (30-40)

Elaborado por: Equipo de trabajo.

Imagen 12. Comparación entre ICA DINIUS e ICA NFS – Salida

Elaborado por: Equipo de trabajo.

En la imagen N° 20 se determina que en los meses de abril y junio en los cuales se obtuvieron las muestras de agua de la salida principal de la laguna, los resultados adquiridos fueron de un rango entre 37 y 41, siendo similares a los resultados obtenidos de análisis de la entrada principal del cauce, argumentando que los dos índices determinan que la calidad del agua es mala y/o contaminada.

9.1.6. Análisis de macro invertebrados índice EPT:

En los meses monitoreados (Abril, Mayo y Junio, no se identificó familias pertenecientes al grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), por lo tanto no se puede aplicar este índice para la determinación del índice de la calidad del agua.

9.1.7. Análisis índice BMWP/Col:

En la tabla N° 21 se observa los valores de la calidad de agua mediante el índice BMWP con su respectiva clase, para cada mes de muestreo (abril, mayo y junio).

Tabla 21. Calidad del agua mediante el índice BMWP.

	ABRIL	MAYO	JUNIO
BMWP	24	30	37
CLASE	IV	IV	III
CALIDAD	Crítica	Crítica	Dudosa

Elaborado por: Equipo de trabajo.

En la tabla N° 21 se plantea que en los meses de abril y mayo se obtuvieron valores con un rango de similitud de 24 y 30, que determinan una clase IV, lo cual significa que el agua se encuentra en un estado de calidad crítica, mientras que en el mes de junio el valor del índice fue de 37, dando como resultado que la calidad del agua es dudosa, que corresponde a aguas moderadamente contaminadas.

De acuerdo al índice BMWP, para el mes de Abril, se registraron 424 especies, entre las cuales se identificaron 6 familias tolerantes y sensibles, entre ellas las familias sensibles con valores de 6 la familia Hyalellidae, seguido por las familias tolerantes con valores de entre 5 y 1: *Notonectidae*, *Lymnaeidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniidae* y *Tubificidae*.

En el mes de Mayo, el índice BMWP se determinó por 309 especies de 7 familias identificadas, tolerantes y sensibles, entre ellas las familias sensibles con valores de 6, como la familia Hyalellidae y aumentando la familia Libellulidae, seguido por las familias tolerantes con valores de entre 5 y 1: *Notonectidae*, *Tipulidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniida* y *Oligochaeta*.

El resultado obtenido del índice BMWP para el mes de Junio, se determinó a partir de 338 especies de 8 familias identificadas, tolerantes y sensibles, siendo las familias sensibles a la contaminación con valores de 7 y 6, como las familias *Hyalellidae*, *Notonectidae*, *Libellulidae*, *Planariidae*, seguido por las familias tolerantes a la contaminación con valores de entre 4 y 1: *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniidae*, *Tubificidae*, *Lymnaeidae*. Siendo el resultado diferente al de los meses anteriores, ya que se identificó una familia más que no es tolerante a la contaminación.

En los anexos 16, 17, 18, se muestran los valores de tolerancia/sensibilidad establecido a las familias de cada punto de muestreo y cada mes en que se realizó, los mismos con los que se determinaron el índice BMWP.

9.1.8. Análisis Índice ABI:

En la tabla N° 22 se observa los valores de la calidad de agua mediante el índice ABI con su respectiva clase, para cada mes de muestreo (abril, mayo y junio).

Tabla 22. Calidad del agua mediante el índice biológico ABI.

	ABRIL	MAYO	JUNIO
ABI	21	29	32
CLASE	IV	IV	IV
CALIDAD	Malo	Malo	Malo

Elaborado por: Equipo de trabajo.

En la tabla N° 22 se evidencia que en los meses de abril, mayo y junio, se obtuvieron valores similares de entre 21 y 32 que determinan una clase IV, perteneciendo a un estado de calidad mala.

Para lo cual en el mes de Abril, de acuerdo a los valores de tolerancia del índice ABI se identificaron familias tolerantes y sensibles, entre ellas la familia con un valor de 6 como es: Hyalellidae, seguido por las familias tolerantes con valores de entre 5 y 1 las cuales son: *Notonectidae*, *Lymnaeidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniida* y *Tubificidae*.

En el mes de mayo, se identificó dos familias sensibles con valores de 6 como son: Hyalellidae y Libellulidae, seguido por cinco familias tolerantes a la contaminación con valores de entre 5 y 1, las familias *Notonectidae*, *Tipulidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniida* y *Tubificidae*.

Para el mes de junio se recolecto 8 familias, de las cuales dos son sensibles a la contaminación, que se registran con valores de 6, las familias *Hyalellidae* y *Libellulidae*, continuando con las familias tolerantes que son mayoría con valores de entre 5 y 1: *Cylicobdellidae*, *Notonectidae*, *Glossiphoniidae*, *Tubificidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*.

En los anexos 16, 17, 18, se detalla los valores de tolerancia/sensibilidad establecido a las familias de cada punto y mes de muestreo, con los que se determinó el índice biológico ABI.

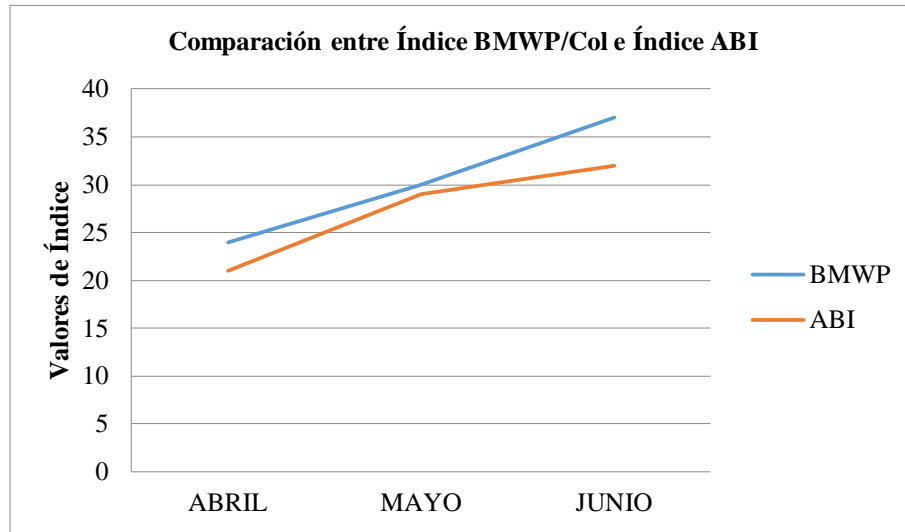
9.1.9. Comparación entre el Índice BMWP e Índice ABI:

En la tabla N° 23 se observa los valores de la calidad de agua entre los índices BMWP e índice ABI, en los tres meses de estudio (abril, mayo y junio).

Tabla 23. Índice BMWP e Índice ABI.

	ABRIL	MAYO	JUNIO
BMWP	24	30	37
ABI	21	29	32

Elaborado por: Equipo de trabajo.

Imagen 13. Comparación entre índices BMWP y ABI.

Elaborado por: Equipo de trabajo.

En la imagen N°21 se demuestra que en los meses de abril, mayo y junio, se obtuvieron resultados similares de entre 21 y 37, comprobando que los dos índices determinan que la calidad del agua es crítica y/o dudosa.

9.1.10. Análisis Índice IBF:

En la tabla N° 24 se observa los valores de la calidad de agua mediante la aplicación del índice IBF con su respectiva clase, para cada mes de muestreo (abril, mayo y junio).

Tabla 24. Calidad del agua mediante el índice biológico IBF.

	ABRIL	MAYO	JUNIO
IBF	3,033	2,974	3,021
CLASE	I	I	I
CALIDAD	Excelente	Excelente	Excelente

Elaborado por: Equipo de trabajo.

En la tabla N° 24 se muestra que en los meses de abril, mayo y junio se obtuvieron valores similares de entre 3,021 y 3,033 que determinan una clase I, lo cual significa que el agua se encuentra en un estado de calidad excelente. Es decir, sin contaminación orgánica aparente.

Según la aplicación del índice IBF, en el mes de abril se identificaron familias tolerantes y sensibles, registrando una familia sensible con un valor de 6, la familia Hyalellidae, seguido

por las familias tolerantes con valores de entre 3 y 1 las familias: *Notonectidae*, *Lymnaeidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniida* y *Tubificidae*.

En el mes de mayo la familia más sensible que se registró con valor de 8, la familia *Libellulidae* y menos sensible con valor de 6, la familia *Hyaellidae*, y las familias tolerantes a la contaminación con valores de entre 3 y 1: *Notonectidae*, *Tipulidae*, *Cylicobdellidae*, *Glossiphoniida* y *Tubificidae*.

En el último monitoreo realizado el mes de junio, se evidencio 8 familias, de acuerdo al valor de tolerancia del índice IBF, se registró una familia con alta sensibilidad a la contaminación con valor de 8, la familia *Libellulidae*, con valor de 6, la familia *Hyaellidae* que es menos sensible y las familias tolerantes con valores de entre 4 y 1: *Cylicobdellidae*, *Notonectidae*, *Glossiphoniidae*, *Tubificidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*.

