

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO**



**CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA
SEGUNDO, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LOS BRS. BAHAA EL
HADWE Y JOSÉ L.
ARZOLAY B. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE 2017



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA SEGUNDO, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.”** presentado por los bachilleres: **BAHAA EL HADWE Y JOSÉ L. ARZOLAY B.**, portadores de la Cédula de Identidad N° **V-17.163.761** y **V-17.658.965** como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firma

Prof. Dafnis J. Echeverría

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Prof. Pedro Gamboa
Jefe de Dpto. de Ing. Civil

Prof. Francisco Monteverde
Director de Esc. de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Diciembre de 2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, primeramente, a Dios por darme la vida para realizarme en muchos aspectos de la vida, y uno muy importante es de poder culminar mis estudios universitarios, para así poder optar a un mejor estilo de vida y para ser un ejemplo para la sociedad y mi hijo

A mis padres, que, con su esfuerzo, pude terminar mis estudios tanto básico, secundario y ahora universitario.

Jose Luis Alzolay B.

Dedico este trabajo de grado, primeramente, a Dios por permitirme vivir y realizarme en todos los ámbitos que me ha tocado ejercer en mi vida, por poder cumplir con mis estudios y otros aspectos para formarme como buen ciudadano.

A mis padres y toda mi familia y cada una de las personas que compartieron conmigo todo este trayecto y muy especialmente a mi hijo por impulsarme siempre a ser una mejor persona y padre.

Bahaa El Hadwe A.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada agradezco a Dios por dar me la vida y la oportunidad y los recursos para poder terminar mis estudios universitarios.

A mis padres y demás familiares, porque cada uno de ellos contribuyo de una u otra manera para mi desarrollo tanto físico y académico.

A cada dedicado profesor, y a cada compañero que me acompañaron en estos muchos años.

A nuestro tutor el profesor Dafnis Echeverría.

RESUMEN

El presente trabajo de grado plantea y desarrolla una caracterización ambiental de la laguna de inundación Segundo ubicada en la vía que conduce hacia el Puente de Angostura, en la Parroquia Agua Salada, Ciudad Bolívar (estado Bolívar). El proyecto corresponde metodológicamente al tipo de investigación descriptiva con un diseño de campo y documental, realizada por medio de las técnicas e instrumentos de recolección de datos como: revisión documental, observación directa, análisis de muestras de agua, consultas académicas, Hoja de Cálculo para el Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) y la Matriz Buroz que sirve para la jerarquización de impactos ambientales. En cuanto a los resultados obtenidos se pueden resaltar: la descripción de las características bióticas del área de estudio (vegetación de bosque seco tropical y fauna similar a la del río Orinoco); de igual manera se indicaron los parámetros climáticos presentando un clima cálido tropical de sabana isotérmico en torno al área de estudio. Posteriormente se determinó la relación de las áreas inundadas de 55,32 Km², con el volumen acumulado de 129.823,38 m³, variando en función de los niveles de superficie del agua entre 7 y 16 metros. Se describieron las características físico-químicas y bacteriológicas de las muestras de agua, permitiendo clasificar de acuerdo al Decreto N° 883 como Sub-Tipo 1B, y el criterio de Brown para determinar el Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) obteniendo un rango entre 45,87 y 46,2; siendo considerado como agua mala, aplicando un factor de temperatura desviación del equilibrio es de 5°C. Finalmente, se logró jerarquizar los impactos ambientales en la laguna Segundo, por medio del uso de las matrices de Buroz realizadas para la identificación de los setenta y dos (72) impactos asociados a las actividades de:

construcción de viviendas adyacentes y limpieza de la laguna, de los cuales el 90% son negativos.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	 3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcance de la investigación.....	6
 CAPÍTULO II. GENERALIDADES	 8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	8
2.2 Acceso al área en estudio	9

2.3 Características físicas y naturales.....	9
2.3.1 Clima.....	9
2.3.2 Caracterización hidrográfica	10
2.3.3 Topografía	12
2.3.4 Suelos	12
2.4 Geología Regional y Local	13
2.4.1 Geología regional	13
2.4.2 Geología local	15
 CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	17
3.1 Antecedentes del estudio.....	17
3.2 Bases teóricas	19
3.2.1 Calidad del agua.....	19
3.2.2 Características de las aguas	20
3.2.3 Calidad de las aguas	29
3.2.4 Criterios relativos a la calidad del agua	29
3.2.5 Índice de Calidad del Agua (ICA)	30
3.2.6 Otros contaminantes e indicadores de calidad del agua.....	31
3.2.7 Contaminación ambiental.....	33
3.2.8 Tratamiento para la depuración de las aguas	36
3.2.9 Curvas de áreas y capacidades	43
3.2.10 Embalses	50
3.2.11 Levantamientos batimétricos	52
3.3 Bases legales	54
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela	54
3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente	55
3.3.3 Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos	56
3.4 Definición de términos básicos	58
 CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	61
4.1 Tipo de investigación	61
4.2 Diseño de la investigación	62
4.2.1 De campo	62
4.2.2 Documental	62
4.3 Población y muestra de la investigación	63
4.3.1 Población.....	63
4.3.2 Muestra.....	63
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
4.4.1 Técnicas.....	63
4.4.2 Instrumentos	65
4.5 Flujograma de actividades	65

4.5.1 Fase I. Visita y diagnóstico del área de estudio	66
4.5.2 Fase II. Revisión bibliográfica	67
4.5.3 Fase III. Procesamiento de la información.....	67
4.5.4 Fase IV. Análisis y Presentación de Resultados	67
4.5.5 Etapa V. Elaboración del informe final, conclusiones y recomendaciones	67
 CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	69
5.1 Descripción de las características bióticas del área de estudio con base a la fauna y flora predominante en el interior y adyacencias de la laguna de inundación Segundo	69
5.1.1 Vegetación (Flora)	69
5.1.2 Fauna de superficie	71
5.1.3 Especies subacuáticas.....	73
5.2 Caracterización de los parámetros climáticos que afectan los niveles de superficie del agua de la laguna de inundación Segundo considerando los últimos 10 años de registro del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.....	74
5.2.1 Precipitación.....	74
5.2.2 Evaporación.....	75
5.2.3 Temperatura del aire	76
5.2.4 Radiación solar media.....	78
5.2.5 Insolación solar media.....	79
5.2.6 Humedad relativa media	79
5.2.7 Velocidad media del viento.....	80
5.3 Relación de las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados en la laguna Segundo como parámetro básico para la construcción de curva de áreas y capacidades.....	81
5.4 Descripción de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo y de los afluentes que aportan fluidos a la laguna.	84
5.4.1 Análisis físico-químico	84
5.4.2 Análisis químico de metales	87
5.4.3 Análisis microbiológico	88
5.4.4 Análisis de la Hoja de Cálculo para el Índice de Calidad de Agua para ríos según “The National Sanitation Foundation (NSF)”, según Brown et al (1970)	90
5.5 Jerarquización de los impactos ambientales que afectan la integridad de la laguna de inundación Segundo y sus adyacencias	95
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
Conclusiones	107
Recomendaciones.....	109

REFERENCIAS.....	110
ANEXOS	113

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Maps, 2017)	8
2.2 Acceso al área de (Google Maps, 2017).	9
2.3 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V., 2005).	14
3.1 Planta del emplazamiento de una presa en Estados Unidos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	44
3.2 Sección transversal del emplazamiento de una presa en Estados Unidos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	45
3.3 Curva de gastos (alturas-caudales) de la presa (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	46
3.4 Curva para la sección B (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	48
3.5 Estructura de un embalse (Olivares, C. y De León, A., 1981).	52
3.6 Barco realizando sondeos (Farjas, M. 2005).	53
4.1 Flujograma de actividades.	66
5.1 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	75
5.2 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	76

5.3 Distribución temporal de la temperatura media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	77
5.4 Distribución temporal de la radiación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	78
5.5 Distribución temporal de la insolación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	79
5.6 Distribución temporal de la humedad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	80
5.7 Distribución temporal de la velocidad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).	81
5.8 Plano topográfico de la laguna de inundación Segundo	82
5.9 Imagen satelital de la laguna de inundación Segundo (Google Earth, 2017)	82
5.10 Curva de áreas y capacidades.	84
5.11 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 01	92
5.12 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 02	93
5.13 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 03	94

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Clasificación de las aguas según el grado de dureza (Casado, M. 1994).	22
3.2 Normas de calidad química O.M.S, 1971 (Abud, J. 2002).	28
3.3 Cálculos de la curva de gastos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	45
3.4 Perfil de la superficie del agua método de Leach (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).	48
3.5 Clasificación de las aguas según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial N° 5.021).	57
5.1 Especies de vegetales herbáceos de sabana tropical.	70
5.2 Especies de vegetales herbáceos de sabana tropical.	71
5.3 Especies de reptiles y anfibios presentes en el área de estudio.	72
5.4 Especies de mamíferos presentes en el área de estudio.	72
5.5 Especies de aves identificadas en el área de estudio.	73
5.6 Relación de Profundidad-Área-Volumen.	83
5.7 Análisis físico-químico del agua contenida en la laguna.	87
5.8 Análisis químico de metales agua contenidos en la laguna.	87
5.9. Análisis microbiológico contenido en la laguna.	89
5.10 Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) de la laguna Segundo	91
5.11 Matriz de Intensidad.....	96
5.12 Matriz de Extensión.	97
5.13 Matriz de Duración.	98

5.14 Matriz de Signo.....	99
5.15 Matriz de Magnitud.....	100
5.16 Matriz de Reversibilidad.....	101
5.17 Matriz de Incidencia.....	102
5.18 Matriz de Valor de Índice Ambiental (VIA)	103
5.19 Matriz de Severidad	104
5.20 Jerarquización por actividad del proyecto.....	105
5.21 Jerarquización por componentes ambientales.....	106

LISTA DE ANEXOS

A.1 PLANO TOPOGRÁFICO, PERFÍL Y SECCIONES DE LAGUNA SEGUNDO

INTRODUCCIÓN

Un cuerpo de agua es todo sistema natural o artificial líquido, bien sea estático o dinámico de carácter permanente, semipermanente o estacional. El agua natural proviene de fuentes tales como ríos, lagos, manantiales; y es un agua cruda si es agua de fuente natural sin ningún tipo de tratamiento. El estado Bolívar se caracteriza por sus riquezas hídricas; de sus ríos caudalosos derivan cuerpos de agua que deberían ser evaluados con regularidad.

La contaminación del agua se debe a las descargas de desechos orgánicos e inorgánicos, los derrames de petróleo, tóxicos y otras sustancias; así como el uso de plaguicidas, fertilizantes y otros productos químicos utilizados en la agricultura, ocasionando la alteración del equilibrio en el ecosistema, afectando gravemente la vida de los organismos presentes en él. Además ha sido empleada como criadero de insectos que provoca el brote de enfermedades que perjudican la salud de la población.

La contaminación del agua puede ser de varias clases como: física, inorgánica, orgánica o biológica. Sus manifestaciones más comunes son: el color, la turbidez, la temperatura, la materia de suspensión, la espuma, la radioactividad y la acidez o alcalinidad. La contaminación es provocada por la acción del hombre debido a las actividades antropogénicas asociadas al crecimiento descontrolado de la población, alterando de esta manera el ciclo hidrológico terrestre.

El propósito de esta investigación es la caracterización ambiental de la laguna de inundación Segundo ubicada en la vía hacia el Puente de Angostura, Parroquia Agua Salada (Ciudad Bolívar), para contribuir a las actividades de saneamiento

ambiental debido a la problemática que se presenta en los sectores adyacentes, y así proteger el ecosistema natural.

La presente investigación está compuesta por cinco capítulos que contemplan la información obtenida durante la misma, y se explican brevemente a continuación:

Capítulo I Situación a Investigar: el mismo consta del planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y alcance.

Capítulo II Generalidades: en este capítulo destaca la ubicación geográfica, acceso al área, las características físico naturales, y la geología del área de estudio.

Capítulo III Marco Teórico: en este capítulo se muestran los antecedentes, las bases teóricas y legales necesarias para el desarrollo del trabajo de investigación.

Capítulo IV Metodología de Trabajo: en el mismo se expone la metodología que se utilizó para el desarrollo del trabajo, como son el tipo y diseño de la investigación, las técnicas para la recolección de datos, población y muestra.

Capítulo V Análisis e Interpretación de los Resultados: está conformado por los resultados obtenidos basados en los objetivos planteados.

Conclusiones y Recomendaciones: aquellas que permiten la comprensión de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

En el mundo, la contaminación de los recursos hídricos superficiales es un problema cada vez más grave, debido a que son utilizados vertederos de residuos domésticos e industriales, sobre todo en las áreas urbanas. Estas descargas son las principales responsables de la alteración de la calidad de las aguas naturales, que en algunos casos llegan a un alto nivel de contaminación, resultando difíciles y costosas los procesos de tratamiento y potabilización.

En Venezuela, la contaminación de las aguas es causada por la descarga de los desechos industriales y domésticos, los derrames de petróleo, y el uso de plaguicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos químicos en las actividades agropecuarias. En este problema ambiental, el aumento constante de aguas servidas de procedencia doméstica, constituidas por exceso de restos orgánicos, cantidades de detergentes y otros desechos, generan el grado de contaminación que se agrava con la presencia de microorganismos. Todo esto debido a la concentración de población en las principales zonas urbanas del país.

La laguna de Segundo es un cuerpo de agua que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Orinoco y se encuentra ubicada en el corredor vial que va hacia el Puente de Angostura, en la Parroquia Agua Salada, Ciudad Bolívar (estado Bolívar).

La contaminación ambiental de la laguna de inundación Segundo es provocada por los habitantes de los sectores aledaños que ocupan los espacios naturales, convirtiéndola en un vertedero de desechos sólidos y orgánicos, y de colectores o

cloacas domésticas que descargan las aguas negras y residuales provenientes de las viviendas. Actualmente los sectores presentan problemas en cuanto a las condiciones de viviendas; falta de tuberías de aguas blancas, de drenajes de aguas servidas, y de manejo integral de los residuos, entre otros. Esta problemática ocasiona el grado de inundación en las calles de las comunidades durante el período de lluvia, la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos trayendo como consecuencia en el brote de enfermedades que perjudican la salud de las personas.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se pretende realizar el presente trabajo de investigación para evaluar y describir el impacto ambiental de la laguna de inundación Segundo, tomando en cuenta sus características bióticas y climáticas, y la calidad de sus aguas a través de una determinación y análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos. Esto se realizará con el fin de proponer el saneamiento ambiental del cuerpo de agua, permitiendo proteger el ecosistema natural en torno al área de estudio.

Una vez expuestos los aspectos y características de la zona a analizar, surgen algunas interrogantes basadas en la investigación:

¿Cómo establecer las características bióticas del área de estudio con base a la fauna y flora predominante en el interior y adyacencias de la laguna de inundación Segundo?

¿Cuáles son los parámetros climáticos que afectan los niveles de superficie del agua de la laguna de inundación Segundo considerando los últimos 10 años de registro del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología?

¿Cómo determinar las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados en la laguna Segundo como parámetro básico para la construcción de curva de áreas y capacidades?

¿Cuáles son las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo y de sus afluentes?

¿Cuáles son los impactos ambientales que afectan la integridad de la laguna de inundación Segundo y sus adyacencias?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Describir las características ambientales de la laguna de inundación Segundo ubicada en Ciudad Bolívar, Municipio Heres, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1) Describir las características bióticas del área de estudio con base a la fauna y flora predominante en el interior y adyacencias de la laguna de inundación Segundo.

2) Caracterizar los parámetros climáticos que afectan los niveles de superficie del agua de la laguna de inundación Segundo considerando los últimos 10 años de registro del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

3) Relacionar las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados en la laguna Segundo como parámetro básico para la construcción de curva de áreas y capacidades.

4) Describir las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo y de los afluentes que aportan fluidos a la laguna.

5) Jerarquizar los impactos ambientales que afectan la integridad de la laguna de inundación Segundo y sus adyacencias.

1.3 Justificación de la investigación

Es primordial y necesario realizar una propuesta que permita dar respuesta al problema de la contaminación de la laguna ocasionada por los habitantes de los sectores adyacentes, empleando todos los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria, con el fin de plantear y resolver situaciones a nivel profesional que cumpla con las necesidades urgentes de la población.

Una de las principales razones que motiva la realización de este proyecto, es aportar a las comunidades aledañas una solución efectiva, factible y potencialmente definitiva a la problemática existente, por ello es necesario realizar el saneamiento ambiental en la laguna y concientizar a la población a fin de proteger y preservar la flora y la fauna predominante en el área de estudio.

Desde otro punto de vista, la investigación será de gran utilidad para que las autoridades regionales y locales tomen conciencia y se comprometan a ejecutar proyectos de saneamiento ambiental durante un tiempo estipulado, y así dar una solución a la problemática de los sectores, beneficiando a la población en general.

1.4 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación se fundamenta en estudiar y analizar las características ambientales de la laguna de inundación Segundo, contribuyendo al

desarrollo de propuestas de saneamiento ambiental con el fin buscar soluciones a la problemática que se presenta en los sectores adyacentes, y así proteger y preservar el ecosistema natural.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La laguna de inundación Segundo se encuentra ubicada en la Parroquia Agua Salada, Ciudad Bolívar (estado Bolívar). Limita al Norte con el río Orinoco y al Sur con el corredor vial que comunica con el Puente de Angostura, con una Latitud de $08^{\circ}07'59''$ y una Longitud de $63^{\circ}35'19''$ (Figura 2.1).

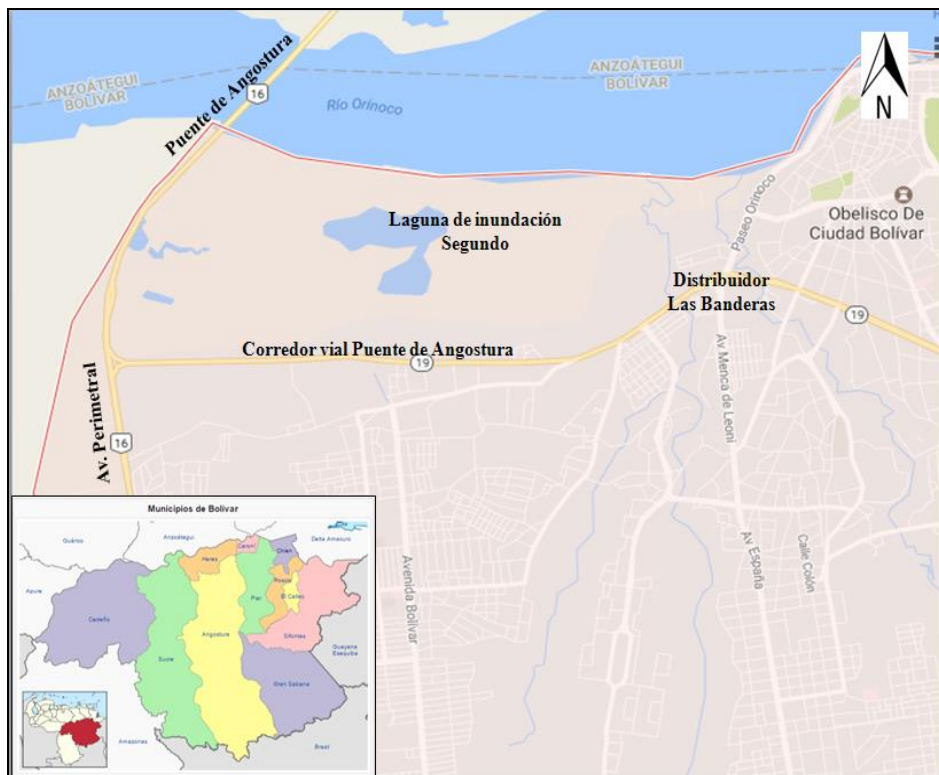


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Maps, 2017).

2.2 Acceso al área en estudio

La accesibilidad al área de estudio viene siendo a través del corredor vial que comunica con el Puente de Angostura, que parte desde el Distribuidor Las Banderas hasta llegar a la laguna. Otra vía de acceso viene siendo desde la Avenida Perimetral hasta la laguna pasando por el corredor vial en sentido contrario (Figura 2.2).

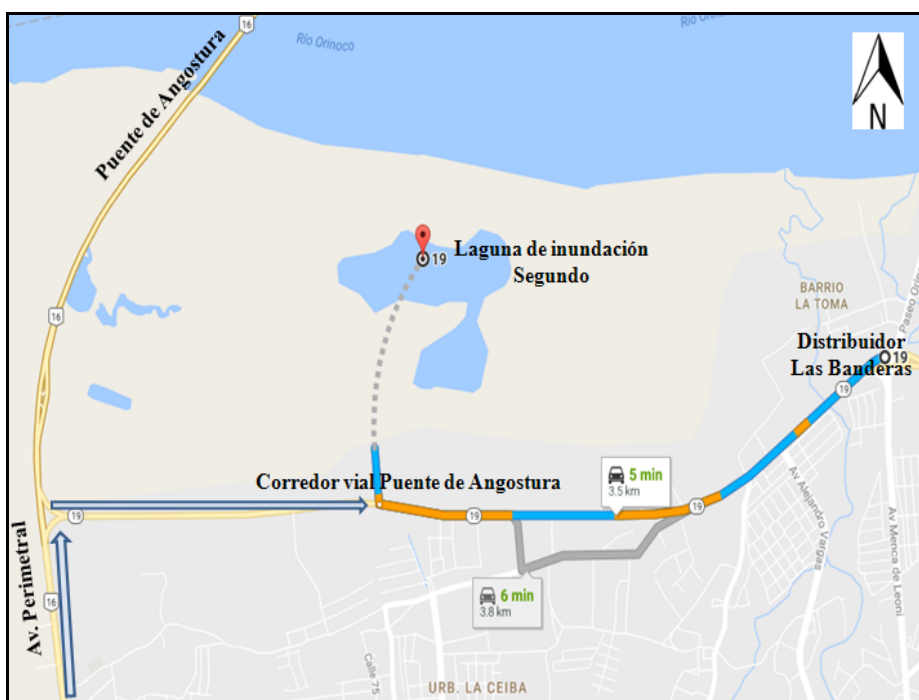


Figura 2.2 Acceso al área de (Google Maps, 2017).

2.3 Características físicas y naturales

2.3.1 Clima

Según la clasificación climática propuesta por Köpen, el área de estudio presenta clima cálido tropical de Sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por un período de lluvia que domina desde Mayo hasta Noviembre; y otro de sequía que

domina desde Diciembre hasta Abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, el área pertenece al bioclima Bosque Seco Tropical (Bs-T) con tendencia al muy seco tropical (Bms-T). La temperatura media oscila entre 26° C y 33° C. La precipitación varía entre 1.000 mm y 1.100 mm; y la evaporación media anual supera los 2.000 mm.

El clima del área presenta una sucesión de estaciones seca y húmeda lo que permite clasificarlo como un clima tropical, que según la clasificación de C.W. Thornthwaite (1.948) corresponde con un clima cálido, semiseco y sin exceso de agua.

2.3.2 Caracterización hidrográfica

El área de estudio está controlada por varias constantes permaneciendo durante todo el año con corrientes continuas, observándose en los períodos de lluvia, crecida de los ríos y en los períodos de sequía el descenso de los mismos.

La red hidrológica de la zona a nivel local está constituida por un sistema activo integrado por cursos de agua permanente, los cuales están integrados por los ríos Orocopiche, Orocopichito, Guanaquén, Marcela y el caño Tirigua, los cuales reciben a su vez un sin número de morichales, cuyo principal colector es el Orinoco.

En la zona también existen cursos de agua de régimen invernal, los cuales son pequeños canales colectores del agua durante la época de lluvias y constituyen un sistema de drenaje impreciso que presenta un grado de erosión activo.

El régimen de estos ríos es de tipo torrencial, caracterizándose por la significativa variación de sus niveles caudales durante el período de lluvias y de sequías.

Cuando el área drenada por estas microcuencas es influida por medianas y grandes precipitaciones, se salen de sus cauces y arrastran material de diferente composición y granulometría, los cuales en su mayoría son depositados en el río Orinoco.

Según el mapa de drenaje del área urbana de Ciudad Bolívar la red hidrológica está constituida por un sistema activo integrado por los ríos Santa Barbará, San Rafael, Buena Vista y diversas quebradas, teniendo como principal colector de las cuencas al río Orinoco.

El drenaje es de tipo dendrítico o enrejado que tiene como característica principal una ramificación de sus afluentes en diferentes direcciones, formando una variedad de ángulos. El régimen de los ríos es de tipo torrencial, caracterizándose por la variación de sus niveles durante los períodos de lluvias.

Las quebradas principales presentan un régimen de lluvia, actuando como colectores de agua durante la referida época, y presentan un grado de erosión activo.

El período de lluvia ocurre en los meses de Mayo a Octubre, la gran diferencia de precipitación que existe entre los meses restantes del año, trae como consecuencia una sobresaturación de aguas en los suelos o una sequía total de estos.

2.3.3 Topografía

Topográficamente, en Ciudad Bolívar las mesas presentan dos niveles, lo que sugiere que el levantamiento de la región ha sido objeto de alguna pausa. En el medio físico de esta ciudad también hay rellenos del Holoceno, justo a orillas del Orinoco.

El casco antiguo de dicha población se ha erigido sobre una elevación conformada por rocas metamórficas del complejo de Imataca (Precámbrico). Estas lomas estuvieron seguramente sepultadas por los sedimentos de Mesa durante el Pleistoceno.

2.3.4 Suelos

2.3.4.1 Suelos residuales del Complejo Imataca

Estos suelos son producidos por la descomposición del basamento ígneo-metamórfico. En el área de la ciudad se distinguen principalmente migmatitas, granitos – gneises y anfibolitas que son mayormente las rocas generadoras de suelos y en segundo lugar, las cuarcitas ferruginosas por presentar estas, alta resistencia a la erosión.

2.3.4.2 Suelos pertenecientes a la Formación Mesa

Constituye la unidad geológica más extensa, son fundamentalmente sedimentos arenosos poco consolidados y se encuentran distribuidos en casi toda el área de Ciudad Bolívar.

2.3.4.3 Suelos provenientes de sedimentos fluviales recientes

Estos representan el producto de la erosión de las rocas del basamento ígneo – metamórfico y de los sedimentos de la Formación Mesa, depositados en los márgenes del río Orinoco y ríos afluentes del primero, que atraviesan la ciudad.

Los suelos dominantes en el área de la cuenca media del río Cañafístola son los pertenecientes a la Formación Mesa. Se localizan suelos aluviales recientes a lo largo del cauce de este río (Chaparro E. y Fossi A., 1.988).

2.4 Geología Regional y Local

2.4.1 Geología regional

En el área de Ciudad Bolívar se distinguen tres unidades litoestratigráficas que comprenden: La Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

El Escudo de Guayana se localiza al Sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del complejo Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo). En particular, el Escudo de Guayana, se compone de las siguientes Provincias Geológicas: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima; los cuales forman parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes Precámbricos de Colombia y de Bolivia; los cuales estaban unidos a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hace unos 200 Ma (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.3).

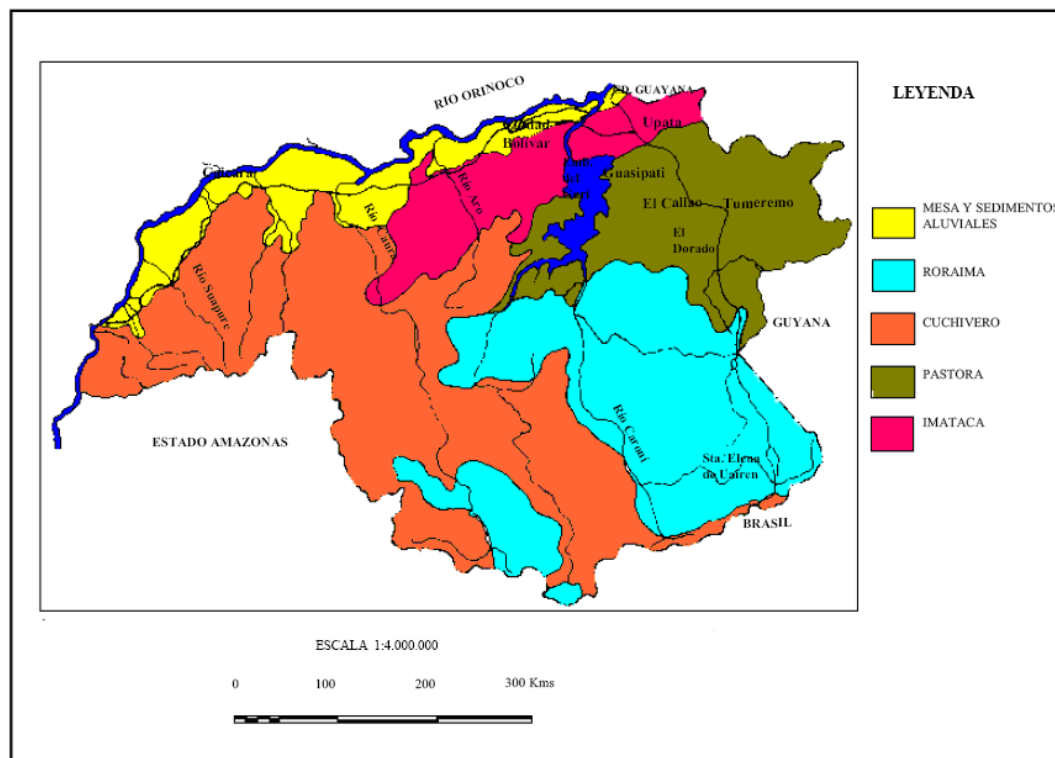


Figura 2.3 Mapa de provincias geológicas del estado Bolívar (Mendoza, V., 2005).