En los anexos 16, 17, 18, se presenta los valores de tolerancia/sensibilidad establecido a las familias de cada punto de muestreo y cada mes en que se realizó, mediante la aplicación del índice IBF.

9.2. Discusión

La presente investigación demuestra la aplicación de los análisis físico – químico y microbiológicos para calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA), siendo así que el I. NFS (Fundación Nacional de Saneamiento) e I. DINIUS, los cuales fueron aplicados en la Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi, dieron como resultado que las condiciones del agua de la laguna anteriormente dicha en las épocas de precipitación (abril) y seca – estiaje (junio), proporcionaron un valor de calidad del agua, mala y contaminada, que fueron comparadas con la Legislación Ecuatoriana Vigente - TULSMA, libro VI, Anexo I, con la Tabla 10: Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario. Por tal razón tenemos que algunos de los parámetros analizados no se especifica en la legislación (NE), cumple y no cumple, como el oxígeno disuelto, siendo que la Laguna Santo Domingo al ser un cuerpo hídrico de origen natural lentic, no presenta mayor movimiento para poder captar el oxígeno; las coliformes fecales en la época de invierno, ya que la presencia de varios animales silvestres de diferentes especies alrededor de la laguna, existe la gran posibilidad que se eleve este parámetro por la escorrentía que es uno de los abastecimientos principales de dicha laguna; el pH varía de acuerdo a la época estacionaria.

Se sugiere no utilizar el índice IBF ya que no es un índice adecuado para este tipo de sistemas lacustres en la que se realizó en la investigación.

Los factores climáticos como la precipitación y la altitud influyen en la ausencia del grupo Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT), de acuerdo a la guía de Roldán (2003), los cuales son considerados como indicadores de la calidad del agua; las fuertes variaciones en el caudal en los meses estudiados (abril, mayo y junio) disminuyen considerablemente el número de especies, en comparación con los meses de menor caudal hídrico, se determinó la presencia significativa de familias de macro invertebrados; es importante mencionar que muchos organismos se desarrollan dependiendo de las condiciones climáticas del medio.

Las especies más comunes y abundantes detectadas en los puntos de muestreo corresponden a las familias de Notonectidae, Cylicobdellidae e Hyalellidae y las familias que se encontraron en menor abundancia son: Lymnaeidae, Glossiphoniidae, Tubificidae, Libellulidae, Tipulidae y Planariidae, En total se recolectaron 1071 macro invertebrados acuáticos, agrupados en 9 familias, estas familias según los métodos BMWP, ABI e IBF que indican el grado de tolerancia

a la contaminación, mediante la aplicación del índice BMWP se definió las condiciones de la laguna, valorando cada una de las familias identificadas, según la ecología de cada orden y familia de los macroinvertebrados con la guía de Roldan (2003), tomando en cuenta la matriz de sensibilidad de macroinvertebrados acuáticos BMWP/Col. (2008), SENAGUA-Ecuador, dando como resultado que el estado de la laguna pertenece a la clase III y IV, que corresponde a aguas en estado crítico, es decir aguas muy contaminadas y la clase III que se registró en el mes de junio que corresponde a aguas dudosas lo que significa aguas moderadamente contaminadas. Mediante el índice ABI, que es adaptado del índice BMWP para las estribaciones altas ya que presentan iguales valores (Jacobsen, 2008)., se asignó niveles de tolerancia según las características morfológicas y de hábitat de cada familia de macroinvertebrados, tomando como referencia la guía de Roldan (2003), complementando, la matriz de sensibilidad de macroinvertebrados acuáticos ABI, con el proyecto de estandarización de niveles de tolerancia de macroinvertebrados acuáticos SENAGUA - Ecuador, obteniendo resultados similares, ya que se demostró que la laguna se encuentra en una clase IV, que significa mala calidad, es decir, aguas muy contaminadas o críticas. Mientras que el IBF fue aplicado para determinar la contaminación orgánica, sin la necesidad de analizar la identificación específica de los organismos (Hilsenhoff, 1988), de igual manera se estimó los valores de tolerancia a cada familia identificada con la ayuda de la guía de Roldan (2003), concluyendo que, la matriz de sensibilidad de macroinvertebrados acuáticos índice IBF, con el proyecto de estandarización de niveles de tolerancia de macroinvertebrados acuáticos SENAGUA - Ecuador, siendo que el resultado registrado fue de clase I, que concierne a que el cuerpo de agua se encuentra excelente, por lo tanto, la Laguna Santo Domingo se encuentra sin contaminación orgánica aparente.

Los valores de tolerancia a la contaminación estimados según las técnicas aplicadas, los cuatro índices bióticos, dos que son de tipo cuantitativo (ETP – IBF), y dos de tipo cualitativo (BMWP - ABI), servirán como referencia para la elaboración de una guía de macroinvertebrados acuáticos aplicable en Ecuador.

Los organismos poco exigentes pueden ser representados en gran cantidad pero no son indicativos del buen estado del medio, lo que resulta en índices cualitativos bajos (Jacobsen 2008).

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones:

- Mediante la aplicación de los índices I. NFS e I.DINIUS, se determinó que la calidad del agua se encuentra entre mala y contaminada, por otra parte el índice BMWP/Col e índice ABI se demostró que la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo se encuentra en una clase III y IV, que pertenece a aguas críticas, dudosas, malas y contaminadas, mientras que con el Índice IBF, se estableció que el cuerpo de agua se encuentra en clase I, que corresponde a aguas en estado excelente, por lo tanto se encuentra sin contaminación orgánica aparente.
- Durante el tiempo de investigación se recolectaron 1071 individuos de macro invertebrados acuáticos, agrupados en 9 familias, siendo los grupos más representativos las familias Notonectidae, Cyclicobdellidae y Hyalellidae. Las perturbaciones ambientales como la ubicación sobre el nivel del mar y caudal poseen un efecto directo y negativo acerca de la abundancia de las familias del EPT siendo uno de los grupos más sensibles a la contaminación. Dichos factores ambientales a la vez aportan a la poca exuberancia de las familias Lymnaeidae, Glossiphoniidae, Tubificidae Libellulidae, Tipulidae y Planariidae.
- La aplicación de los índices y los análisis físicos - químico y microbiológicos determinaron la calidad del agua de la Laguna Santo Domingo que se encuentra considerada como crítica, mala y contaminada, estos resultados obtenidos permitirán que las entidades competentes propongan estrategias para mejorar la calidad y conservación del recurso hídrico.
- Mediante la aplicación del índice IBF y con los resultados obtenidos del mismo se llegó a la conclusión que se contradice con los demás índices de calidad del agua, por lo cual este índice no se aplica para este tipo de sistemas lacustres.

10.2. Recomendaciones:

- La información proporcionada en este trabajo investigativo es una base para la realización de futuras investigaciones más exhaustivas que permitan generar guías de campo para la identificación de macroinvertebrados presentes en la Laguna Santo Domingo.
- Realizar muestreos durante el transcurso del año para obtener una información más eficaz sobre la variación de calidad del recurso hídrico, diversidad y riqueza de la zona, con el fin de evaluar el impacto ambiental natural y antropogénico.
- Efectuar campañas de educación ambiental para la preservación, medidas de conservación y control de residuos por parte de los visitantes que ingresen al Parque Nacional Cotopaxi, Laguna Santo Domingo.
- Desarrollar estrategias de conservación del recurso hídrico de la Laguna Santo Domingo, conjuntamente con las autoridades competentes, que permitan la protección y conservación de este importante recurso perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) – Parque Nacional Cotopaxi (PNC)

11. BIBLIOGRAFÍA

Abdel-Raouf N, AA Al-Homaidan & IBM Ibraheem. 2012. *Microalgae and wastewater treatment*. Saudi Journal of Biological Sciences 19: 257-275.

ABS (Annual book of Standards). 1994. *American Society for testing and Materials. Determinación de pH en el agua*. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.

Acosta, R., Rieradevall, M., Ríos, B., & Prat, N (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.

Alba-Tercedor J. 1996. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería no. 2: 203-213.

Alba-Tercedor J., y Sanchez-Ortega A. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978)*. *Limnetica* no. 4: 51-56.

Arocena, R. & D. Conde (ed.). 1999. *Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay*. DIRAC/FC/UDELAR, Montevideo. 233 pp.

ASTM - D 512-89 "Standard Test Methods for Chloride Ion in Water", American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, Diciembre 1989, pp. 481-484.

Brenes, R., Rojas, LF. (2015). *"El agua: sus propiedades y su importancia biológica"*. Acta Académica.

BROWN, R., McCLELAND, N., (1973). "Water Quality Index. Application in the Kansas River Basin", 46th. Conf., Water Poll. Fed., Cleveland, Ohio.

Carrera C. y Fierro K. 2001. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo*. EcoCiencia. Quito, Ecuador. 67 p.

Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. London. 626 p.

Correa I. 2000. *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua*. Universidad de Los Andes. Venezuela. 61 p.

Dinius, S. H., *Design of an Index of Water Quality.*, *Water Resources Bulletin*, Vol. 23, No. 11, 1987, pp. 833-843.

Dinius, S.h, *"Social Accounting System for Evaluating Water Resources,"*, *Water Resources Research*, vol 8, no. 5, October 1972, pp. 1159 – 1177.

Domínguez L., Goethals P. y De Pauw N. 2005. *Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua*. Revista Tecnológica ESPOL no. 18: 127-134.