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del Río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Guri por unos 550 Km y 80 Km respectivamente. No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura, y por su puesto en tiempos pre-disrupción de la Pangea a África Occidental.

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, V. 2005).

2.4.2 Geología local

El área de investigación está constituida en su mayor parte por los sedimentos de la Formación Mesa, y en menor proporción por los Sedimentos Recientes o aluviones recientes como lo define Yánez, G., en su trabajo “Geomorfología del área entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana”. Debido a la cobertura de estos sedimentos, las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca no afloran en el área, pero se infiere su existencia a algunas decenas de mts de profundidad debido a que la Formación Mesa se encuentra discordante con el Complejo de Imataca en Ciudad Bolívar.

2.4.2.1 Formación Mesa

Este término fue introducido en 1944 por Hedberg y Pire. En Ciudad Bolívar sus espesores son muy variables y los máximos alcanzados se encuentran en el Hipódromo donde alcanzan 120 metros según J. N. Perfetti, 1978 (González de Juana, C. 1980).

Desde el punto de vista estratigráfico, la Formación Mesa está constituida por una secuencia de arcillas, limolitas y arenas limolíticas bien estratificadas, macizas a laminadas, de color generalmente rojizo, las arcillas presentes son de color gris a amarillo con manchas rojizas.

La Formación se encuentra muy meteorizada y localmente desarrolla lateritas moteadas y caolinitas. La lixiviación y la presencia de diaclasas columnares hacen que la parte superior de la Formación sea sumamente porosa.

2.4.2.2 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos están formados por los materiales provenientes de la disgregación mecánica de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron transportados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona.

Los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales, tales como materiales arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo de la energía del ambiente donde se depositaron, ocupan parte del fondo de canal y una franja paralela a su curso en el río Orinoco. Estos sedimentos no forman tan sólo los aluviones del río Orinoco, sino que se mezclan con los transportados por sus afluentes y aguas de escorrentía que descenden de las áreas altas como producto de la erosión.

Los materiales incluyen cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el holoceno hasta el reciente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable (Gutiérrez y Pérez, 2001).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan algunas concepciones y planteamientos que sirven de base teórica al problema tratado. Tales planteamientos se reflejan en: los antecedentes de estudio, bases teóricas, bases legales y la definición de términos básicos.

3.1 Antecedentes de la investigación

Están referidos a estudios previos desarrollados en otras investigaciones, que facilitan los fundamentos teóricos de aportes referenciales en contexto nacional y local relacionados con el temático objeto de estudio.

Fernández, S. y Hurtado M. (2004), realizó un Trabajo Final de Grado titulado **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA – AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA, DISTRITO AUTÓNOMO HERES, CIUDAD BOLÍVAR - ESTADO BOLÍVAR”**. Este estudio tuvo como finalidad de determinar el nivel de contaminación del agua del río Cañafístola y la influencia que tiene en la alteración de las condiciones geológicas-ambientales en el área de estudio. Se tomaron catorce (14) muestras de aguas superficiales con la finalidad de realizar análisis físico-químico y bacteriológico, tales como: temperatura, turbidez, pH, alcalinidad, cloruros, dureza, DQO, DBO, OD, Sólidos Totales, Fosfatos, Nitratos, Metales Trazas y Coliformes fecales y totales. También se tomaron siete (7) muestras de sedimentos con la finalidad de realizar análisis de minerales pesados. El estudio aportará al proyecto de investigación para la descripción de las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo, así como los impactos ambientales ocasionados en ella.

Mora, V. y García A. (2013), publicó un trabajo de investigación titulado **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SU TENDENCIA CORROSIVA EN LOS MORICHALES GUARICONGO Y LOS CARIBES, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**. El trabajo consistió en evaluar los niveles de calidad del agua y su tendencia corrosiva en los morichales “Guaricongo” y “Los Caribes”. Se tomaron muestras de agua en cada subcuenca de estudio y en la confluencia de las mismas. Se determinaron parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales y disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, dureza total, alcalinidad, calcio, magnesio, nitratos, sulfatos y cloruros), a partir de esta data se calcularon los índices de corrosión e incrustación de Langelier (IL), Potencial de Precipitación (PPCC), Ryznar (IR), Agresividad (IA), Larson (RL), Singley, Capacidad Buffer, Snoeyink. Los resultados indican que las aguas de estos morichales presentaron pH ligeramente ácido, levemente duras indicativos de aguas agresivas con tendencia corrosiva, lo cual fue corroborado a través de los índices de corrosión calculados, clasificando a estas aguas como insaturadas, con preferencia a disolver el CaCO_3 indicativo de un carácter corrosivo. El trabajo aportará al proyecto de investigación para la descripción de las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo, permitiendo obtener el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Rodríguez, C (2011), publicó un trabajo de investigación titulado **“CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA: MUNICIPIO HERES Y CARONÍ DEL ESTADO BOLÍVAR”**. Este trabajo destaca que el término calidad de agua comprende las características biológicas, físicas y químicas del agua que afectan su capacidad para sustentar la vida y su idoneidad. El objetivo de la investigación fue determinar indicadores bacteriológicos y la caracterización fisicoquímica de cuerpos de agua en dos municipios del estado Bolívar. Se cuantificaron bacterias heterótrofas totales, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Clostridium* y

Pseudomonas según Normas Venezolanas COVENIN. Se realizó examen fisicoquímico parcial: pH, turbiedad, alcalinidad, cloruros, sulfato, dureza total, calcio, magnesio, manganeso, nitritos, hierro total, sílice; por Método Estándar. Los resultados mostraron recuentos bacterianos que exceden la normativa venezolana oficial en tres sectores del río Orinoco-tramo Ciudad Bolívar, así como en 50% y 20% de los balnearios muestreados en los municipios Heres y Caroní respectivamente. Los resultados del examen fisicoquímico parcial se hallaron dentro de los criterios de referencia establecidos para ello y fueron clasificadas como aguas de baja dureza. El estudio aportará al proyecto de investigación para la descripción de las características físico-químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo, permitiendo obtener el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Las citas anteriormente mencionadas, tienen importancia en la investigación y desarrollo del tema basado en la caracterización ambiental de la laguna de inundación Segundo ubicada en Ciudad Bolívar. Además sirvieron de aporte en la técnica e instrumentos de recolección de datos, lo cual permitió seleccionar la información apropiada para la realización del trabajo de investigación utilizando dichas referencias.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Calidad del agua

La calidad de agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos, está representada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que ella debe contener en su estado natural, las cuales pueden ser alteradas por el exceso de materiales extraños en el agua, ya sea por la actividad humana (contaminación) o por la acción de la naturaleza (polución) (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

3.2.2 Características de las aguas

En las aguas naturales o crudas hay sustancias disueltas, materiales en suspensión, iones, etc., que dan características especiales a las aguas naturales, por lo tanto es necesario conocer su presencia y las cantidades (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

3.2.2.1 Características físicas

❖ Color: las aguas naturales presentan tonalidades variables que dependen de diversos factores. Aún el agua pura no es incolora, tiene un tono azul verdoso pálido en grandes volúmenes.

El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son dañinos. Con respecto al agua para beber, el color debe ser eliminado casi siempre en el proceso de tratamiento y debe estar por debajo de 50 unidades (medido en unidades platino – cobalto), ya que este es el límite máximo fijado para este tipo de agua (Casado, M. 1994).

❖ Sabor y olor: se debe a las impurezas disueltas frecuentemente de naturaleza orgánica, que se encuentra en descomposición, sales inorgánicas, gases disueltos, residuos industriales, etc. La evaluación cuantitativa de los olores y sabores, consiste en la determinación del número de diluciones requeridas para la desaparición total del olor del agua, este proceso se conoce por el método del Umbral. El olor puede expresarse cualitativamente como: aromático, balsámico, sustancias químicas, desagradable, a tierra, a grasa o a vegetales (Casado, M. 1994).

❖ Turbidez: es producida por partículas insolubles, encontrándose en forma de suspensión en el agua, como arcilla, limo, materia orgánica, plancton, etc., hay que

tener en cuenta que la turbidez es un efecto óptico causado por la dispersión de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

❖ Temperatura: es la medida del calor almacenado en el agua. La capacidad del agua para almacenar calor es alta y esto hace que sea un elemento moderador del clima. La temperatura deseable para su ingestión es de 10° C a 14° C.

La temperatura es una de las constantes físicas que tienen gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua y determina la evolución o tendencia de sus propiedades, ya sean físicas, químicas o biológicas, ya que una variación notable de la misma puede ejercer una acción beneficiosa o dañina (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

3.2.2.2 Características químicas

Las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que algunos de los parámetros físicos y por eso son más útiles al momento de evaluar las propiedades de una muestra de agua. Estas características se miden mediante pruebas químicas o la adición de compuestos químicos. Entre estas se tienen: pH, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nitratos, fosfatos, nitritos, cloruros, sulfatos, magnesio, potasio, calcio, sodio, metales traza (UNESCO, 1995).

❖ pH: medida de la acidez o basicidad de una disolución: se define como el menos logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, expresada en moles por litro. La escala de pH varía de 0 a 14. Las soluciones neutras tienen un pH 7, las ácidas menor que 7 y las básicas o alcalinas, mayor que 7. El pH es una magnitud importante en los ecosistemas acuáticos y edáficos (UNESCO, 1995).

❖ Alcalinidad: es la capacidad del agua de neutralizar los ácidos, y es debido a la presencia de bicarbonatos HCO_3^- , Carbonatos (CO_3^{2-}) o Hidróxido (CH^-), Oxidriló (OH^-). La alcalinidad de un agua se expresa en equivalentes de base por litro o en equivalente de carbonato cálcico. Se expresa en mg/L o en ppm.

❖ Dureza: es la capacidad que posee el agua en precipitar el jabón, la formación de sedimentos, costras en las tuberías, y en las unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua. Para fines analíticos se define como la suma de las concentraciones de todos los cationes metálicos, menos los alcalinos, expresados en concentraciones equivalentes de Carbonato de Calcio (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

La dureza del agua se origina por diversas razones las cuales son:

- 1) El agua de lluvia infiltrada en el suelo entra en contacto con formaciones rocosas.
- 2) Dichas aguas se cargan con Anhídrido Carbónico por acción bacteriana.
- 3) Las soluciones acuosas con CO_2 tienen reacción ácida debido a la acción reversible del gas con el agua para formar ácido carbónico, H_2CO_3 . Bajo estas condiciones ácidas, las formaciones básicas se disuelven, como la roca caliza insoluble, esta acción forma Bicarbonato de Calcio soluble (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

Tabla 3.1 Clasificación de las aguas según el grado de dureza (Casado, M. 1994).

RANGO (mg/L)	TIPOS DE DUREZA
0 – 50	BLANDAS
50 – 100	POCO DURAS
101 – 200	DURAS
201 – A MÁS	MUY DURAS

❖ Sólidos totales: incluye todas las materias de cualquier tamaño que hay en el agua. El término sólido total se aplica al residuo que deja una muestra de agua, después de evaporarse a una temperatura definida, por lo general de 103° C a 105° C. Los sólidos totales que están en un rango de 2000 y 4000 p.p.m. en el agua, hacen que ella sea desagradable al paladar y tenga efectos laxantes en los seres humanos.

❖ Demanda bioquímica de Oxígeno (D.B.O.): es la capacidad de consumir oxígeno de los organismos aeróbicos que se encuentran en un cuerpo de agua. La D.B.O. sirve para medir el potencial poluciante de un cuerpo de agua, realizándose por medio del ensayo de la D.B.O_{5,20} (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

❖ Oxígeno disuelto (O.D.): en los líquidos residuales, la evaluación de Oxígeno disuelto (O.D.), es el factor que determina si los cambios biológicos operados son debidos a organismos aerobios o anaerobios. Los primeros requieren oxígeno libre y producen sustancias inocuas, mientras que los segundos toman el oxígeno de los compuestos que lo contienen y sus productos son malsanos.

En consecuencia, la medida del Oxígeno disuelto es de primera importancia si queremos corregir y mantener condiciones aerobias en las aguas que reciben toda clase de desecho (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

❖ Nitratos: sales del ácido nítrico (HNO₃): son nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizadas como fertilizantes. Los aportes de nitratos al agua de ríos y lagos favorecen el crecimiento de algas (eutrofización). Los nitratos son esenciales para el crecimiento de las plantas, sin embargo para el consumo humano se establecen concentraciones entre 0,1 y 10 mg/L y 50 mg/L como la cantidad máxima recomendada en el agua (Machado, C. 2004).

❖ Fosfatos: sales del ácido fosfórico, H_3PO_4 : los fosfatos son componentes esenciales de los seres vivos, y además son nutrientes para las plantas. Tienen aplicaciones industriales diversas y como fertilizantes. Los vertidos de fosfatos a las aguas naturales pueden causar eutrofización (Machado, C. 2004).

❖ Nitritos: sales del ácido nitroso (HNO_2): tienen aplicaciones industriales. Son sustancias tóxicas, a partir de las cuales pueden formarse nitrosaminas, que además son cancerígenas. Los nitritos son muy tóxicos y nocivos para los peces (una concentración de 0,5 mg/L puede causarles problemas). Su concentración ha aumentado en la naturaleza hasta cantidades nocivas debido al uso de fertilizantes en la agricultura y de carburantes fósiles. Solo se permite en el agua una concentración de 0,001 mg/L (Machado, C. 2004).

❖ Cloruros: compuestos químicos formados por Cloro y otros elementos: cloruro de hidrógeno, de aluminio, de magnesio, férrico. Muy estable en disolución y muy difícilmente precipita, no se oxida, ni se reduce en aguas naturales. Su concentración esta entre 10 y 250 mg/L en aguas dulces, más de 300 mg/L dan al agua de bebida un sabor salado, pero no es perjudicial hasta algunos miles de miligramos por litro (Machado, C. 2004).

❖ Sulfatos: sales de ácido sulfúrico. los distintos sulfatos tienen numerosas aplicaciones industriales. Contribuye a la salinidad de las aguas, y se encuentra en la mayoría de las aguas naturales. Su concentración esta entre 2 y 150 mg/L en aguas dulces (Machado, C. 2004).

❖ Magnesio (Mg): elemento químico que se encuentra disuelto en el agua como macroconstituyente. Es uno de los elementos que contribuye a la dureza del agua. Las concentraciones están entre 1 y 100 mg/L en aguas dulces, se permite una concentración máxima de magnesio de 50 mg/L (Machado, C. 2004).

❖ Potasio (K): peso atómico 39,102. Número atómico 19. Metal de color blanco argéntico, suave, muy reactivo, ampliamente distribuido en forma de sales. Es un macro nutriente esencial y se usa como fertilizante. Presenta solubilidad muy elevada y difícil de precipitar, la concentración esta entre 0,1 y 10 mg/L en aguas dulces (Machado, C. 2004).

❖ Calcio (Ca): metal blanco, muy alterable al aire y al agua, que combinado con el oxígeno, forma la cal. No existe libre en la naturaleza. Combinado se encuentra en gran abundancia como catión de los ácidos sulfúricos y carbónicos principalmente. Como carbonato cálcico se encuentra, entre otras, en la piedra caliza, el mármol, etc. Como sulfato cálcico en el yeso y la anhidrita. Su concentración está entre 10 y 250 mg/L en aguas dulces. La concentración de calcio aceptable como máximo es de 75 mg/L (Machado, C. 2004).

❖ Sodio (Na): solubilidad muy elevada y difícil de precipitar. Las concentraciones en aguas dulces están entre 1 y 150 mg/L, las concentraciones de sodio elevadas son perjudiciales y producen un efecto laxante en el organismo humano (Machado, C. 2004).

❖ Metales trazas: éstos se encuentran en las aguas naturales o en las solucionadas como consecuencia del lavado de los terrenos que drenaron o procedentes de una contaminación. Tienen una gran importancia debido al papel físico – químico y biológico que desempeñan. Los más significativos son: Hierro, Manganeso, Plomo, Magnesio, Cadmio, Sodio y Potasio y se expresan en mg/l. Los cuales no deberán exceder los límites de acuerdo a lo establecido en el Decreto 883 de la Gaceta Oficial 5.021 (1995)

Los más significativos son:

❖ Arsénico (As): elemento químico de masa atómica 74,92 y número atómico 33. Tiene aplicaciones industriales y como insecticida. El arsénico y sus compuestos son sustancias tóxicas y sus vertidos se consideran contaminantes.

❖ Cobre (Cu): elemento químico de masa atómica 63,54 y número atómico 29. Es un metal denso de color rojo, blando, dúctil y maleable y muy buen conductor de la electricidad. Se encuentra en la naturaleza en forma elemental (cobre nativo) y en minerales como calcopirita y cuprita. Tiene aplicaciones industriales en aleaciones, conductores eléctricos, tuberías, etc. Por su acción tóxica sobre microorganismos, las sales de cobre como el sulfato, CuSO_4 , se utilizan como algicidas.

❖ Cromo (Cr): elemento químico de masa atómica 51,996 y número atómico 24. Es un metal denso, duro y brillante, presente en la naturaleza combinado en minerales de los que el principal es la cromita. Tiene aplicaciones en siderurgia. El cromo y sus compuestos son tóxicos. El límite máximo establecido por la mayoría de las legislaciones es de 0,05 mg/L.

❖ Hierro (Fe): elemento químico de peso atómico 55,847 y número atómico 26. Metal de amplia utilización. Su concentración está entre 0 y 10 mg/L en aguas dulces y se permite una concentración máxima de 0,5 mg/L, por encima de esta se considera muy nocivo. Más de 5 mg/L pueden ser tóxicas para las plantas.

❖ Mercurio (Hg): elemento químico de masa atómica 200,59 y número atómico 80. Por un bajo punto de fusión ($-38,84^\circ\text{C}$) es el único metal líquido a temperatura ambiente. En la naturaleza se presenta principalmente en forma de sulfuro (cinabrio). Tiene aplicaciones industriales, científicas y técnicas (amalgamas, fabricación de aparatos como termómetros y barómetros, lámparas de mercurio). Es un metal pesado

muy tóxico que se acumula en los organismos a través de las cadenas tróficas en forma de metilmercurio, dañando el sistema nervioso.

❖ Manganese (Mn): elemento químico de masa atómica 54,938 y número atómico. Es un metal de color gris, duro. En la naturaleza se presenta en varios minerales, como la pirolusita (MnO_2). Tiene aplicaciones industriales en metalurgia e industria química. Es necesario para las plantas como micro nutriente.

❖ Plomo (Pb): elemento químico de masa atómica 207,19 y número atómico 82. Denso, blando, maleable y dúctil, de bajo punto de fusión, resistente a muchos ácidos, aunque no a todos y opaco a los rayos X. Se encuentra en la naturaleza en forma de carbonato de plomo (PbCO_3), sus propiedades hacen que posea numerosas aplicaciones (industria química y metalúrgica, construcción). El plomo y sus compuestos son tóxicos para los seres vivos, produciendo en el hombre la grave enfermedad llamada saturnismo. Es un contaminante importante y tiende a acumularse. Debido a su fuerte toxicidad los niveles de plomo del agua de bebida deben mantenerse tan bajos como sea posible, estando en estudio bajar la concentración máxima permitida de 0,05 a 0,025 mg/L.

❖ Zinc (Zn): elemento químico de masa atómica 63,37 y número atómico 30. Es un metal denso, presente en la naturaleza en minerales como blenda, esmitsonita y calamina. Tiene aplicaciones industriales (galvanizados, aleaciones, pinturas, etc.). Es un micronutriente esencial. Las sales de zinc son tóxicas en concentraciones elevadas.

En la tabla 3.2 se muestran algunas normas de calidad químicas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S).

Tabla 3.2 Normas de calidad química O.M.S, 1971 (Abud, J. 2002).

CARACTERÍSTICAS	NIVEL DESEABLE MAS ALTO	NIVEL PERMISIBLE MÁXIMO
Sólidos disueltos totales	500 mg/L	1500 mg/L
Rango de Ph	7,0 a 8,5	6,5 a 9,2 mg/L
Aceites minerales	0,01 mg/L	0,3 mg/ L
Dureza total (CaCO ₃)	100 mg/L	500 mg/L
Cromo (Cr)		0,05 mg/L
Plomo (Pb)		0,05 mg/L

3.2.2.3 Características bacteriológicas

El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y temperatura óptima de desarrollo son variables. En la actualidad no existe un método práctico que permita determinar con exactitud todas las bacterias viables de una muestra de agua. Las técnicas en uso sólo ponen de manifiesto una porción pequeña de las presentes la cual están representados por la determinación del número más probable (N.M.P), coliformes totales y fecales como también la determinación de colonias mesofílicas en un máximo de 100 por 100. Las bacterias coliformes son microorganismos inofensivos para el hombre y residen en su intestino grueso y abundan en la materia fecal. Forman parte de los desechos de las aguas negras y no se desarrollan en el agua, de manera que un recuento de las bacterias coliformes constituye un indicio del grado de contaminación de esas aguas (Abud, J. 2002).

❖ Coliformes totales: es un grupo de bacterias de la familia de las Enterobacterias, que son bacilos gran negativos aerobios o anaerobios facultativos, no forman esporas, fermentan lactosa a 35 °C en 24 a 48 horas. Si es aplicado a la técnica de filtros de membrana, se refiere a un grupo de bacterias gran negativas, no

formadoras de esporas, que desarrollan colonias rojas con o sin brillo verde metálico dentro de 24 horas a 35 °C en un medio que contiene lactosa (Hurtado, 1956 en Abud, J. 2002).

❖ Coliformes fecales: se refiere a un grupo de coliformes totales que son resistentes al calor, fermentan lactosa a 44.5 °C en 25 horas, esta característica los diferencia de los demás coliformes que no pueden fermentar la lactosa a esta temperatura (Abud, J. 2002).

3.2.3 Calidad de las aguas

El agua es un recurso escaso, pero de importancia vital para la sociedad y la naturaleza, ya que forma parte, en un tanto por ciento elevado, de la constitución de todos los seres vivos. De todo el agua existente en el planeta, sólo una pequeña parte es aprovechable por la sociedad, y por la mayor parte de la naturaleza. Los invertebrados bentónicos dan una idea de la calidad del agua ya que ante determinados vertidos pueden llegar a desaparecer del río. La naturaleza de la calidad del agua está relacionada con el uso destinado. Así las aguas de uso doméstico están estrechamente ligadas a las propiedades de las fuentes de captación y a los sistemas de potabilización y distribución (Machado, C. 2004).

3.2.4 Criterios relativos a la calidad del agua

El criterio de calidad del agua debe hacerse considerándose su utilización, los objetivos de calidad deben tener en cuenta los siguientes usos:

1. Agua destinada al consumo y usos domésticos.
2. Agua destinada para usos industriales.
3. Agua destinadas para fines agrícolas.

4. Agua destinada a actividades recreativas.
5. Vida acuática (Franzone, A. y Medina A., 1998).

3.2.5 Índice de Calidad del Agua (ICA)

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que este puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

Los índices de calidad del agua (ICA) son los siguientes:

1. Si el ICA es de 0 – 25 el agua es pésima.
2. Si el ICA es de 26 – 50 el agua es mala.
3. Si el ICA es de 51 – 70 el agua es media.
4. Si el ICA es de 71 – 90,5 el agua es buena.
5. Si el ICA es de 90,6 – 100 el agua es excelente.

Para realizar los cálculos de calidad de agua se utilizan los siguientes parámetros: Oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO, Nitratos, Fosfatos, incremento de la temperatura, turbidez y los sólidos totales, esto se hace en una hoja de cálculo para el índice de calidad de aguas para ríos según “The National Sanitation Foundation” (NSF) (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

3.2.6 Otros contaminantes e indicadores de calidad del agua

Para determinar la calidad del agua también se realizan observaciones y análisis sencillos de algunos parámetros tales como: amonio (NH_4^+), bicarbonato, cadmio (Cd), cianuros, detergentes, fenoles, fluoruros, materiales en suspensión, aceites y grasas (UNESCO, 1995).

3.2.6.1 Amonio (NH_4^+)

Radical químico que se combina con los ácidos dando sales semejantes a las de los metales alcalinos. Su presencia en el agua es un indicador de contaminación de tipo orgánico (UNESCO, 1995).

3.2.6.2 Bicarbonato

Sal formada por una base y por ácido carbónico en doble cantidad que en los carbonatos neutros. El ión bicarbonato (HCO_3^-), varía entre 50 y 350 mg/L en aguas dulces, alcanzando algunas veces valores hasta 800 mg/L, sin presentar problemas tóxicos.

3.2.6.3 Cadmio (Cd)

Elemento químico de masa atómica 112,41 y número atómico 48. Tiene aplicaciones industriales, por ejemplo en metalurgia. Es uno de los metales pesados, capaz de acumularse en los organismos y en el ser humano a través de las cadenas tróficas, y muy tóxico (UNESCO, 1995).

3.2.6.4 Cianuros

Sales del ácido cianhídrico. Tanto el ácido como las sales de metales alcalinos y alcalinotérreos son muy tóxicos (por ejemplo, el cianuro potásico, KCN). La toxicidad del cianuro se debe a que mata las células al inhibir enzimas de la cadena respiratoria, la principal ruta metabólica productora de energía que ocurre en los orgánulos celulares llamados mitocondrias. Los cianuros tienen aplicaciones en la industria química, minería, siderurgia y como pesticidas.

3.2.6.5 Detergentes

Sustancias utilizadas en limpieza por sus propiedades tensoactivas y emulsionantes (pueden solubilizar sustancias insolubles en agua como grasas y aceites). Los vertidos de detergentes a las aguas pueden producir problemas ambientales debido a que algunos no son biodegradables, y otros, que pueden ser degradados, incluyen en su composición fósforo en forma de fosfato, lo que puede producir eutrofización (UNESCO, 1995).

3.2.6.6 Fenoles

Compuestos orgánicos derivados del benceno (C_6H_6) en que uno, dos o tres hidrógenos del núcleo bencénico están sustituidos por radicales $^{\cdot}OH$. Los fenoles tienen aplicaciones en la industria química y como pesticidas y son tóxicos.

3.2.6.7 Fluoruros

Sales del ácido fluorhídrico. Los distintos fluoruros tienen diversas aplicaciones: industrias del vidrio y la madera, esmaltes, soldaduras, óptica, etc.

Muchos procesos industriales producen fluoruros cuyas emisiones son contaminantes por su toxicidad para plantas y animales (UNESCO, 1995).

3.2.6.8 Materias en suspensión

Están formadas por partículas sólidas flotando en el seno del agua. Dependiendo del tamaño de las partículas, se pueden dividir en las que son capaces de formar suspensiones estables aún en el agua en reposo (soluciones coloidales) y las que sólo se encuentran en suspensión cuando el agua está en movimiento.

3.2.6.9 Aceites y grasas

Es cualquier cuerpo pingüe, líquido a la temperatura media de los climas templados o cálidos. Se considera un contaminante del agua, en la que produce diversos daños. Por tener una densidad menor que el agua, flotan en la misma formando películas que evitan la aireación de las masas de agua (UNESCO, 1995).

3.2.7 Contaminación ambiental

3.2.7.1 Contaminación del agua

El agua se considera contaminada cuando presenta materia extraña indeseable que deteriora su calidad y la hace inaprovechable. En todo caso, el grado de deterioro de la calidad del agua dependerá de la calidad de materia extraña que se le haya adicionado así como el tipo de materia o agentes contaminantes que contenga (Fernández, S. y Hurtado, M. 2004).

Los agentes contaminantes, inciden directamente sobre los recursos hídricos, pudiendo considerarse dentro de ellos, con mayor acción dentrificadora, a los

desechos químicos provenientes de industrias tales como pinturas, construcción, mataderos industriales, desechos domésticos, etc., que son arrojados directamente a las vertientes de agua o a las redes de cloacas de la ciudad.

Las aguas servidas (negras) contienen cantidades variables de sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de las comunidades, siendo uno de los principales agentes contaminantes (Fernández, S. y Hurtado, M. 2004).

3.2.7.2 Principales contaminantes

1. Las aguas residuales.
2. Agentes infecciosos.
3. Nutrientes vegetales.
4. Productos químicos.
5. Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por lluvia.
6. Sustancias radiactivas.
7. El calor (Fernández, S. y Hurtado, M. 2004).

3.2.7.3 Origen de la contaminación

En el caso de las aguas residuales tienen su origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico o pluvial. Las aguas residuales domesticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y la naturaleza de los vertidos industriales son muy variadas, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y el grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga (Aguirre, C. y Palmer, I. 1992).