Giraldo, G., 1995. Manual de análisis de aguas. Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp 5-7

Hilsenhoff W., (1988). "*Rapid Field Assesments of Organic Pollution With A Family Level Biotic Index*", Journal Of The North American Benthological Society. USA.

INEC. (2010). Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Tabulados_CPV_2010

INEN, 1998. Norma Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98.

Jacobsen A., (2008). Tropical stream ecology, chapter 4, "Macroinvertebrates: composition, life histories and production".

MAE. (Noviembre de 2017). Reporte Histórico de Visitas 2017. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/1232803/Reporte+Registro+Visitas+2017+%28hasta+septiembre%29.pdf/2d336694-0d3e-4d1b-8698-d5628fe03b37>

Mandaville, S. M. (2002). *Benthic Macroinvertebrates in Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols* (Primera Ed.). Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.

Margalef. R. 1991. Ecología. Ed. Omega. 951 págs.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1987. "Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base". Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506 Washington D.C

Ott, W., 1978, *Environmental indices, theory and practice*, AA science, Ann Arbor, Michigan

Resh V.H., Myers M.J. y Hannaford M. J. 1996. *Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality*. In F.R. Hauer. y G.A. Lamberti (eds.). 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic, San Diego, CA. p. 647-668.

Ríos-Touma B., et Al, The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation, España, 2014

Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.

Romero, H. (2015). "*Contaminación de agua, suelo y aire*". Herder, Barcelona.

Rosenberg, D.M. y Resh V.H. (eds.). 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall, Nueva York. 488 p.

Ryding, S y Rast, W. (Eds.), 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. 375 págs.

Segnini, S. (Universidad de L. A. F. de C. D. de B. L. de E. de I. L. H. M. V. (2003). EL USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE LA CONDICIÓN ECOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE AGUA CORRIENTE * BENTHIC MACROINVERTEBRATES AS INDICATORS IN THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF STREAMS. ECOTROPICOS, 16(2), 45 – 63.

Shuval, I. H. et al., 1977. Health effects of nitrates in wather. EPA-600/1-1-77-030.

Simboni Ruiz, N., Carvajal, Y. & Escobar, J., 2007 *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Ingeniería e Investigación universidad Nacional de Colombia, vol. 27, no. 3, pp. 172-181*

SNET. (2002). Propuestas de descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

Stevens Institute of Technology (SIT). 2006a. *Demanda Biológica de Oxígeno*. (en línea). Consultada 18 de Sep 2007.

Valenzuela, J. (2004). Exploracion de posibilidades para proponer un tren de tratamientos para remoción de dureza que logre la optimización técnica y económica del proceso, Mexico. Editorial Universidad de las Americas Puebla. pp 12-20

Vázquez G., Castro G., González I., Pérez R. y Castro T. 2006. *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. 7 p.

12. ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción de idioma inglés.



CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del tema de investigación al Idioma Inglés presentado por los estudiantes: CEBALLOS PEÑAFIEL KAREN NATHALI, QUSHPE GUANOLUISA MOISÉS ALEJANDRO, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA LAGUNA SANTO DOMINGO DEL PARQUE NACIONAL COTOPAXI, PROVINCIA DE PICHINCHA, PERIODO 2018”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo el peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio del 2018

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Pacheco Pruna'.

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
MARCELO PACHECO PRUNA
C.C. 050261735-0**



Anexo 2. Hoja de Vida del tutor del Proyecto de Investigación.

CURRÍCULUM VITAE



1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Cristian Javier Lozano Hernández
 FECHA DE NACIMIENTO: 23 de marzo de 1984
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0603609314
 ESTADO CIVIL: Soltero
 NUMEROS TELÉFONICOS: 0992850220 / 032916553
 DIRECCIÓN DOMICIARIA: Latacunga, Av. Unidad Nacional y Márquez de Maenza - Sector el Niagara.
 E-MAIL: cristian.lozano@utc.edu.ec / cristian_84lh@hotmail.com

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela Fiscal Mixta “Joaquín Chiriboga”
 NIVEL SECUNDARIO: “Colegio Nacional Velasco Ibarra”
 NIVEL SUPERIOR: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
 NIVEL SUPERIOR: Universidad de Cuenca

3.- TÍTULOS

PREGRADO: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
 POSTGRADO: Magister en Toxicología Ambiental e Industrial

4.- EXPERIENCIA LABORAL

INSTITUCIÓN	ACTIVIDAD
Universidad Técnica de Cotopaxi, 2014 – 2015 Docente Universitario	Docente de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente.
Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa. 2013 - 2014	Jefe del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado.
Centro de Servicios y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) 2010 – 2011.	Analista y Técnico del Área de Aguas y Suelos.

5.- CARGOS DESEMPEÑADOS

- Analista y Técnico del Área de Aguas y Suelos del Laboratorio y Centro de Servicios y Transferencia Tecnológica Ambiental (LAB-CESTTA-ESPOCH) Riobamba.
- Jefe del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Baños de Agua Santa (Tungurahua).
- Docente Universitario de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (Latacunga).

Anexo 3. Hoja de Vida del proponente I del proyecto de investigación.

CURRÍCULUM VITAE



a) DATOS PERSONALES

NOMBRES: Karen Nathali
APELLIDOS: Ceballos Peñafiel
CÉDULA DE IDENTIDAD: 210053728-7
FECHA DE NACIMIENTO: 02 de noviembre de 1994
EDAD: 23 años
ESTADO CIVIL: Soltera
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Orellana-Joya de los Sachas. Ciudad de Latacunga, Calle General Proaño Frente al CNE- Cotopaxi
N° TELÉFONO: (06) 2899-539
N° CELULAR: 0939934826
CORREO ELECTRÓNICO: kn-nathy@hotmail.com
TIPO DE SANGRE: O+

b) ESTUDIOS REALIZADOS

INSTRUCCIÓN PRIMARIA

UNIDAD EDUCATIVA “CIUDAD DE IBARRA”.

JOYA DE LOS SACHAS – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA

UNIDAD EDUCATIVA “12 DE FEBRERO”

JOYA DE LOS SACHAS – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SUPERIOR

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

LATACUNGA – ECUADOR

c) **TÍTULOS OBTENIDOS**

- TÍTULO DE BACHILLERATO ESPECIALIDAD EN: TÉCNICA INDUSTRIAL EN MECANIZADO Y CONSTRUCCIONES METÁLICAS.
- EGRESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (FEBRERO 2018)

d) **IDIOMAS**

Suficiencia en el Idioma inglés (B1+) en el año 2016 en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Sede Latacunga.

e) **PRACTICAS PRE-PROFESIONALES**

- Secretaria Nacional Del Agua – SENAGUA
Departamento de Agua Potable y Riego.
Desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre del 2017
0984475212/0984041478
Latacunga -Ecuador

f) **CURSOS:**

- Curso de aprobación “GESTION Y CALIDAD AMBIENTAL, organizado por la Unidad de Calidad Ambiental (Mae-Cotopaxi), con una duración de 40 horas, realizado los días 29 de agosto hasta el 02 de septiembre del 2016.
- Seminario de “CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL”, organizado por la Universidad Técnica de Cotopaxi, con una duración de 40 horas, realizados los días 14 y 15 de septiembre del 2016.
- Foro sobre “EL CONFORT LABORAL DESDE EL ENFOQUE PREVENTIVO, POR EL DIA DE LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO”, organizado por el IESS-Cotopaxi, con una duración de 08 horas, el día 21 de octubre del 2016.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES “Un nuevo reto para la conservación ambiental”, organizado por

CECATERE, con una duración de 40 horas, los días 30 de enero hasta el 03 de febrero del 2017.

- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible – Ecuador 2017, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.
- Curso - taller “Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria”, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.
- Curso de “USO Y MANEJO DE GPS”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 4 horas académicas, realizado el día 22 de octubre de 2017 en la ciudad de Riobamba.
- Curso de formación en “MANEJO INTEGRAL SUIA (SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL)”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 12 horas académicas, realizado los días 9 y 10 de diciembre de 2017 en la ciudad de Quito.
- Curso Internacional de “ESPECIALISTA EN ARCGIS APLICADO A INGENIERÍA AMBIENTAL”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 80 horas académicas, realizado los días 14, 15, 21, 25, 26, 27, 28, 29 de octubre de 2017 en la ciudad de Riobamba.

Anexo 4. Hoja de Vida del proponente II del proyecto de investigación.

CURRÍCULUM VITAE



DATOS PERSONALES

NOMBRES: Moisés Alejandro
APELLIDOS: Quishpe Guanoluisa
CÉDULA DE IDENTIDAD: 050243375-8
FECHA DE NACIMIENTO: 17 de agosto de 1994
EDAD: 23 años
ESTADO CIVIL: Soltero
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Cda. Las Fuentes Av. Rio Cutuchi 2-03 y
Pumacunchi.
N° TELÉFONO: (03) 2814-085
N° CELULAR: 0987758041
CORREO ELECTRÓNICO: alejoquishpe@hotmail.es

ESTUDIOS REALIZADOS

INSTRUCCIÓN PRIMARIA

UNIDAD EDUCATIVA SAN JOSE “LA SALLE”
LATACUNGA – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR “HERMANO MIGUEL”
LATACUNGA – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SUPERIOR

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA – ECUADOR

TÍTULOS OBTENIDOS

- BACHILLER EN CIENCIAS ÉNFASIS FÍSICO MATEMÁTICO.
- TÍTULO DE PRÁCTICO EN AUXILIAR EN MANEJO DE EQUIPO DE CÓMPUTO.
- EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. (FEBRERO 2018)

IDIOMAS

Suficiencia en el Idioma Inglés en el año 2015 en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Sede Latacunga.

MERITOS Y CONDECORACIONES

- Presidente de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Octubre 2016 – hasta la actualidad

PRACTICAS PRE-PROFESIONALES

- Agrocomercio de la Sierra, AGROCOMSI S.C.C
Departamento Ambiental
Desde 01 de marzo al 31 de marzo del 2017
0999415227
Quito – Ecuador
- Secretaría Nacional Del Agua – SENAGUA
Departamento de Agua Potable
Desde el 01 de agosto hasta el 29 de diciembre del 2017
0984475212
Latacunga -Ecuador

VOLUNTARIADO:

- Organización de Conservación Cotopaxi – MAE COTOPAXI

Desde Mayo 2016 hasta Abril 2017

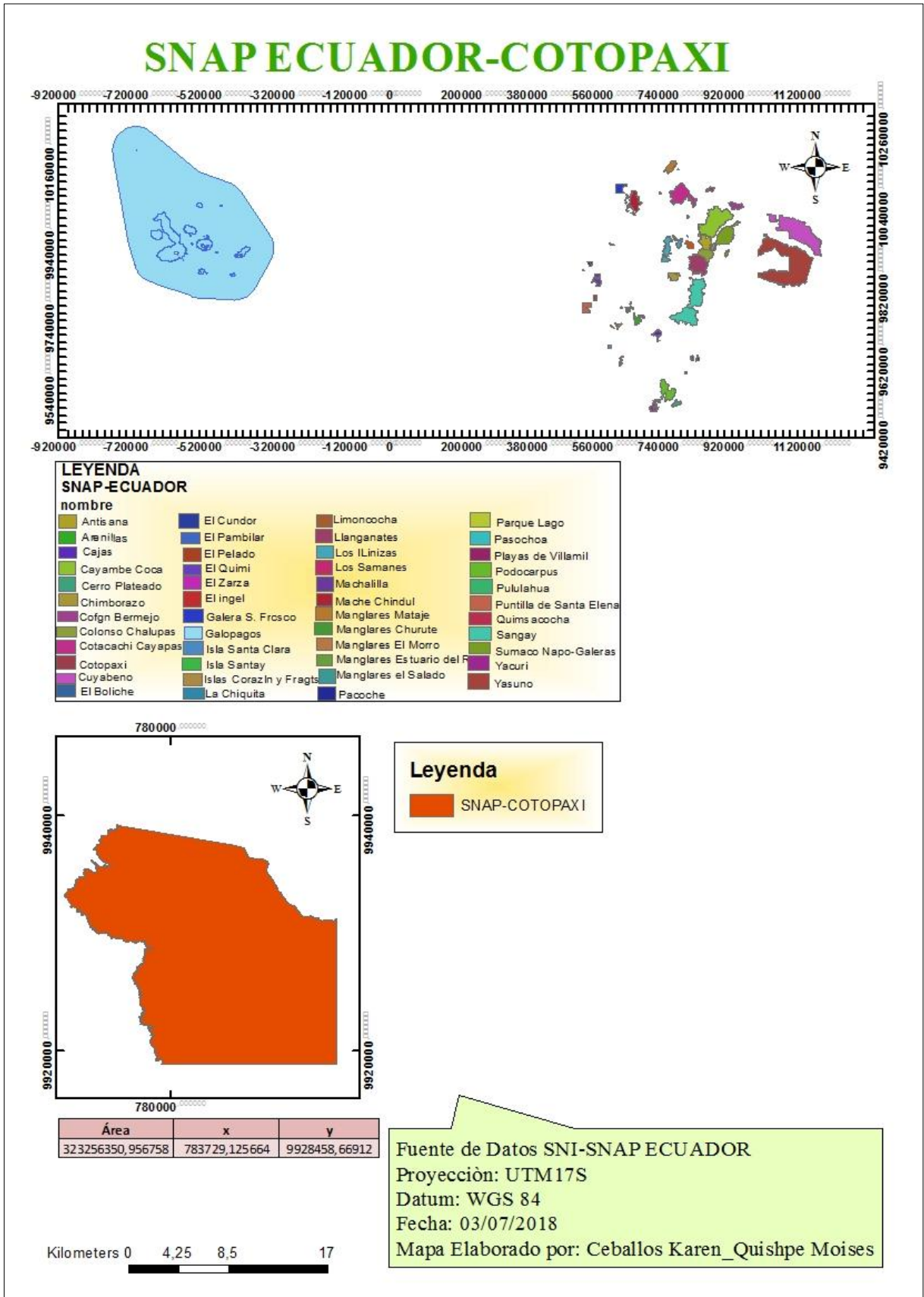
0968387409

Latacunga – Ecuador

CURSOS:

- Curso de aprobación “GESTIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL, organizado por la Unidad de Calidad Ambiental (Mae-Cotopaxi), con una duración de 40 horas, realizado los días 29 de agosto hasta el 02 de septiembre del 2016.
- Foro sobre “EL CONFORT LABORAL DESDE EL ENFOQUE PREVENTIVO, POR EL DIA DE LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO”, organizado por el IESS-Cotopaxi, con una duración de 08 horas, el día 21 de octubre del 2016.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES “Un nuevo reto para la conservación ambiental”, organizado por CECATERE, con una duración de 40 horas, los días 30 de enero hasta el 03 de febrero del 2017.
- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible – Ecuador 2017, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.
- Curso - taller “Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria”, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.

Anexo 5. Ubicación del área de estudio – Parque Nacional Cotopaxi



Anexo 6. Análisis físicos - químicos y microbiológicos de la Laguna Santo Domingo, mes de abril-2018

Análisis físico – químico y microbiológico, entrada principal de la Laguna Santo Domingo.



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO-INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO - MICROBIOLÓGICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQMA - 030-04	
Orden de trabajo	No.	30	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	2	Litros	
Identificación		M1	
Lugar de Muestreo		Laguna Santo Domingo	
Sitio		Laguna - Entrada	
Solicita		Sr. Moises Quishpe	
Fecha de recepción		09-04-18	
Fecha de informe		18-04-18	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.7	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	25	S.M. 2120 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	518.8	APHA 2510 B Modificado
Sólidos Totales	mg / L	364	
Sólidos Disueltos Totales	"	332	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	32	S.M. 2540 D
Temperatura	o C	13	APHA- 2550 B Modificado
Turbidez	NTU	12.3	S.M. 2130 B
Alcalinidad Total	mg / L	174	S.M. 2320 B
Dureza Total	"	125	S.M. 2340 C
Cloruros	"	28	S.M. 4500-Cl -B
Fósforo	"	0.31	APHA- 4500 -P C y E Modificado
Nitrógeno Amoniacal	"	3	Colorimetrico Hach Modificado
Nitritos	"	10	S.M. 4500-NO2-B
Nitros	"	25	S.M. 4500-NO3-B
Potasio	"	0.27	APHA 3111 - B Modificado
Oxígeno Disuelto	"	3.7	APHA-4500-O-Modificado
DBO 5	"	52	APHA- 5210 B
DQO	"	83	APHA - 5220 B
Coliformes Totales	ufc / 100 ml	2.4 x 10 ³	Colliert- Standard- Methods
Coliformes Fecales	ufc / 100 ml	1.8 x 10 ³	Colliert- Standard- Methods

LAQUIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO-INTEGRAL
[Firma]
DR. ENRIQUE VAYAS L. R.S.

Análisis físico – químico y microbiológico, salida de la Laguna Santo Domingo.



LAQJIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO - MICROBIOLÓGICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQMA - 031-04	
Orden de trabajo	No.	31	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	2	Litros	
Identificación		M1	
Lugar de Muestreo		Laguna Santo Domingo	
Sitio		Laguna - Salida	
Solicita		Sr. Moises Quishpe	
Fecha de recepción		09-04-18	
Fecha de informe		18-04-18	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.8	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	20	S.M. 2120 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	378.6	APHA 2510 B Modificado
Sólidos Totales	mg / L	258	
Sólidos Disueltos Totales	"	241	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	17	S.M. 2540 D
Temperatura	o C	13	APHA- 2550 B Modificado
Turbidez	NTU	11.8	S.M. 2130 B
Alcalinidad Total	mg / L	165	S.M. 2320 B
Dureza Total	"	117	S.M. 2340 C
Cloruros	"	24	S.M. 4500-Cl -B
Fósforo	"	0.36	APHA- 4500 -P C y E Modificado
Nitrógeno Amoniacal	"	2.1	Colorimetrico Hach Modificado
Nitritos	"	5	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	30	S.M. 4500-NO3-B
Potasio	"	0.36	APHA 3111 - B Modificado
Oxígeno Disuelto	"	3.2	APHA-4500-O-Modificado
DBO 5	"	67	APHA- 5210 B
DQO	"	107	APHA - 5220 B
Coliformes Totales	ufc / 100 ml	2.15 x 10 ³	Colliert- Standard- Methods
Coliformes Fecales	ufc / 100 ml	1.62 x 10 ³	Colliert- Standard- Methods

LAQJIFARVA
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc

**Anexo 7. Muestra agua (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO –
INDICE NFS - 09/04/2018**

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permissible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
1	Oxígeno disuelto	mg/l	>80%	3,7	-	x	3,85	0,17	0,65
2	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	1800	-	x	18,80	0,16	3,01
3	pH	un.pH	6,5 – 8,5	7,7	x	-	91,00	0,11	10,01
4	DBO5	mg/l	NE	52	-	-	5,00	0,11	0,55
5	Nitratos	mg/l	NE	25	-	-	32,00	0,10	3,2
6	Fósforos totales	mg/l	NE	0,31	-	-	80,27	0,10	8,03
7	Δt °C de equilibrio	°C	NE	3,8	-	-	77,80	0,10	7,78
8	Turbiedad	UNT	NE	12,3	-	-	74,34	0,08	5,95
9	Sólidos totales	mg/l	NE	364	-	-	51,18	0,07	3,58
								1,00	42,76%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis NFS Abril – Entrada Principal, Laguna Santo Domingo



Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)



Fecha y Hora:	09/04/2018	12:00
Lugar:	Muestra 1 Entrada - Laguna Santo Domingo - PNC	
Analista:	Ceballos_Karen - Quishpe Moises	

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	52 (mg/L)	5	0,11	0,55
Oxígeno Disuelto	3,7 (%Sat)	3,85	0,17	0,65
Coliformes Fecales	1800 (Col/100mL)	18,8	0,16	3,01
Nitratos	25 (mg/L)	32	0,1	3,2
pH	7,7 (Unid)	91	0,11	10,01
Cambio de Temperatura	3,8 (°C)	77,8	0,1	7,78
Sólidos Totales	364 (mg/L)	51,18	0,07	3,58
Fosforos Totales	0,31 (mg/L)	80,27	0,1	8,03
Turbidez	12,3 (NTU)	71,4	0,08	5,71

Resultados	
Número de parámetros:	9
Valor del índice:	42,52
Clasificación:	Mala
Rango:	26-50
Escala de color:	Naranja

Escala de Color		
Excelente	91 - 100	■
Buena	71 - 90	■
Media	51 - 70	■
Mala	26 - 50	■
Muy Mala	0 - 25	■

Fuente: ICATESt v1.0

Anexo 8. MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE NFS
- 09/04/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
1	Oxígeno disuelto	mg/l	>80%	3,2	-	x	3,60	0,17	0,61
2	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	1620	-	x	19,52	0,16	3,12
3	pH	un.pH	6,5 – 8,5	7,8	x	-	90,00	0,11	9,90
4	DBO5	mg/l	NE	67	-	-	5,00	0,11	0,55
5	Nitratos	mg/l	NE	30	-	-	27,00	0,10	2,70
6	Fósforos totales	mg/l	NE	0,45	-	-	65,33	0,10	6,53
7	Δt °C de equilibrio	°C	NE	3,8	-	-	77,80	0,10	7,78
8	Turbiedad	UNT	NE	11,8	-	-	72,40	0,08	5,79
9	Sólidos totales	mg/l	NE	258	-	-	64,96	0,07	4,55
								1,00	41,54%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis NFS Abril –Salida, Laguna Santo Domingo



Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)



Fecha y Hora:	15/6/2018	14:32:38
Lugar:	M1 Salida - Laguna Santo Domingo - PNC	
Analista:	Ceballos_Nathali - Quishpe_Moises	

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	67 (mg/L)	5	0.11	0.55
Oxígeno Disuelto	3.2 (%Sat)	3.6	0.17	0.61
Coliformes Fecales	1620 (Co/100mL)	19.52	0.16	3.12
Nitratos	30 (mg/L)	27	0.1	2.7
pH	7.8 (Unid)	90	0.11	9.9
Cambio de Temperatura	3.8 (°C)	77.8	0.1	7.78
Sólidos Totales	258 (mg/L)	64.96	0.07	4.55
Fosforos Totales	0.45 (mg/L)	65.33	0.1	6.53
Turbidez	11.8 (NTU)	72.4	0.08	5.79

Resultados

Número de parámetros: 9
 Valor del índice: 41.53
 Clasificación: Mala
 Rango: 26-50
 Escala de color: Naranja

Escala de Color

Excelente	91 - 100	■
Buena	71 - 90	■
Media	51 - 70	■
Mala	26 - 50	■
Muy Mala	0 - 25	■

Fuente: ICATESt v1.0

Anexo 9. MUESTRA AGUA (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE DINIUS - 09/04/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permissible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	PI
1	Oxígeno Disuelto	mg/L	>80%	3,7	-	x	13,59	0,109	1,33
2	DBO5	mg/L	NE	52	-	-	27,16	0,097	1,38
3	Conductividad Electrica	μΩ/cm	NE	518,8	-	-	63,7	0,079	1,39
4	pH	un.pH	6,5-8,5	7,7	x	-	87,84	0,077	1,41
5	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1800	-	x	40,43	0,116	1,54
6	Coliformes Totales	NMP/100 ml	4000	2400	x	-	49,02	0,090	1,42
7	Nitratos	mg/L	NE	25	-	-	52,11	0,090	1,43
8	Color	Unid	NE	25	-	-	58,77	0,063	1,29
9	ΔT° Aire-Superficie	°C	NE	3,8	-	-	3,57	0,077	1,10
10	Alcalinidad	mg/L	NE	174	-	-	55,04	0,063	1,29
11	Dureza	mg/L	NE	125	-	-	63,22	0,065	1,31
12	Cloruros	mg/L	NE	28	-	-	100	0,074	1,41
								1,000	37,72%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis DINIUS Abril – Entrada Principal, Laguna Santo Domingo



Indice de Dinius



Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
Oxígeno Disuelto	3,7 (%Sat)	13,59	0,109	1,329
DBO	52 (mg/L)	27,16	0,097	1,377
Conductividad Específica	518,8 (μΩ/cm)	63,7	0,079	1,388
pH	7,7 (Unid)	87,84	0,077	1,411
Coliformes Fecales	1800 (#/100mL)	40,43	0,116	1,536
Coliformes totales	2400 (#/100mL)	49,02	0,09	1,419
Nitratos	25 (mg/L)	52,11	0,09	1,427
Color	25 (Unid)	58,77	0,063	1,293
ΔT° Aire-Superficie	3,8 (°C)	3,57	0,077	1,103
Alcalinidad	174 (mg/L)	55,04	0,063	1,287
Dureza	125 (mg/L)	63,22	0,065	1,309
Cloruros	28 (mg/L)	100	0,074	1,406

Resultados

Número de parámetros: 12

Valor del indice: 37.66

Clasificación:
Contaminada

Rango: 30 - 40

Escala de color: Naranja

Comentario

Evitar contacto, sólo con lanchas

Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 10. MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE DINIUS - 09/04/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permisible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	PI
1	Oxígeno Disuelto	mg/L	>80%	3,2	-	x	13,18	0,109	1,32
2	DBO5	mg/L	NE	67	-	-	24,85	0,097	1,37
3	Conductividad Electrica	$\mu\Omega/cm$	NE	376,6	-	-	70,83	0,079	1,40
4	pH	un.Ph	6,5-8,5	7,8	x	-	83,47	0,077	1,41
5	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1620	-	x	40,98	0,116	1,54
6	Coliformes Totales	NMP/100 ml	4000	2150	x	-	49,73	0,090	1,42
7	Nitratos	mg/L	NE	30	-	-	49,59	0,090	1,42
8	Color	Unid	NE	20	-	-	61,99	0,063	1,30
9	ΔT° Aire-Superficie	$^\circ C$	NE	3,8	-	-	3,57	0,077	1,10
10	Alcalinidad	mg/L	NE	165	-	-	55,44	0,063	1,29
11	Dureza	mg/L	NE	117	-	-	65,12	0,065	1,31
12	Cloruros	mg/L	NE	24	-	-	100	0,074	1,41
								1,000	37,59%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis DINIUS Abril – Salida, Laguna Santo Domingo



Indice de Dinius



Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
Oxígeno Disuelto	3,2 (%Sat)	13,18	0,109	1,325
DBO	67 (mg/L)	24,85	0,097	1,366
Conductividad Especifica	376,6 ($\mu\Omega/cm$)	70,83	0,079	1,4
pH	7,8 (Unid)	83,47	0,077	1,406
Coliformes Fecales	1620 (#/100mL)	40,98	0,116	1,538
Coliformes totales	2150 (#/100mL)	49,73	0,09	1,421
Nitratos	30 (mg/L)	49,59	0,09	1,421
Color	20 (Unid)	61,99	0,063	1,297
ΔT° Aire-Superficie	3,8 ($^\circ C$)	3,57	0,077	1,103
Alcalinidad	165 (mg/L)	55,44	0,063	1,288
Dureza	117 (mg/L)	65,12	0,065	1,312
Cloruros	24 (mg/L)	100	0,074	1,406

Resultados

Número de parámetros: 12

Valor del índice: 37.61

Clasificación:

Contaminada

Rango: 30 - 50

Escala de color: Naranja

Comentario

Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos.