La infiltración se produce cuando se sitúan por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Además los agentes infecciosos provienen de bacterias que se encuentran en las aguas contaminadas.

Los nutrientes vegetales son los responsables de estimular el crecimiento de plantas acuáticas.

A lo que se refiere a la contaminación a través de productos químicos, incluyendo los pesticidas, productos industriales, detergentes y especialmente el petróleo son altamente contaminantes (Aguirre, C. y Palmer, I. 1992).

Las sustancias radiactivas procedentes de los residuos generados por la minería y el refinado del Uranio y el Torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radioactivos son altamente contaminantes.

En el caso de calor puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energética hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (Aguirre, C. y Palmer, I. 1992).

3.2.7.4 Efectos de la contaminación del agua

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua puede producir enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El Cadmio presente en los fertilizantes derivados del Cieno o Lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidades suficientes, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el Mercurio, el Arsénico y el Plomo (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Existe un problema con respecto a la eutrofización, esta se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que genera un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como el mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del Carbonato de Calcio en las aguas duras.

3.2.7.5 Impacto ambiental

Es deseable suministrar agua de una calidad tal que se proteja la salud de los usuarios, las aguas servidas y desechos producidos por las comunidades pueden deteriorar el ambiente y degradar la calidad de las aguas superficiales receptoras de aguas servidas si los vertimientos se hacen en forma indiscriminada (Gutiérrez, E. y Pérez K., 2001).

Las causas de la contaminación de las aguas son numerosas y se manifiestan sobre el medio ambiente, varían dependiendo de la naturaleza e importancia de los desechos cuando modifican al ecosistema en general de manera notable y alarmante.

3.2.8 Tratamiento para la depuración de las aguas

La mayoría de los vertidos de aguas residuales que se hacen en el mundo no son tratados. Simplemente se descargan en el río, mar o lago más cercano y se deja que los sistemas naturales, con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural. En los países desarrollados una proporción, cada vez mayor, de los

vertidos es tratad antes de que lleguen a los ríos o mares en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales) (Fernández, S. y Hurtado, M. 2004).

El objetivo de estos tratamientos es, en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que arrastre el agua y de otros factores más generales, como localización de la planta depuradora, clima, ecosistemas afectados, etc.

3.2.8.1 Tipos de tratamiento

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o términos. Entre ellos, los más usuales son (Fernández, S. y Hurtado M. 2004):

❖ Físicos:

1. Sedimentación.
2. Flotación. Natural o provocada con aire.
3. Filtración. Con arena, carbón, cerámicas, etc.
4. Evaporación.
5. Adsorción. Con carbón activo, zeofilas, etc.
6. Desorción (Stripping). Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoniaco).
7. Extracción. Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Químicos:

Coagulación-floculación: agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.).

Precipitación química: eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.

Oxidación-reducción: con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, clor, permanganato potásico o reductor como el sulfito sódico.

Reducción electrolítica: provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.

Intercambio iónico: Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.

Osmosis inversa: haciendo pasar al agua a través membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Biológicos: usan microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas.

Lodos activos: se añade agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias (burbujeo de aire o agitación de las aguas).

Filtros bacterianos: los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.

Biodiscos: intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.

Lagunas aireadas: se realiza el proceso biológico en lagunas de grandes extensiones.

Degradación anaerobia: procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

3.2.8.2 Niveles de tratamiento

Las aguas residuales se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se quiera. Así se pueden distinguir:

❖ *Pretratamiento*: es un proceso en el que usando rejillas y cribas se separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc. (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ *Tratamiento primario*: hace sedimentar los materiales suspendidos usando tratamientos físicos o físico-químicos. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas quemantes que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. Se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco. Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y la desorción (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Tratamiento secundario: elimina las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de los activos (microorganismos). Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Tratamientos más avanzados: consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en caso más especiales: para purificar desechos de algunas industrias, especialmente en los países más desarrollados, o en las zonas con escasez de agua que necesitan purificarla para volverla a usar como potable, en las zonas declaradas sensibles en las que los vertidos deben ser bajos en nitrógeno y fósforo, etc. (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

3.2.8.3 Otros sistemas de depuración

Para lograr una depuración suficiente de las aguas residuales de pequeñas comunidades se utilizan otros métodos que pueden ser suficientes eficaces y muchos más rentables (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Fosa séptica: cámaras cerradas en la que los contaminantes sedimentan y fermentan.

❖ Lecho bacteriano (depósito lleno de árido), zanjas o pozos filtrantes o filtros de arena: todos ellos facilitan la formación de películas de bacterias sobre los cantos o partículas filtrantes que realizan la descontaminación.

❖ Lagunaje anaerobio: elimina hasta el 50% el DBO.

❖ Lagunaje aerobio: con posible proceso anaerobio después.

❖ Filtro verde: plantación forestal en la que se riega con aguas residuales.

❖ Contactores biológicos rotativos: sistemas que facilitan la actuación de las bacterias descontaminantes (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

3.2.8.4 Lagunas de estabilización

Son estanques conformados perimetralmente por diques de tierra, con profundidades menores a 5 m. y períodos de permanencia hidráulica de 1 - 40 días, divididos en compartimientos que tienen distintas finalidades (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

❖ Ventajas: En las lagunas con grandes períodos de retención hidráulicos, generalmente se eliminan los huevos y quistes de los parásitos intestinales, lo que no ocurre con tratamientos convencionales, aún con desinfección (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

Pueden tratar gran variedad de aguas residuales con domésticas, industriales y agrícolas cuando la carga de las mismas es biodegradable.

❖ Clasificación de las lagunas de estabilización:

Aeróbicas: soportan cargas orgánicas bajas y contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo volumen del líquido (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

Anaeróbicas: se proyectan para altas cargas orgánicas y no contienen oxígeno disuelto. El proceso es semejante al de un digestor anaeróbico sin mezcla.

Facultativas: operan con una carga orgánica media. En las capas superiores hay un proceso aeróbico. En las capas inferiores se tiene un proceso anaeróbico, donde se produce simultáneamente fermentación ácida y mecánica (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

De maduración: se utiliza como una segunda etapa de tratamiento a continuación de lagunas facultativas. Se diseñan para disminuir el número de organismos patógenos, ya que las bacterias y virus mueren en un tiempo razonable, mientras que los quistes y huevos de parásitos intestinales requieren más tiempo. También reducen la población de algas. Hay pequeña remoción de la DBO.

Aereadas facultativas: son una extensión de las lagunas facultativas convencionales. Tienen como función suministrar oxígeno al proceso, cuando la actividad de las algas se reduce también durante la noche. Esta acción provoca la disminución de la zona anaeróbica e incrementa la aeróbica provocando la concentración de algas en toda la masa líquida (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

Aereadas de mezcla completa: tiene un nivel de potencia instalados (aeradores) suficientemente alto para suministrar todo el oxígeno requerido y además para mantener en suspensión los sólidos. Es una variante de aereación prolongada sin recirculación. Tiene mayor permanencia hidráulica.

Lagunas de sedimentación: son empleadas para clarificar el efluente de las lagunas aereadas aeróbicas. En ellas se produce el almacenamiento y digestión de los lodos sedimentados (Fernández, S. y Hurtado M. 2004).

3.2.9 Curvas de áreas y capacidades

3.2.9.1 Método aproximado

Los datos de campo necesarios para el trazado de la curva de gastos son similares a los usados en el análisis de la sección anterior. Deben determinarse las propiedades hidráulicas de la sección en consideración. Esto puede realizarse por medio de un levantamiento taquimétrico de la sección transversal, o por determinación topográfica de la pendiente de la superficie del agua o del fondo y estimando un valor de “n” para la zona afectada (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

Cuando la economía del proyecto no permite la realización de trabajos detallados de campo, el trazado de la curva debe de realizarse a partir de cualquier tipo de datos que puedan utilizarse. Puede emplearse un plano topográfico para determinar la sección transversal y posiblemente el perfil del lecho del cauce. Otras fuentes de información pueden proporcionar datos para la elección del valor de “n”.

El valor de “n” es determinado por medio de la Ecuación de Manning que se expresa de la siguiente manera:

$$n = \frac{(A * R_h^{2/3} * S_0^{1/2})}{Q} \quad (3.1)$$

Dónde:

A = Área del cauce (m^2)

R_h = Radio hidráulico (m)

S_0 = Pendiente media del fondo (m)

Q = Caudal (m^3/seg).

El procedimiento indicado es también aplicable si la sección transversal del cauce se determina por un estudio topográfico. En primer lugar se sitúa el eje de la presa sobre el plano topográfico (Figura 3.1).

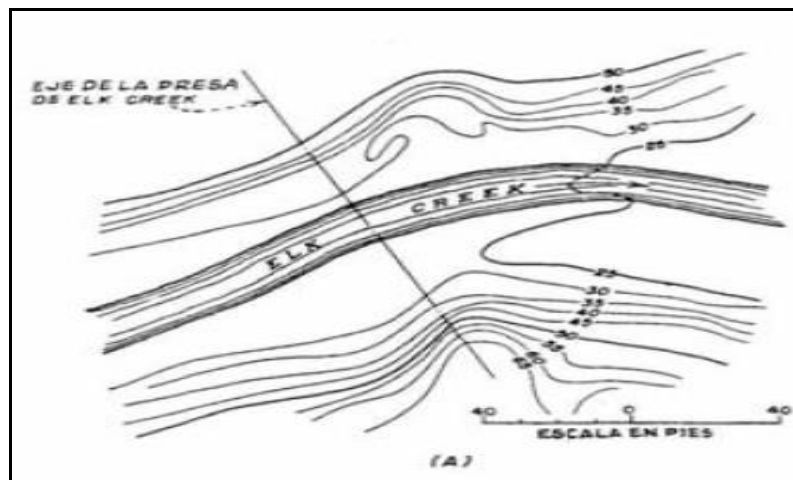


Figura 3.1 Planta del emplazamiento de una presa en Estados Unidos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

Después se dibuja la sección transversal midiendo las distancias entre las curvas de nivel (Figura 3.2).

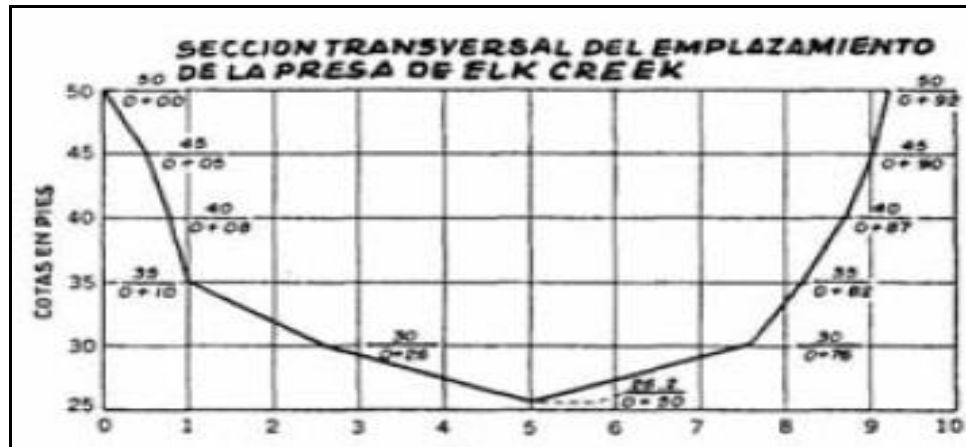


Figura 3.2 Sección transversal del emplazamiento de una presa en Estados Unidos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

El punto más bajo del lecho del cauce se obtiene por interpolación y su pendiente media de un plano a escala, midiendo las distancias entre las curvas de nivel que cortan el cauce. El valor de “n” se obtiene partiendo de una inspección ocular de la zona en la que se comprueba la existencia de una vegetación muy densa en un cauce de alineación casi recta (U.S. Bureau of Reclamation, 1970). Los cálculos se realizan según se indica en la tabla 3.3 (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

Tabla 3.3 Cálculos de la curva de gastos (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

Cotas *	a	p	r	$\rho^{1/3}$	C	E_d	$S_b^{1/3}$	Q
7,99 (26,2)	0	0,	0	0				
9,14 (30)	8,83	15,42	0,57	0,687	33,33	203,03	0,0628	12,74
10,67 (35)	37,16	22,89	1,62	1,379	33,33	1.710,35	0,0628	107,32
12,19 (40)	69,95	26,70	2,62	1,900	33,33	4.417,45	0,0628	277,51
13,72 (45)	107,76	30,24	3,57	2,336	33,33	8.381,83	0,0628	526,70
15,24 (50)	149,57	34,05	4,39	2,681	33,33	13.365,62	0,0628	838,18

De las propiedades hidráulicas de “n” igual a 0,0030, se calcula K_e para diversas cotas, por medio de la siguiente ecuación:

$$K_e = \frac{A * R_h^{2/3}}{n} \quad (3.2)$$

Y se multiplica por la raíz cuadrada de la pendiente media del fondo (S_0) para calcular el caudal por medio de la ecuación:

$$Q = K_e * S_0^{1/2} \quad (3.3)$$

Finalmente se grafica la curva resultante de los cálculos:

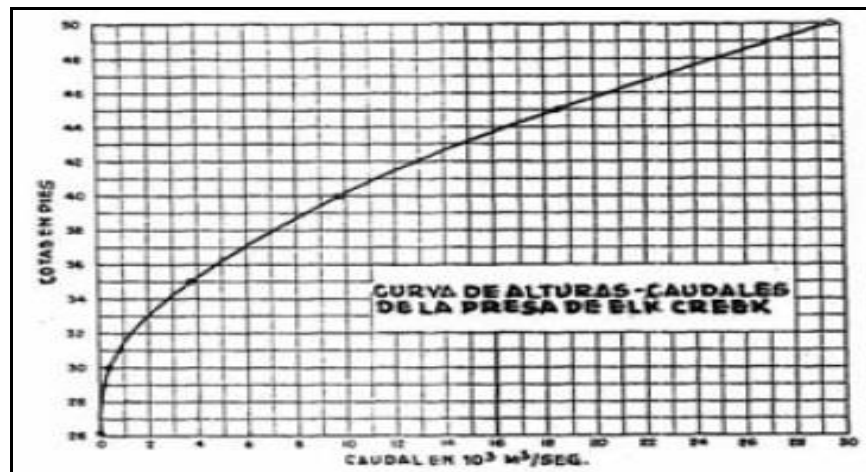


Figura 3.3 Curva de gastos (alturas-caudales) de la presa (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

3.2.9.2 Método del perfil de la superficie del agua

En los estudios en que se necesiten unas curvas más exactas pueden trazarse los perfiles de la superficie del agua para diversos caudales. Los cálculos en estos

estudios son más complicados y requieren una serie de secciones transversales agua abajo del lugar de emplazamiento de la presa (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

Se han utilizado numerosos métodos para calcular los perfiles de la superficie del agua; sin embargo, para un estudio rápido debe de utilizarse el método de Leach. Este método es adaptable particularmente a cauces irregulares, en tramos con pendientes del lecho relativamente uniforme y sin cambios en las características de la sección transversal. Cuando se producen estas condiciones pueden despreciarse los cambios de altura de velocidad y las pérdidas de turbulencia.