Fuente: ICATESt v1.0

Anexo 11. Análisis físicos, químicos y microbiológicos de la Laguna Santo Domingo, Mes de Junio-2018

Análisis físico – químico y microbiológico, entrada principal de la Laguna Santo Domingo.



DHSOLAMBI S.A.

Servicios ambientales, productos Químicos, Plantas
De tratamiento, Coagulantes, floculantes, servicios
De laboratorio, arenas, carbón activado.

DHSOLAMBI S.A

LABORATORIO DE AGUAS

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA # DH-018-017

CLIENTE: Karen Cevallos / Moisés Quishpe
TIPO DE AGUA: Laguna Santo Domingo del Parque Nacional Cotopaxi
FECHA DE MUESTREO: 23/06/2018
FECHA DE REPORTE: 11/07/2018
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS: M1: Entrada Principal

PARAMETRO	UNIDADES	M1: Entrada Principal	Tabla 6	
			LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
pH	U pH	6,3	6,5 -8,3	NO CUMPLE
Turbidez	NTU	121	***NO APLICA	NO APLICA
Coliformes totales	NMP/100ml	1600	2000	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100ml	140	200	CUMPLE
Color Aparente	U. Pt-Co	75	***NO APLICA	NO APLICA
Conductividad eléctrica	uS/cm	<20	***NO APLICA	NO APLICA
Nitratos (NO3)-	mg/L	115	***NO APLICA	NO APLICA
Nitritos (NO2)-	mg/L	0,6	***NO APLICA	NO APLICA
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	<1,25	***NO APLICA	NO APLICA
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10	***NO APLICA	NO APLICA
Sales disueltas	mg/L	25,8	***NO APLICA	NO APLICA
Temperatura	°C	19	***NO APLICA	NO APLICA
Alcalinidad Total	mg/L	112	***NO APLICA	NO APLICA
Dureza	mg/L	124	***NO APLICA	NO APLICA
Fósforo	mg/L	10,0	***NO APLICA	NO APLICA
Cloruros (Cl-)	mg/L	19,74	***NO APLICA	NO APLICA
Oxígeno disuelto	mg/L	⁽²⁾ 69,56	>80	NO CUMPLE
Potasio (K)	mg/L	17,6	***NO APLICA	NO APLICA
DBO 5	mg/L	21,42	***NO APLICA	NO APLICA
DQO	mg/L	49,3	***NO APLICA	NO APLICA

⁽²⁾ Oxígeno de saturación calculado a partir del Oxígeno disuelto (6,45 mg/l)

***= No se encuentra especificado en la Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 6. Criterios de calidad de agua para fines recreativos mediante contacto primario

Atentamente:


Ing. Maritza Guerrero
ASISTENCIA TÉCNICA
DHSOLAMBI S.A

DHSOLAMBI S.A.

17926569820001

Análisis físico – químico y microbiológico, salida de la Laguna Santo Domingo.


DHSOLAMBI S.A.

 Servicios ambientales, productos Químicos, Plantas
 De tratamiento, Coagulantes, floculantes, servicios
 De laboratorio, arenas, carbón activado.

DHSOLAMBI S.A

LABORATORIO DE AGUAS

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA # DH-018-018

CLIENTE: Karen Cevallos / Moisés Quishpe
 TIPO DE AGUA: Laguna Santo Domingo del
 Parque Nacional Cotopaxi
 FECHA DE MUESTREO: 23/06/2018
 FECHA DE REPORTE: 11/07/2018
 IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS: M1: Salida Principal

ANALISIS FISICO-QUIMICO MICROBIOLÓGICOS	PARAMETRO	UNIDADES	M1: Salida Principal	Tabla 6	CRITERIO DE RESULTADOS
				LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
	pH	U pH	6,6	6,5 -8,3	CUMPLE
	Turbidez	NTU	119	***NO APLICA	NO APLICA
	Coliformes totales	NMP/100ml	1585	2000	CUMPLE
	Coliformes Fecales	NMP/100ml	140	200	CUMPLE
	Color Aparente	U. Pt-Co	71	***NO APLICA	NO APLICA
	Conductividad eléctrica	uS/cm	<20	***NO APLICA	NO APLICA
	Nitratos (NO ₃ -)	mg/L	118	***NO APLICA	NO APLICA
	Nitritos (NO ₂ -)	mg/L	0,6	***NO APLICA	NO APLICA
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	<1,25	***NO APLICA	NO APLICA
	Sólidos suspendidos totales	mg/L	<10	***NO APLICA	NO APLICA
	Sales disueltas	mg/L	21,5	***NO APLICA	NO APLICA
	Temperatura	°C	19	***NO APLICA	NO APLICA
	Alcalinidad Total	mg/L	112	***NO APLICA	NO APLICA
	Dureza	mg/L	124	***NO APLICA	NO APLICA
	Fósforo	mg/L	10,0	***NO APLICA	NO APLICA
	Cloruros (Cl-)	mg/L	18,40	***NO APLICA	NO APLICA
	Oxígeno disuelto	mg/L	⁽²⁾ 68,53	>80	NO CUMPLE
	Potasio (K)	mg/L	17,6	***NO APLICA	NO APLICA
	DBO 5	mg/L	22,32	***NO APLICA	NO APLICA
	DQO	mg/L	51,7	***NO APLICA	NO APLICA

⁽²⁾ Oxígeno de saturación calculado a partir del Oxígeno disuelto (6,45 mg/l)

***= No se encuentra especificado en la Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 6. Criterios de calidad de agua para fines recreativos mediante contacto primario

Atentamente

 Ing. Maritza Guerrero
 ASISTENCIA TÉCNICA
 DHSOLAMBI S.A

DHSOLAMBI S.A.

1792636982001

Anexo 12. MUESTRA AGUA (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE NFS - 20/06/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permissible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
1	Oxígeno disuelto	mg/l	>80%	69,58	-	x	74,30	0,17	12,63
2	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	140	x	-	40,80	0,16	6,53
3	pH	un.pH	6,5 – 8,5	6,3	-	x	63,83	0,11	7,02
4	DBO5	mg/l	NE	21,42	-	-	10,11	0,11	1,11
5	Nitratos	mg/l	NE	115	-	-	1,00	0,10	0,10
6	Fósforos totales	mg/l	NE	10	-	-	7,00	0,10	0,70
7	Δt °C de equilibrio	°C	NE	6,8	-	-	62,60	0,10	6,26
8	Turbiedad	UNT	NE	121	-	-	5,00	0,08	0,40
9	Sólidos totales	mg/l	NE	9	-	-	81,70	0,07	5,72
								1,00	40,47%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis NFS Junio – Entrada Principal, Laguna Santo Domingo



Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)



Hoja de cálculo para el índice NSF

Fecha y Hora: 22/06/2018 12:00

Lugar: Muestra 3 - Entrada Laguna Santo Domingo - Parque Nacional Cotopaxi

Analista: Ceballos Nathali - Quishpe Moises

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	21,42 (mg/L)	10,11	0,11	1,11
Oxígeno Disuelto	69,58 (%Sat)	74,3	0,17	12,63
Coliformes Fecales	140 (Col/100mL)	40,8	0,16	6,53
Nitratos	115 (mg/L)	1	0,1	0,1
pH	6,3 (Unid)	63,83	0,11	7,02
Cambio de Temperatura	6,8 (°C)	62,6	0,1	6,26
Sólidos Totales	9 (mg/L)	81,7	0,07	5,72
Fosforos Totales	10 (mg/L)	7	0,1	0,7
Turbidez	121 (NTU)	5	0,08	0,4

Resultados	
Número de parámetros:	9
Valor del índice:	40.47
Clasificación:	Mala
Rango:	26-50
Escala de color:	Naranja

Escala de Color		
Excelente	91 - 100	■
Buena	71 - 90	■
Media	51 - 70	■
Mala	26 - 50	■
Muy Mala	0 - 25	■

Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 13. MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE NFS - 20/06/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
1	Oxígeno disuelto	mg/l	>80%	68,53	-	x	72,55	0,17	12,33
2	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	140,00	x	-	40,80	0,16	6,53
3	pH	un.pH	6,5 – 8,5	6,6	x	-	75,33	0,11	8,29
4	DBO5	mg/l	NE	22,32	-	-	9,30	0,11	1,02
5	Nitratos	mg/l	NE	116	-	-	1,00	0,10	0,10
6	Fósforos totales	mg/l	NE	10	-	-	7,00	0,10	0,70
7	Δt °C de equilibrio	°C	NE	6,3	-	-	65,49	0,10	6,55
8	Turbiedad	UNT	NE	119	-	-	5,00	0,08	0,40
9	Sólidos totales	mg/l	NE	9	-	-	81,70	0,07	5,72
								1,00	41,64%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis NFS Junio – Salida, Laguna Santo Domingo



Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)



Hoja de cálculo para el índice NSF

Fecha y Hora: 22/06/2018 12:25

Lugar: Muestra 4 - Salida Laguna Santo Domingo

Analista: Ceballos Nathali - Quishpe Moises

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	22,32 (mg/L)	9,3	0,11	1,02
Oxígeno Disuelto	68,53 (%Sat)	72,55	0,17	12,33
Coliformes Fecales	140 (Col/100mL)	40,8	0,16	6,53
Nitratos	116 (mg/L)	1	0,1	0,1
pH	6,6 (Unid)	75,33	0,11	8,29
Cambio de Temperatura	6,3 (°C)	65,49	0,1	6,55
Sólidos Totales	9 (mg/L)	81,7	0,07	5,72
Fosfatos Totales	10 (mg/L)	7	0,1	0,7
Turbidez	119 (NTU)	5	0,08	0,4