Hay otros métodos más adecuados cuando se pretende calcular el perfil del nivel del agua, teniendo en cuenta los cambios de velocidad y las pérdidas debidas a la turbulencia, con la ecuación de la energía de Bernoulli (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

En el método de Leach, se elige una serie de secciones transversales agua abajo del lugar de ubicación. Se necesitan datos parecidos a los utilizados para el cálculo del caudal por medio del método indicado.

A continuación se presenta el procedimiento necesario para determinar la curva de gastos por el método de Leach:

- 1) Se eligen cuatro (4) secciones A, B, C, D, a lo largo del cauce y se determinan las propiedades hidráulicas de estas secciones.

- 2) Se determina por el método aproximado descrito anteriormente, la curva de caudales-alturas para la sección transversal más baja.

- 3) Se dibuja una curva para cada sección tal como se muestra en la Figura 3.4.

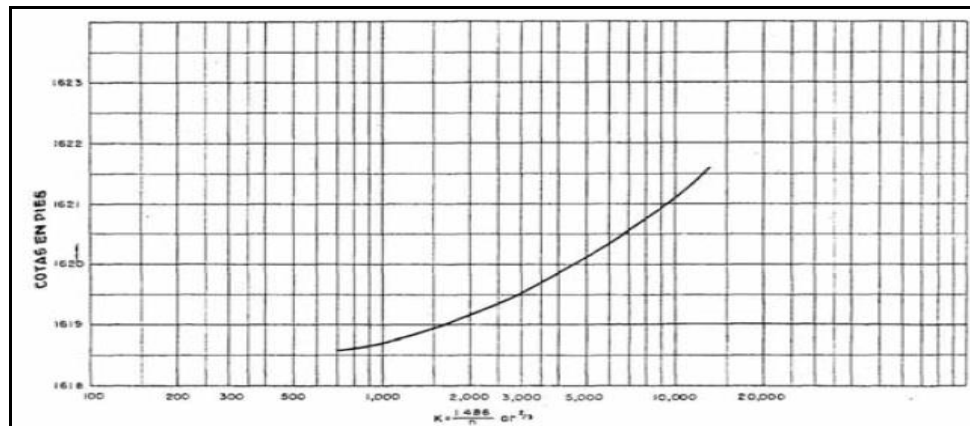


Figura 3.4 Curva para la sección B (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

4) Se calcula la curva de remanso al menos para cuatro (4) caudales. Los cálculos realizados en la tabla 3.4 son para $Q = 14,16 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Tabla 3.4 Perfil de la superficie del agua método de Leach (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

1 Sección	2 Cota	3 k_d	4 k_d medio	5 L	6 $s = \left(\frac{Q}{k_d \text{ medio}} \right)^2$	7 h_f	8 Cota
Para	$Q = 14,16 \text{ m}^3/\text{seg.}$						
Sección A	493,776	212,38	222,29	60,96	0,00406	0,247	493,776
Sección B	494,020	232,20	236,45	91,44	0,00359	0,329	494,023
Sección C	494,355	240,69	229,37	106,68	0,00382	0,408	494,349
Sección D	494,751	218,04					494,763

5) Se toma como punto de partida para el cálculo del perfil la sección A, que es la sección extrema de agua abajo. La cota de la sección del nivel de agua en la columna 2 se obtiene de la curva de gastos previamente determinada para dicha sección. El valor de K_e se obtiene a partir de una curva similar a la figura 3.3 para la

sección A y se introduce en la columna 3. En la columna 8 se coloca la misma cota correspondiente a la columna 2.

6) Se supone un nivel del agua para la sección siguiente de agua arriba, o sea para la sección B.

7) En la columna 4 se toman los valores medios de K_e para los tramos situados entre las secciones transversales.

8) En la columna 5 se coloca la longitud de los tramos entre las secciones transversales.

9) Según se indica en la columna 6, aplicando la ecuación 3.3, se calcula el gradiente de energía utilizando el valor medio de K_e de la columna 4.

10) En la columna 7 se disponen las pérdidas de carga h_f calculadas multiplicando las columnas 5 y 6.

11) La cota de la columna 8 se determina añadiendo el valor de la columna 7 a la cantidad precedente de la columna 8. Los cálculos se terminan cuando las alturas de las columnas 2 y 8 son iguales. Generalmente se admite un error que no sobrepase los 3 centímetros. Si la aproximación deseada no se obtiene en el primer tanteo se debe ensayar de nuevo hasta que se obtengan resultados satisfactorios. Entonces se prosiguen los cálculos hacia arriba, sección C, y se repite el mismo procedimiento empezando con una cota de tanteo en esa sección.

12) Se repiten los cálculos, por lo menos con tres (3) caudales, para obtener diferentes perfiles del nivel del agua.

13) La curva de gastos para la sección D, se dibuja a partir de los diversos perfiles del nivel del agua.

Este método es más aproximado que el descrito anteriormente puesto que si la sección A no representa el valor medio del régimen del cauce, estas variaciones se diluirán al ascender con el perfil hacia agua arriba. Esto puede verse cambiando la curva de gastos para la sección A en el ejemplo anterior y repitiendo los cálculos. Se verá que un cambio considerable en la curva de gastos de la sección A, tiene un pequeño efecto sobre la curva correspondiente de la sección D (U.S. Bureau of Reclamation, 1970).

3.2.10 Embalses

Constituyen grandes masa de agua depositada en una depresión u hondonada del terreno. Este depósito de agua se forma en lugares donde las fuerzas geológicas han actuado de tal forma que la depresión del terreno impide la salida total del agua de su cuenca. Los fenómenos geológicos que forman los lagos y que contribuyen a la distribución de éstos en nuestro planeta son condiciones particulares del tiempo, clima o áreas geológicas (Olivares, C. y De León, A., 1981).

El hombre ha construido embalses desde antiguo, pero no ha sido hasta muy recientemente cuando este tipo de construcciones ha tenido un auge considerable. La creciente demanda de agua y energía hidroeléctrica, así como las múltiples aplicaciones adicionales de los embalses ha impulsado considerablemente su construcción. En el mundo actual, las represas destinadas a producir energía hidroeléctrica son las que resaltan más por ser las de mayor tamaño. Estas represas cada vez más altas y anchas, han permitido almacenar una cantidad cada vez mayor de agua (Olivares, C. y De León, A., 1981).

3.2.10.1 Estructuras que conforman los embalses

1. La presa, dique o represa, es la estructura de retención de las aguas y resiste un empuje. Debe ser por lo tanto, impermeable y estable, conjuntamente con su fundación y sus estribos (Olivares, C. y De León, A., 1981).

2. El aliviadero o estructura de alivio o descarga de los excedentes que llegan al embalse, los cuales no se desean almacenar. Sus características más importante es la de evacuar con facilidad las máximas crecientes que llegan al vaso de almacenamiento. Su insuficiencia provoca el desborde del agua por encima de la cresta de la presa y el posible colapso de esta estructura si se trata de una presa de tierra o enrocado.

3. Las obras de toma son un conjunto de estructuras formado por una estructura de entrada o toma, un túnel o conducto a través de un estribo o de la presa y una estructura de salida. Este conjunto permite tomar las aguas del embalse y pasarlas al canal principal. Debe tener suficiente capacidad para descargar las aguas abastecer a la zona de riego con el gasto necesario, de acuerdo a los requerimientos de los suelos para niveles mínimos del embalse (Olivares, C. y De León, A., 1981).

4. En algunos embalses se construyen diques o presas adicionales para el cierre de alguna depresión en la divisoria de aguas del vaso de almacenamiento. Algunos de estos diques se diseñan como diques fusibles, es decir, que pueden destruirse con el paso de las aguas sobre los mismos, aumentando así la seguridad de la presa principal (Figura 3.5).



Figura 3.5 Estructura de un embalse (Olivares, C. y De León, A., 1981).

3.2.11 Levantamientos batimétricos

La Batimetría es el levantamiento del relieve del fondo del mar, de aguas, lagos, embalses, etc. es decir, la cartografía de los fondos, como si se tratara de un terreno seco (De Topografía, 2013).

Al igual que en los levantamientos convencionales, se hallará las coordenadas (X, Y, Z), de manera que pueda describirse los fondos y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir.

Una vez determinadas las bases desde la costa, se hallará el levantamiento batimétrico en dos fases:

- 1) Determinación de la posición de la embarcación. Esto dependerá de si existe posiblemente con las bases terrestres previamente determinadas.

2) Determinar la cota submarina o Sondar. Es decir, obtener la cota submarina correspondiente a cada punto (Figura 3.6).

Estos datos, se representarán gráficamente sobre un plano referido a la costa.

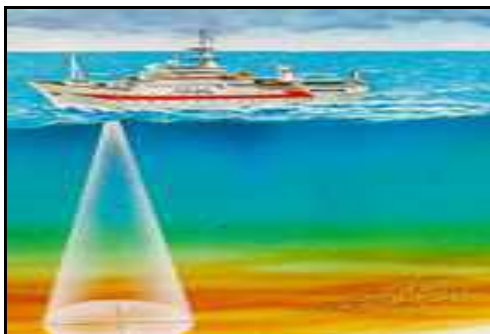


Figura 3.6 Barco realizando sondeos (Farjas, M. 2005).

En la actualidad, existen muchas maneras de representar el fondo de un terreno cubierto por agua, pero la sincronización entre GPS y las sondas, hace que la precisión aumente y que la capacidad sea mucho mayor (De Topografía, 2013).

Además de este tipo de obtención, cabe destacar otros métodos:

3.2.11.1 Batimetría fotogramétrica

Limitado a aguas muy poco profundas, donde se obtienen un error muy pequeño.

3.2.11.2 Batimetría por procedimientos fotográficos

Consiste en estudiar la variación del espectro visible, con fotografías en diversas condiciones desde aeroplanos. Se limita a aguas poco profundas también (De Topografía, 2013).

3.2.11.3 Batimetría mediante Láser

Se trata de un sonar que funciona con láser, permitiendo determinar profundidades entre 2 y 30 metros, con errores de un 1 metro como máximo.

3.2.11.4 Batimetría mediante Teledetección

Con el uso de ésta, se han determinados resultados bastante satisfactorios en mares poco profundos, haciendo uso de satélites como GEOSAT, LANDSAT MMS, SPOT o RADARSAT (De Topografía, 2013).

3.3 Bases legales

Para la realización de esta investigación, es necesario regirse por las leyes, normas y reglamentos que establecen los parámetros necesarios para el saneamiento ambiental que debe ser realizado en la laguna.

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Promulgada el 20 de Diciembre de 1999. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.453, (Extraordinaria), 24 de Marzo de 2000. Enmendada (15 de Febrero 2009). Publicada en Gaceta Oficial N° 5.908 (Extraordinaria) el 19 Febrero de 2009. Capítulo IX De los derechos ambientales.

Artículo 127. Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

3.3.2 Ley Orgánica del Ambiente

Publicada y promulgada en Gaceta Oficial N° 5.833 (Extraordinaria) el 22 Diciembre de 2006.

Artículo 2. A los efectos de la presente Ley, se entiende por gestión del ambiente el proceso constituido por un conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente, en garantía del desarrollo sustentable.

Artículo 57. Para la conservación de la calidad del agua se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a que deba destinarse.
2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento.
3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento.
4. El tratamiento de las aguas.
5. La protección integral de las cuencas hidrográficas.
6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua.
7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.

3.3.3 Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos

Publicado el 11 de Octubre de 1995, promulgado en Gaceta Oficial N° 5.021 (Extraordinaria) el 18 Diciembre de 1995 y revisado el 15 de Febrero de 2005.

Artículo 5. A los fines de estas normas el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales clasificará los cuerpos de agua o sectores de estos atendiendo a sus usos actuales y potenciales, para lo cual deberá establecer un sistema de manejo de información, pudiendo utilizar como herramienta de gestión y seguimiento los Índices de Calidad del Agua – ICA.

Artículo 6. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de éstos, se utilizará sólo a efectos de la gestión de la calidad de las aguas, para garantizar sus usos mediante el control de los vertidos de efluentes líquidos. Esta clasificación atenderá a una condición de la calidad de los cuerpos de agua o sectores de éstos,

reconociendo que la mejor calidad es aquella que permite la mayor cantidad de usos ambientales y sociales, los cuales se ven restringidos a medida que la calidad disminuye.

Tabla 3.5 Clasificación de las aguas según el Decreto Ejecutivo N° 883 (Gaceta Oficial N° 5.021).

TIPO		SUB-TIPO	
1	Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiere el agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.	1-a	Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con sólo adición de desinfectantes.
		1-b	Aguas que pueden ser acondicionadas por medios de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
		1-c	Aguas que pueden ser acondicionadas por procesos de potabilización no convencional.
2	Aguas destinadas a usos agropecuarios.	2-a	Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano.
		2-b	Aguas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario.
3	Aguas marinas de medios costeros destinados a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo.		
4	Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercio y de subsistencia.	4-a	Aguas para el contacto humano total.
		4-b	Aguas para el contacto parcial.
5	Aguas destinadas para usos industriales que no requieren de agua potable.		
6	Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.		
7	Aguas destinadas al transporte, dispersión y desdoblamiento de poluentes sin que se produzca interferencia con el medio ambiente adyacente.		

Artículo 20. Las descargas subacuáticas se harán a una profundidad y distancia tal que se logre una rápida dilución inicial y una satisfactoria difusión y asimilación por el medio receptor. El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales establecerá en la autorización correspondiente, las condiciones particulares para las descargas subacuáticas. A tales efectos, los interesados presentarán un estudio de impacto ambiental y socio cultural, que contemple lo siguiente, en los casos en que aplique:

1. Uso actual y potencial del cuerpo de agua receptor
2. Descripción de las características de la tubería y efluentes a descargar.
3. Estudios sobre la calidad físico-química y bacteriológica del agua en el área de influencia de la descarga.
4. Estudio batimétrico y de corrientes subacuáticas y superficiales en el sitio de la descarga.
5. Configuración y morfología de la línea de costa.
6. Características hidrográficas.
7. Geología de la zona.
8. Difusión horizontal y vertical estimada y posible estratificación del campo de aguas residuales.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Ambiente

Conjunto o sistema de elementos de naturaleza física, química, biológica o socio cultural, en constante dinámica por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia de los seres humanos y demás organismos vivos, que interactúan permanentemente en un espacio y tiempo determinado (Ley Orgánica del Ambiente, 2007).