Resultados

Número de parámetros: 9
 Valor del índice: 41.64
 Clasificación: Mala
 Rango: 26-50
 Escala de color: Naranja

Escala de Color

Excelente 91 - 100 ■
 Buena 71 - 90 ■
 Media 51 - 70 ■
 Mala 26 - 50 ■
 Muy Mala 0 - 25 ■

Fuente: ICATESt v1.0

Anexo 14. MUESTRA AGUA (1): ENTRADA PRINCIPAL LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE DINIUS - 20/06/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permissible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	PI
1	Oxígeno Disuelto	mg/L	>80%	69,58	-	x	67,62	0,109	1,58
2	DBO5	mg/L	NE	21,42	-	-	37,02	0,097	1,42
3	Conductividad Electrica	$\mu\Omega/cm$	NE	19	-	-	100	0,079	1,44
4	pH	un.pH	6,5-8,5	6,3	-	x	70,73	0,077	1,39
5	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	140	x	-	56,15	0,116	1,60
6	Coliformes Totales	NMP/100 ml	4000	1600	x	-	51,7	0,090	1,43
7	Nitratos	mg/L	NE	115	-	-	34,42	0,090	1,38
8	Color	Unid	NE	75	-	-	45,18	0,063	1,27
9	ΔT° Aire-Superficie	$^\circ C$	NE	6,8	-	-	0,25	0,077	0,90
10	Alcalinidad	mg/L	NE	112	-	-	58,4	0,063	1,29
11	Dureza	mg/L	NE	124	-	-	63,45	0,065	1,31
12	Cloruros	mg/L	NE	19,74	-	-	100	0,074	1,41
								1,000	38,18%

Elaborado por: Equipo de Trabajo.

Análisis DINIUS Junio – Entrada Principal, Laguna Santo Domingo



Índice de Dinius



Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
Oxígeno Disuelto	69,58 (% Sat)	67,62	0,109	1,583
DBO	21,42 (mg/L)	37,02	0,097	1,42
Conductividad Específica	19 ($\mu\Omega/cm$)	100	0,079	1,439
pH	6,3 (Unid)	70,73	0,077	1,388
Coliformes Fecales	140 (#/100mL)	56,15	0,116	1,596
Coliformes totales	1600 (#/100mL)	51,7	0,09	1,426
Nitratos	115 (mg/L)	34,42	0,09	1,375
Color	75 (Unid)	45,18	0,063	1,271
ΔT° Aire-Superficie	6,8 ($^\circ C$)	0,25	0,077	0,899
Alcalinidad	112 (mg/L)	58,4	0,063	1,292
Dureza	124 (mg/L)	63,45	0,065	1,31
Cloruros	19,74 (mg/L)	100	0,074	1,406

Resultados

Número de parámetros: 12

Valor del índice: 38.2

Clasificación:

Contaminada

Rango: 30 - 40

Escala de color: Naranja

Comentario

Evitar contacto, sólo con lanchas

Fuente: ICATESt v1.0

Anexo 15. MUESTRA AGUA (2): SALIDA LAGUNA SANTO DOMINGO – INDICE DINIUS - 20/06/2018

	Variables fisicoquímicas y microbiológicas	Unidades	Límite Max Permisible TULSMA Libro VI, Anexo I Tabla 10	Resultados	Cumple	No Cumple	Q-valor	Wi	PI
1	Oxígeno Disuelto	mg/L	>80%	68,53	-	x	66,75	0,109	1,58
2	DBO5	mg/L	NE	22,32	-	-	36,49	0,097	1,42
3	Conductividad Eléctrica	μΩ/cm	NE	19	-	-	100	0,079	1,44
4	pH	un.pH	6,5-8,5	6,6	x	-	80,4	0,077	1,40
5	Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	140	x	-	56,15	0,116	1,60
6	Coliformes Totales	NMP/100 ml	4000	1585	x	-	51,76	0,090	1,43
7	Nitratos	mg/L	NE	116	-	-	34,34	0,090	1,37
8	Color	Unid	NE	71	-	-	45,77	0,063	1,27
9	ΔT° Aire-Superficie	°C	NE	6,3	-	-	0,4	0,077	0,93
10	Alcalinidad	mg/L	NE	112	-	-	58,4	0,063	1,29
11	Dureza	mg/L	NE	124	-	-	63,45	0,065	1,31
12	Cloruros	mg/L	NE	18,4	-	-	100	0,074	1,41
								1,000	39,90%

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Análisis DINIUS Junio – Salida, Laguna Santo Domingo



Indice de Dinius



Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
Oxígeno Disuelto	68,53 (%Sat)	66,75	0,109	1,581
DBO	22,32 (mg/L)	36,49	0,097	1,418
Conductividad Específica	19 (μΩ/cm)	100	0,079	1,439
pH	6,6 (Unid)	80,4	0,077	1,402
Coliformes Fecales	140 (#/100mL)	56,15	0,116	1,596
Coliformes totales	1585 (#/100mL)	51,76	0,09	1,426
Nitratos	116 (mg/L)	34,34	0,09	1,375
Color	71 (Unid)	45,77	0,063	1,272
ΔT° Aire-Superficie	6,3 (°C)	0,4	0,077	0,932
Alcalinidad	112 (mg/L)	58,4	0,063	1,292
Dureza	124 (mg/L)	63,45	0,065	1,31
Cloruros	18,40 (mg/L)	100	0,074	1,406

Resultados

Número de parámetros: 12
Valor del índice: 39,93

Clasificación:
Contaminada

Rango: 30 - 40

Escala de color: Naranja

Comentario

Evitar contacto, sólo con lanchas

Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 16. Tablas de macroinvertebrados

Mes de Abril – BMWP/Col - ABI

RESULTADOS MES DE ABRIL BMWP/Col - ABI											
INFORMACIÓN GENERAL											
COORDENADAS		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm		
FECHA DE COLECCIÓN		09/4/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		10/4/2018									
CONDICIÓN CLIMÁTICA		PRECIPITACIÓN				TEMPERATURA:			16 °C		
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO	ÍNDICE BMWP TOLERANCIA	ÍNDICE ABI TOLERANCIA	
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyalella sp</i>	0	0	6	0	0	6	6	6	
Hirudiniiformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	4	1	4	0	1	10	3	3	
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	73	72	73	71	73	362	7	5	
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	35	1	3	1	2	42	4	3	
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobia sp</i>	2	0	0	0	0	2	3	3	
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	0	2	0	0	2	1	1	
								TOTAL=	424	24	21
								EPT= %	0		
								CLASE=		IV	IV
									Crítica= Aguas muy contaminadas	Malo= Aguas muy contaminadas, críticas	

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Mes de abril - IBF

RESULTADOS MES DE ABRIL - IBF											
INFORMACIÓN GENERAL											
COORDENADAS		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm		
FECHA DE COLECCIÓN		09/4/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		10/4/2018									
CONDICIÓN CLIMÁTICA		PRECIPITACIÓN				TEMPERATURA			16 °C		
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO (ni)	ÍNDICE IBF (TOLERANCIA) (ti)	ni*ti	
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	0	0	6	0	0	6	6	36	
Hirudiniiformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	4	1	4	0	1	10	3	30	
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	73	72	73	71	73	362	3	1086	
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	35	1	3	1	2	42	3	126	
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobdella sp</i>	2	0	0	0	0	2	3	6	
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	0	2	0	0	2	1	2	
								TOTAL (N)=	424	19	1286
								EPT= %	0	IBF=	3,033
								CLASE=		I	Excelente= Sin contaminación orgánica aparente

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Anexo 17. Mes de Mayo - BMWP/Col - ABI

RESULTADOS MES DE MAYO BMWP/Col - ABI											
INFORMACIÓN GENERAL											
COORDENADAS (UTM)		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm		
FECHA DE COLECCIÓN		10/05/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		11/05/2018									
CONDICIÓN CLIMÁTICA		PRECIPITACIÓN - TRANSICIÓN				TEMPERATURA			15,5 °C		
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO	ÍNDICE BMWP (TOLERANCIA)	ÍNDICE ABI (TOLERANCIA)	
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella sp</i>	0	0	0	1	0	1	6	6	
Hirudiniformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	1	0	0	1	0	2	3	3	
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	44	51	52	64	83	294	7	5	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympretrum illotum</i>	1	0	0	0	0	1	6	6	
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobdella sp</i>	2	0	0	0	0	2	3	3	
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	2	0	1	5	8	1	1	
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula Linnaeus</i>	0	0	0	1	0	1	4	5	
								TOTAL=	309	30	29
								EPT= %	0		
								CLASE=	IV	IV	
									Crítica= Aguas muy contaminadas	Malo= Aguas muy contaminadas, críticas	