3.4.2 Aguas Negras

Son las aguas cloacales residuales de una edificio que contienen materia fecal y/u orina (Bolinaga, J. 1999).

3.4.3 Aguas Servidas

Son las aguas cloacales residuales de cualquier clase, provenientes de una edificación, con o sin contener materia fecal y/u orina, pero sin contener aguas de lluvia (Bolinaga, J. 1999).

3.4.4 Ciclo del agua

Consiste en la circulación del agua entre los diferentes compartimentos de la hidrósfera: océanos, ríos, mares, lagos, entre otros. En tanto, como sucede con este tipo de ciclos se produce la intervención de reacciones químicas y entonces el agua se traslada de un lugar a otro, o en su defecto se modifica su estado físico (Definición ABC, 2017).

3.4.5 Contaminación

Es la introducción de algún tipo de sustancia o energía que atentará contra el normal funcionamiento y equilibrio que ostentaba el medio inicialmente, provocando además un daño casi irreversible (Definición ABC, 2017).

3.4.6 Desechos orgánicos

Son aquellos que poseen aquel un origen biológico, es decir, que alguna vez dispuso de vida o formó parte de un ser vivo, como árboles y plantas, las cáscaras de

las diferentes frutas y todo residuo que resulte de la elaboración de los alimentos en la casa, en un restaurante, entre otros (Definición ABC, 2017).

3.4.7 Desechos sólidos

Son todo tipos de residuos o desechos que generan el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos (Definición ABC, 2017).

3.4.8 Ecosistema

Es el conjunto de seres vivos y carentes de vida que tienen existencia en un lugar determinado y que guardan relaciones entre sí (Definición ABC, 2017).

3.4.9 Laguna

Es un espacio acuático normalmente cerrado y con agua estancada, a diferencia de lo que sucede con otros cursos de agua como el mar o los ríos. Las lagunas, además, se caracterizan por tener agua dulce (no salada como el mar o el océano) que por lo general proviene o del deshielo de las corrientes de un glaciar o de la acumulación de lluvia (Definición ABC, 2017).

3.4.10 Vertedero

Cuando el borde superior del orificio por donde se vacía un depósito no existe, o en caso de existir, está por encima del nivel del líquido, se dice que el desagüe tiene lugar por vertedero. Los vertederos son utilizados, intensiva y satisfactoriamente, en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales (Correa, M. y Gómez, A., 2016).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El contexto metodológico aspira a proporcionar y desarrollar un marco teórico-práctico en donde los investigadores puedan aplicar de manera real y objetiva, el proceso de investigación científica partiendo de la detección y planteamiento de un problema pasando por la recolección de datos hasta la fase de solución y presentación de resultados.

4.1 Tipo de investigación

Tamayo, M. (2003) sostiene: “la misma comprende la descripción, registro, análisis e interpretación del fenómeno en estudio” (p.86). Por su parte Blanco, V. (2005) dice al respecto: “describir, registrar, analizar e interpretar la naturaleza actual, la composición o los procesos de los fenómenos para presentar una interpretación concreta” (p.88).

De acuerdo a los objetivos planteados, el trabajo se ubica en las características de un estudio, basado en la investigación descriptiva, donde se analizan e interpretan los datos recolectados en campo que permiten determinar aspectos de la situación. En tal sentido el objetivo de estudio consiste en investigar situaciones a partir de la descripción de actividades, procesos y fenómenos, con el propósito de relacionar dos o más variables influyentes en dicho proceso y se obtiene información que sirva de apoyo para estudios posteriores.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 De campo

Sabino, C. (2000) en su texto "El Proceso de Investigación" señala que “la investigación de campo se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiéndole al investigador cerciorarse de las condiciones reales en que se han conseguido los datos” (p.142).

En el marco de los objetivos planteados al principio, la investigación se orienta hacia el desarrollo de un diseño de campo, el cual permite no solo observar de manera directa, sino recolectar los datos asociados a la laguna Segundo, por medio de las técnicas de observación directa y de los análisis de muestras en el laboratorio, examinando las características bióticas, parámetros climáticos, áreas y niveles de la superficie del agua, e impactos ambientales que se deban considerar en la zona.

4.2.2 Documental

La investigación realizada en el presente trabajo es de tipo documental, porque analiza información escrita sobre el tema objeto de estudio.

El diseño documental consistió en un proceso basado en la búsqueda, análisis e interpretación de datos, es decir en diferentes fuentes bibliográficas impresas y digitales. Dicha información procede de tesis de grado, textos académicos e informes técnicos provenientes de la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, de los datos climatológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), así como electrónicas (publicaciones digitales en Internet), permitiendo desarrollar los fundamentos teóricos del proyecto de investigación..

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

De acuerdo con Hernández, S. (2005) una población representa: “el conjunto de todas las cosas que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.346). En ese sentido, se puede decir que en una población se concentra una serie de personas o unidades de análisis que presentan coincidencia en aspectos concretos referidos a una determinada variable en estudio. Así Tamayo, M. (1996) señala que: “población consiste en todos los individuos u objetos de un grupo bien definido acerca de las necesidades” (p.104).

La población objeto de estudio será todo el cuerpo de agua de la laguna de inundación Segundo ubicada vía hacia el Puente de Angostura, Parroquia Agua Salada, Ciudad Bolívar - estado Bolívar.

4.3.2 Muestra

Tamayo, M. (2003) expresa: “Una muestra es una reducida parte de un todo, de la cual nos serviremos para describir las principales características de aquel” (p.320). Para efecto de la investigación, la muestra fue representada por la totalidad de la población explicada.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas

Para obtener parte de la información necesaria para desarrollar la investigación, se emplearan las siguientes técnicas:

4.4.1.1 Revisión bibliográfica

Tamayo, M. (2003) menciona: “La revisión bibliográfica, es el fundamento de la parte teórica de la investigación, y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado. Presenta la teoría del problema aplicada a casos y circunstancias concretas y similares a las que se investiga” (p.325).

Se fundamentó en la recopilación y revisión de material bibliográfico existente en la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, donde nos suministraron las tesis de grado de estudios similares al tema, las cuales fueron revisadas y seleccionadas para adaptar a la realidad del estudio, además fueron consultados textos académicos y publicaciones digitales en Internet relacionados con la contaminación ambiental, características climáticas de la región, calidad de las aguas, etc., sirviendo de apoyo para sustentar y complementar los fundamentos teóricos del proyecto de investigación.

4.4.1.2 Observación directa en el campo

Esta técnica permite ubicar y diagnosticar la problemática existente en las áreas adyacentes a la laguna de inundación Segundo, para ello se hace necesario realizar visitas de inspección a la zona de estudio, a fin de conocer las características actuales de la zona, como la descripción de la flora y la fauna predominante, parámetros climáticos, áreas y niveles de la superficie del agua, e impactos ambientales que ayudará a realizar la selección adecuada de las técnicas e interpretar los resultados.

4.4.1.3 Recolección y análisis de muestras de agua

En esta técnica permite ubicar, recolectar e identificar las muestras de aguas extraídas de la laguna Segundo, para ser analizadas en el laboratorio para la determinación de sus características físico-químicas y bacteriológicas.

4.4.1.4 Consultas académicas

Se efectuarán consultas al tutor académico, con el fin de establecer los parámetros del estudio a realizar, obtener orientación de los pasos a seguir para el cumplimiento de este trabajo.

4.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la recolección de datos fueron:

1. Lápices y cuadernos de anotación.
2. Equipos de campo: Brújula, GPS y cinta métrica.
3. Equipos de computación y unidades de almacenamiento de información.
4. Programas o Software utilizados: Microsoft Office: Word (Editor de texto) y Excel (Hojas de cálculo).
5. Hoja de Cálculo para el Índice de Calidad de Agua para ríos según “The National Sanitation Foundation (NSF)”.
6. Matriz Buroz.

4.5 Flujograma de actividades

Esta investigación está estructurada por un plan de trabajo constituido por 5 etapas, y se presenta a continuación (Figura 4.1).



Figura 4.1 Flujograma de actividades.

4.5.1 Fase I. Visita y diagnóstico del área de estudio

En esta etapa se utilizó la técnica de observación directa por medio del recorrido y tomas de fotografías, para identificar las condiciones actuales del área de estudio, acompañado de una recolección de muestras de aguas para el posterior análisis en el laboratorio, y así disponer de esta herramienta de análisis y planificación para los futuros trabajos de investigación.

4.5.2 Fase II. Revisión bibliográfica

En esta etapa se logra obtener la información que se necesita a través de la revisión bibliográfica, la cual se fundamentó en la recopilación del material existente en la Biblioteca Central de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Bolívar, como las tesis de grado de estudios similares al tema. Además de textos académicos, leyes y publicaciones digitales en Internet relacionados con la contaminación ambiental, características climáticas de la región, calidad de las aguas, etc., guardando relación con la realidad del estudio.

4.5.3 Fase III. Procesamiento de la información

Para llevar a cabo el procesamiento de la información, fue necesaria la determinación de las características físico-químicas y bacteriológicas del agua en el laboratorio, la caracterización de los parámetros climáticos que afectan los niveles de superficie de la laguna, y el levantamiento digital de la zona para obtener la curva de áreas y capacidades.

4.5.4 Fase IV. Análisis y Presentación de Resultados

En esta etapa se presentan en forma resumida los resultados de la investigación, los análisis e interpretación de los datos obtenidos en el área de estudio.

4.5.5 Etapa V. Elaboración del informe final, conclusiones y recomendaciones

Comprende la redacción y culminación del trabajo final, desarrollando las conclusiones y recomendaciones pertinentes, siguiendo las indicaciones de formato

dada por la Sub-Comisión de Trabajo de Grado, y sirviendo para el desarrollo de futuras investigaciones sobre el tema estudiado.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con la finalidad de lograr realizar la descripción de las características ambientales de la laguna de inundación Segundo, se obtendrán los resultados en función de los objetivos específicos de esta investigación.

5.1 Descripción de las características bióticas del área de estudio con base a la fauna y flora predominante en el interior y adyacencias de la laguna de inundación Segundo

5.1.1 Vegetación (Flora)

La vegetación característica de la zona de estudio en donde afloran los plutones graníticos correspondiente al bosque seco tropical (bosques bajos), constituida por arbustos del tipo: Chaparro, Manteco, Alcornoque, etc. y gramíneas como paja saeta y paja peluda; las cuales son poco densas (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica minera C.A, 1991). Además en el área de estudio se distinguen dos tipos de vegetación como lo son:

5.1.1.1. Herbácea de sabana

Cobertura variable con una altura promedio entre (15 y 80 cm) formada principalmente por gramíneas y Ciperáceas. Entre ellas están gramíneas del genero *Trachypogon* (paja saeta), *Bulbostylis* conífera, *B. Junciformes*, *B. Capillarias*, *Andropogon augustus* (pasto sabanero) y del genero *Axonopus purpusi* (paja peluda).

5.1.1.2 Arbustivo de sabana tropical

Distribuidas de manera dispersa. Entre ellas se consideran las siguientes especies. Los morichales son formaciones de vegetación especial, caracterizada por la presencia de palma de Moriche (*Maurita Flexuosa*), creciendo en algunos casos como individuos aislados y en otros formando una masa de árboles compacto junto a otras especies. Estas formaciones existen en suelos saturados permanentemente. El bosque de galería se encuentra formando una asociación edáfica, siempre verde, mono estratificadas, creciendo a orillas del curso de agua (márgenes y área de influencia freática) con sus raíces en la zona de saturación de humedad o cerca de ella. Estructuralmente, se caracteriza por ser de baja a mediana a densa cobertura (Tablas 5.1 y 5.2).

Tabla 5.1 Especies de vegetales herbáceos de sabana tropical.

TIPO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ARBUSTO	Chaparro Manteco	<i>Byrsonima rugosa</i>
	Chaparro	<i>Curatella americana</i>
	Aceite	<i>Copaifera officinalis</i>
	Alcornoque	<i>Bowdichia virgiloides</i>
	Caruto	<i>Genipa caruto</i>
	Cañafístula	<i>Cassia grandis</i>
	Fruta de paloma	<i>Allophylus occidentales</i>
	Fruta de burro	<i>Xylopia sp.</i>
	Manteco de Merey	<i>Byrsonima</i>
	Manteco	<i>Byrsonima crassifolia</i>
COCCOLOBAEFOLIA	Guarataro	<i>Videx capitata</i>
	Guayabita Sabanera	<i>Psidium guianense</i>
	Punteral	<i>Randia spinosa</i>
	Peonia	<i>Ormosia macrocayx</i>
	Mery	<i>Anacardium occidentale</i>
	Cruceto	<i>Aspidosperma crespa</i>
	Uvero	<i>Coccoloba caracasana</i>

Tabla 5.2 Especies de vegetales herbáceos de sabana tropical.

TIPO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Gramíneas	Paja peluda	<i>Axonopus chysodactylus</i>
		<i>Axonopus anceps</i>
		<i>Axonopusaureus</i>
		<i>Axonopus purpussi</i>
	Saeta	<i>Trachypogon plumosus</i>
		<i>Trachypogon vestitus</i>
		<i>Trachypogon virgatus</i>
	Pasto Sabanero	<i>Andropogon virgatus</i>
		<i>Andropogon biconis</i>
		<i>Andropogon Selloanus</i>
		<i>Andropogon augustus</i>
Cyperace Frutices	Cadillo	<i>Cenchrus pilosus</i>
	Cabezona	<i>Cyperus esculentus</i>
	Paja de Agua	<i>Cyperus leptostachgus</i>
	Carcanapire	<i>Croton ramnifolius</i>
	Dormidera	<i>Momisa dormiens</i> <i>Mimosa púdica</i>
	Centrorema	<i>Centrosema venosum</i>
	Mastranto	<i>Hypis suaveolens</i>

5.1.2 Fauna de superficie

La fauna silvestre en el área de estudio se encuentra bastante intervenida por el hombre, es decir, es escasa y poco variada. Considerándose un tipo de hábitat esporádico. Sin embargo, esta zona desarrolla condiciones normales adecuadas para la adaptación al medio de algunas especies.

La fauna de la cuenca del Orinoco es muy rica en especies, especialmente en cuanto a aves se refiere. Los Llanos del Orinoco constituyen una de las zonas más

ricas del mundo en este sentido y, literalmente, como se señala en libros con excelentes fotografías y en folletos turísticos, Venezuela es un paraíso de aves: garzas, corocoras, flamencos, loros, guacamayas y tucanes, aves de presa y muchas otras especies son muy abundantes en los Llanos (Ferraro, C. y Lentino, M. 1992) (Tablas 5.3, 5.4 y 5.5).