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Mes de Mayo - IBF

RESULTADOS MES DE MAYO IBF											
INFORMACIÓN GENERAL											
COORDENADAS		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm		
FECHA DE COLECCIÓN		10/05/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		11/05/2018									
CONDICIÓN CLIMÁTICA		PRECIPITACIÓN - TRANSICIÓN				TEMPERATURA			15,5		
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES									
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO (ni)	ÍNDICE IBF (TOLERANCIA) (ti)	ni*ti	
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	0	0	0	1	0	1	6	6	
Hirudiniiformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	1	0	0	1	0	2	3	6	
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	44	51	52	64	83	294	3	882	
Odonata	Libellulidae	<i>Sympretrum illotum</i>	1	0	0	0	0	1	8	8	
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnabdella sp</i>	2	0	0	0	0	2	3	6	
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	2	0	1	5	8	1	8	
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula Linnaeus</i>	0	0	0	1	0	1	3	3	
								TOTAL (N)=	309	27	919
								EPT= %	0	IBF=	2,974
									CLASE=	I	Excelente= Sin contaminación orgánica aparente

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Anexo 18. Mes de Junio BMWP/Col – ABI

RESULTADOS MES DE JUNIO BMWP/Col – ABI										
INFORMACIÓN GENERAL										
COORDENADAS (UTM)		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm	
FECHA DE COLECCIÓN		22/6/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm	
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		23/6/2018								
CONDICIÓN CLIMÁTICA		SECA – ESTIAJE				TEMPERATURA			16 °C	
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES								
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO	ÍNDICE BMWP (TOLERANCIA)	ÍNDICE ABI (TOLERANCIA)
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	0	0	1	0	0	1	6	6
Hirudiniiformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	3	1	0	2	4	10	3	3
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	63	52	61	96	47	319	7	5
Odonata	Libellulidae	<i>Sympretrum illotum</i>	0	0	0	1	0	1	6	6
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnabdella sp</i>	1	0	0	0	0	1	3	3
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	1	0	0	0	1	1	1
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	0	4	0	0	0	4	4	3
Tricladida	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	0	1	0	0	0	1	7	5
TOTAL=								338	37	32
EPT= %								0		
CLASE=									III	IV
								Dudosa= Aguas moderadamente contaminadas	Malo=Aguas muy contaminadas, críticas	

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Mes de Junio - IBF

RESULTADOS MES DE JUNIO - IBF										
INFORMACIÓN GENERAL										
COORDENADAS		X:	9927330	Y:	791763	ALTITUD			4005 msnm	
FECHA DE COLECCIÓN		22/6/2018				HORA DE COLECCIÓN			08:00 am / 13:00 pm	
FECHA DE IDENTIFICACIÓN		23/6/2018								
CONDICIÓN CLIMÁTICA		SECA – ESTIAJE				TEMPERATURA			16 °C	
RESPONSABLES		CEBALLOS KAREN_QUISHPE MOISES								
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA PMM-01	ABUNDANCIA PMM-02	ABUNDANCIA PMM-03	ABUNDANCIA PMM-04	ABUNDANCIA PMM-05	ABUNDANCIA TOTAL POR MUESTREO (ni)	ÍNDICE IBF (TOLERANCIA) (ti)	ni*ti
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella sp</i>	0	0	1	0	0	1	6	6
Hirudiniiformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella sp</i>	3	1	0	2	4	10	3	30
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	63	52	61	96	47	319	3	957
Odonata	Libellulidae	<i>Sympretrum illotum</i>	0	0	0	1	0	1	8	8
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobjdella sp</i>	1	0	0	0	0	1	3	3
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	1	0	0	0	1	1	1
Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	0	4	0	0	0	4	3	12
Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	0	1	0	0	0	1	4	4
TOTAL (N)=								338	31	1021
EPT= %								0	IBF=	3,021
								CLASE=	I	Excelente= Sin contaminación orgánica aparente

Elaborado por: Equipo de Trabajo

Anexo 19. Descripción de bioindicadores presente en la Laguna Santo Domingo

CÓDIGO	FOTOGRAFÍA	FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS
001		Orden: Amphipoda Familia: Hyalellidae Género: <i>Hyalella sp</i>	Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán 2003). Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos (Peralta 2001).
002		Orden: Basommatophora Familia: Lymnaeidae Género: <i>Lymnaea sp</i>	Viven prácticamente en todo tipo de agua y resisten cierto grado de contaminación (Roldán 1996). Se pueden encontrar adheridos a vegetación emergente, por lo que también se consideran herbívoros (Carrillo 2002).
003		Orden: Tricladida Familia: Planariidae Género: <i>Dugesia</i>	Viven en aguas poco profundas, tanto corrientosas como estancadas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, son fuente de alimento para ninfas de odonatos y otros insectos acuáticos (Roldán 1996).
004		Orden: Glossiphoniiformes Familia: Glossiphoniidae Género: <i>Dacnobia sp</i>	Las sanguijuelas viven por lo regular en aguas quietas o de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales. Toleran baja concentración de oxígeno, por lo que es frecuente encontrarlas en gran número en lugares donde existe abundante materia orgánica (Physis, 1972).
005		Orden: Hirudiniforme Familia: Cylicobdellidae Género: <i>Cylicobdella sp</i>	Habitán en las aguas dulces, algunas especies son marinas y otras se han adaptado a la vida terrestre, en zonas muy húmedas, no son considerados buenos indicadores de la calidad biológica del agua. (Roldán, 1996).
006		Orden: Hemiptera Familia: Notonectidae Género: <i>Buenoa kirkaldy</i>	Lagos, charcas y estanques, pocas en orillas de corrientes, en aguas abiertas o con poca vegetación. Indicadores: aguas oligomesotróficas. (Álvarez y Roldán, 1983).
007		Orden: Odonata Familia: Libellulidae Género: <i>Symptetrum illotum</i> .	Aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridas a vegetación, también se encuentran en medios turbulentos y fondos arenosos. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán, 1980- 1985)

008		Orden: Haplotaxida Familia: Tubificidae Género: <i>Tubifex sp</i>	Viven en aguas eutroficadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus. Los turbificados pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea (Roldán, 1973).
009		Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: <i>Tipula Linnaeus</i>	Aguas lólicas y lélicas con fango y materia orgánica en descomposición. Indicadores de aguas mesoeutróficas. (Álvarez y Roldán, 1983).

Fuente: (Guía para el estudio de macro invertebrados acuáticos del departamento de Antioquia Roldan)

Anexo 20. Fotografías de la investigación

Laguna Santo Domingo – Parque Nacional Cotopaxi



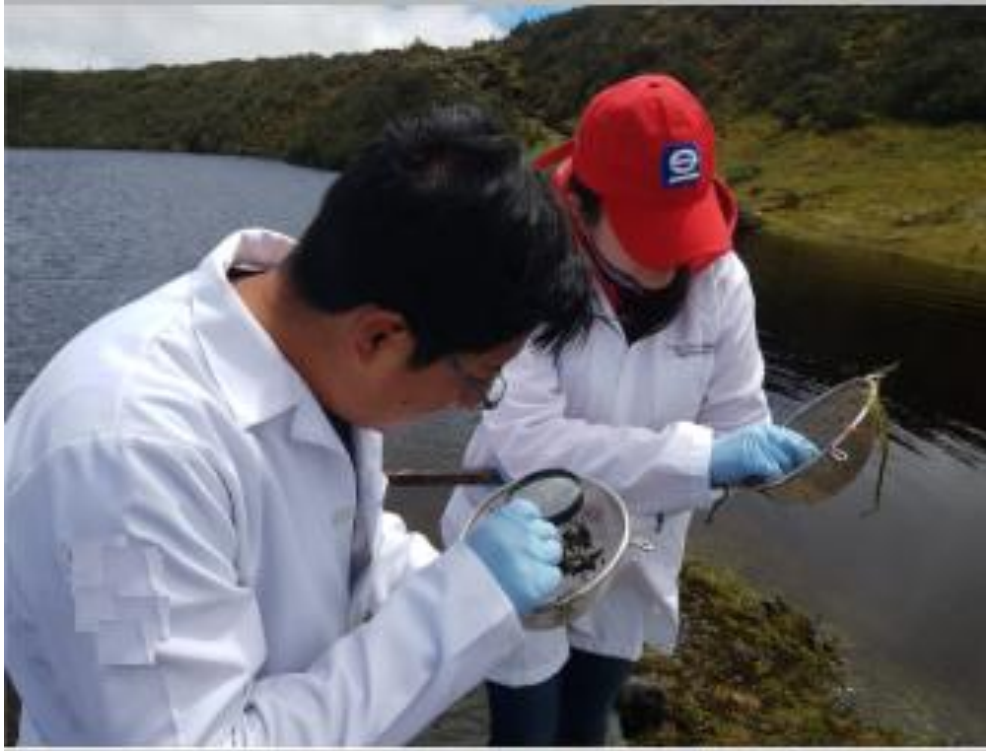
Fuente: Grupo de Trabajo

Toma de muestras de macroinvertebrados



Fuente: Grupo de Trabajo

Recolección de macroinvertebrados en campo



Fuente: Grupo de Trabajo

Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio – Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. (FCAREN)



Fuente: Grupo de Trabajo

Toma de muestras de agua, Laguna Santo Domingo



Fuente: Grupo de Trabajo

Toma de muestras de agua de la salida, Laguna Santo Domingo



Fuente: Grupo de Trabajo