Tabla 5.3 Especies de reptiles y anfibios presentes en el área de estudio.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Morrocoy *	Geochelone denticula
Iguana °	Iguana iguana
Mato °	Liposona guianense
	Ameiva ameiba
Sapo °	Bufo marinus
Rana*	Rana palnipes
Rana	Leoptodactylus waijneneri
Algarrobo	Gonatodes humeralis
Baba*	Caiman cocodrylus
Lagartija*	Gonatodes humeralis
Ratoncita*	Cielia cielia
Cascabel°	Crotalus durissus terrificus

Tabla 5.4 Especies de mamíferos presentes en el área de estudio.

Nombre Común	Nombre Científico
Conejo sabanero	Sylvilagus brasiliensis
Conejo de monte*	Sylvilagus florindanus
Onza*	Herpailurus yagouaroundi
Acure*	Dasyprocta Agouti
Cachicamo	Dasypus novencintus
	Dasypus Kappleri
Rabipelao	Didelphys mersupialis
Murcielago Naringulo	Rhynehonycteris sp.
Murcielago Orejado	Micronycteris Magolatis

Tabla 5.5 Especies de aves identificadas en el área de estudio.

Nombre Común	Nombre Científico
Rey Zamuro*	<i>Sarcoramphus papa</i>
Perico Cara Sucia°	<i>Arratinga pertinax</i>
Perdiz°	<i>Colinus cristatus</i>
Paloma Sabanera°	<i>Zenaida auriculata</i>
Gavilan Habado°	<i>Buteo Maynirostris</i>
Alcaraban°	<i>Falco sporvesides</i>
	<i>Vanellus chilensis</i>
Paloma Turca°	<i>Leptotola veneauxi</i>
Garrapatero*	<i>Crotophaga ani</i>
Caricari	<i>Polyborus plancus</i>
Tigereta	<i>Tyrannus savanna</i>

5.1.3 Especies subacuáticas

El Orinoco y sus afluentes también tienen una gran variedad de especies acuáticas, como el Delfín del Orinoco (que en el lenguaje popular recibe el nombre de "Tonina"), el Manatí, el Perro de Agua y otros, entre los mamíferos; entre los reptiles, la Anaconda, la Tortuga Arrau y la Matamata, esta última de un aspecto sumamente extraño, los Caimanes, las Babas (similares a los caimanes, pero de tamaño más pequeño) y otras especies (Vareschi, V. 1959).

Y con respecto a los peces, entre más de 300 especies identificadas en el río Orinoco, podemos citar muchas de interés económico, como el valentón o laulao (que es una especie de bagre que alcanza más de dos metros de longitud y es de carne muy apreciada), la curvinata, la palometa, la zapoara, la cachama, el caribe (piraña) y muchas otras especies, algunas de las cuales se están criando en lagunas o en los propios ríos (Novoa, D. y Ramos, F. 1978).

Los animales acuáticos son más abundantes en el Orinoco y en los afluentes de la margen izquierda que en los afluentes guyaneses del gran río (es decir, los afluentes de la margen derecha).

5.2 Caracterización de los parámetros climáticos que afectan los niveles de superficie del agua de la laguna de inundación Segundo considerando los últimos 10 años de registro del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

La caracterización climática del área de estudio considera los dos elementos principales del clima: la biotemperatura y la humedad ambiental. Para tal identificación, se emplearon los datos de las variables climatológicas registradas en la estación meteorológica Ciudad Bolívar-Aeropuerto, por ser ésta la más cercana a la zona en estudio. Esta estación meteorológica es tipo C1 (registra precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, insolación, humedad relativa y vientos – dirección predominante y velocidad).

Basado en la información registrada por la estación meteorológica del Aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período climático comprendido desde el año 1.994 hasta el año 2.006, se hace una descripción temporal de los parámetros que definen el clima de la zona.

5.2.1 Precipitación

Los promedios de precipitaciones se registraron para la media anual en 82,778 mm. y para el total anual en 1076,115 mm., aproximadamente. La pluviosidad aumenta de Norte a Sur (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991), presentándose dos períodos: Uno lluvioso, que va desde Mayo hasta Septiembre con Julio como el mes de mayor pluviosidad (197,5 mm); y otro de sequía, que va desde Octubre hasta Abril, siendo los meses de Febrero y Marzo los

que registran la pluviosidad más baja del año (16,95 y 17,97 mm respectivamente); mientras que los meses de Abril y Noviembre se comportan como transicionales entre los períodos de sequía y lluvia y viceversa respectivamente.

Adicionalmente se puede observar que el régimen pluviométrico es unimodal; es decir, se registra un sólo máximo de pluviosidad durante el año, el cual ocurre en el mes de Julio (197,5 mm), aunque en los meses de Junio y Agosto (166,8 mm y 141,9 mm.) se observa un ligero incremento de las lluvias (Servicio de Meteorología FAV, 2006) (Figura 5.1).

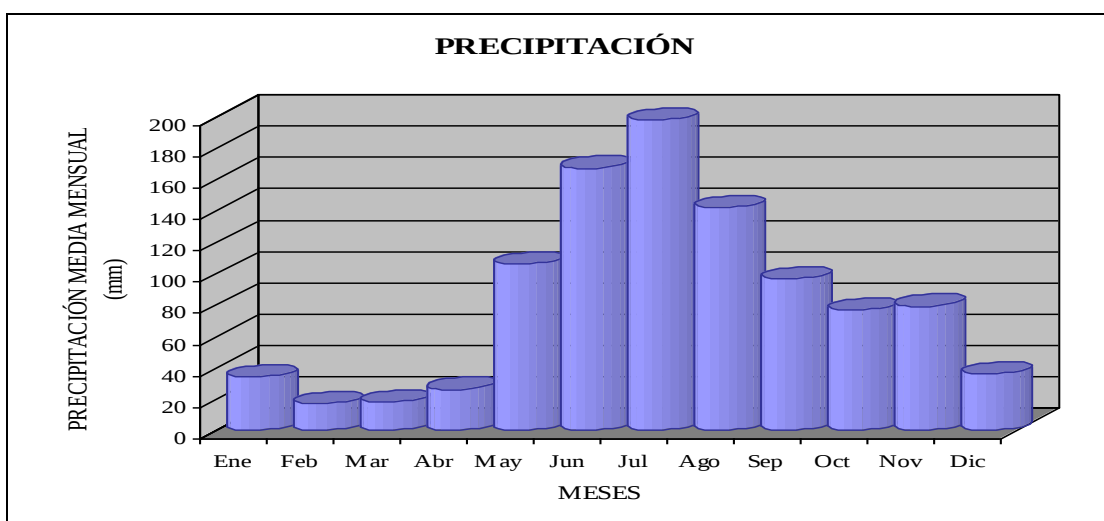


Figura 5.1 Distribución temporal de la precipitación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.2 Evaporación

El volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores no se presenta constante a lo largo de todo el año y depende, principalmente, de las diferencias estacionales que presenta, la radiación solar incidente, la temperatura del

aire, el vector viento, el contenido de vapor de agua en la atmósfera inmediata y la nubosidad (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991).

El promedio de la evaporación media anual se ubica en 127,939 mm., mientras que el del total anual oscila alrededor de 1.663,215 mm., para el período en cuestión. Los meses de mayor evaporación van desde Enero hasta Mayo con máximos durante Marzo (174,3 mm) y Abril (175,5 mm.) debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde Junio hasta Diciembre, con mínimos en Junio (87,03mm.) y Julio (86,04 mm.) (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 5.2).

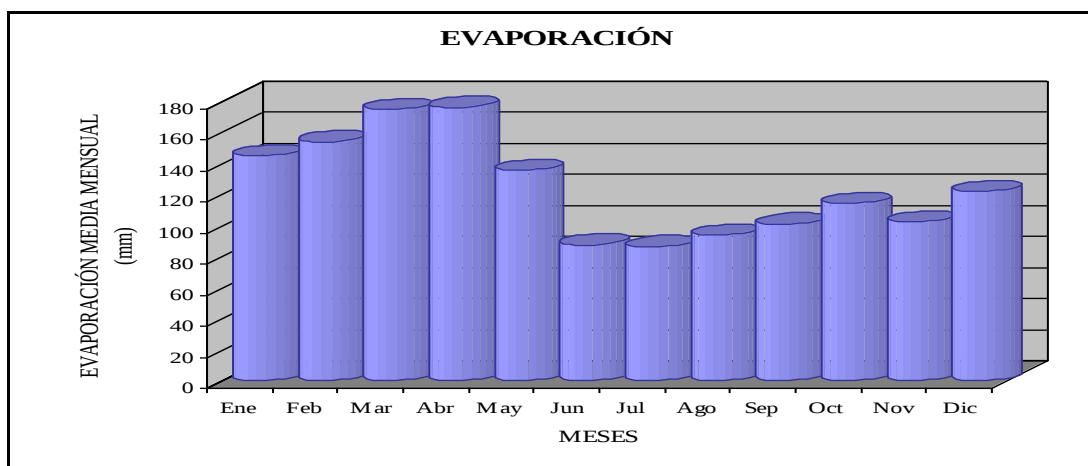


Figura 5.2 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.3 Temperatura del aire

La temperatura del aire se clasifica en temperatura media, temperatura media máxima y temperatura media mínima.

5.2.3.1 Temperatura media

La media anual en el área de estudio es de 27,718 °C y el máximo principal ocurre en el mes de Abril (29,06 °C). Los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de Enero (26,77 °C), Julio (26,97 °C) (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 5.3).

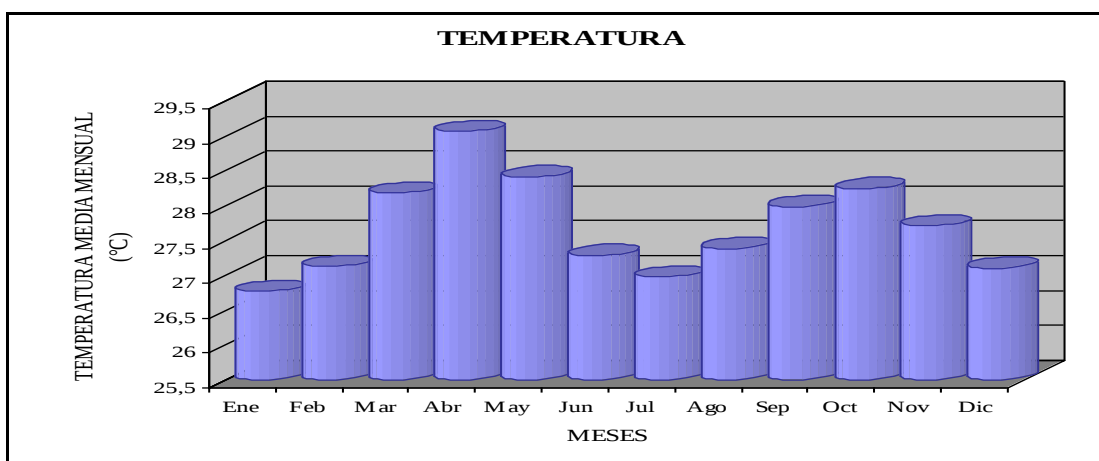


Figura 5.3 Distribución temporal de la temperatura media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.3.2 Temperatura media máxima

Los valores más altos de temperatura media máxima mensual se registran en los meses de Marzo (28,18 °C), Abril (29,06 °C), Mayo (28,41 °C). (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

5.2.3.3 Temperatura media mínimas

Las temperaturas más bajas se registran en el lapso comprendido entre los meses de Enero (26,77 °C), y Julio (26,97 °C) con mínimos secundarios en

Diciembre (27,1 °C), Febrero (27,12 °C) y Junio (27,28 °C). (Según datos del Servicio de Meteorología FAV, 2.006). Durante el mes de máxima precipitación (Julio) se observa un descenso de la temperatura (26,97 °C), un aumento de la humedad del aire (84,62%) y una disminución de la velocidad del viento (8,869 m/s) (según datos del Servicio de Meteorología FAV, 2.006). Este comportamiento engrana dentro de los procesos termodinámicos de la atmósfera y de la advección de masa de aire con características de la convergencia intertropical (CIT).

5.2.4 Radiación solar media

El área en estudio recibe una radiación solar promedio anual de 16,538 Cal/min.cm². La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en Marzo (17,97 Cal/min.cm²), Agosto (17,65 Cal/min.cm²) y Septiembre (17,78 Cal/min.cm²) Los valores mínimos se registran durante Diciembre (14,37 Cal/min.cm²), Enero con 15,18 Cal/min.cm² y Junio con 15,22 Cal/min.cm² (Servicio de Meteorología FAV, 2.006 (Figura 5.4).

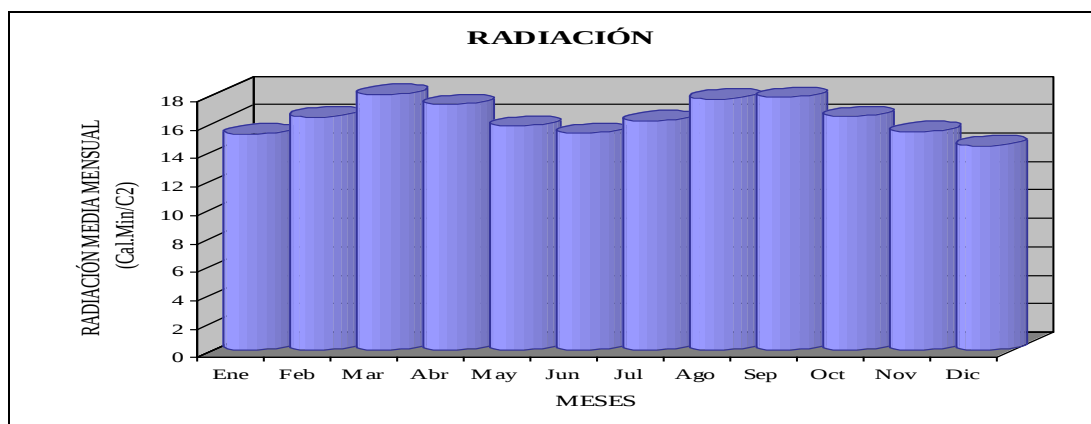


Figura 5.4 Distribución temporal de la radiación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.5 Insolación solar media

El área de estudio recibe un promedio de brillo solar de 7,483 horas, aproximadamente. Los valores máximos principales de insolación se suceden en los meses de Marzo (8,185 horas), Septiembre (8,023 horas) y Octubre (8,031 horas); mientras que los valores mínimos ocurren en los meses de Junio (6,415 horas) Mayo (6,815 horas) y Julio (6,831 horas), demostrando una alta nubosidad sobre la zona de estudio durante dichos meses (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 5.5).

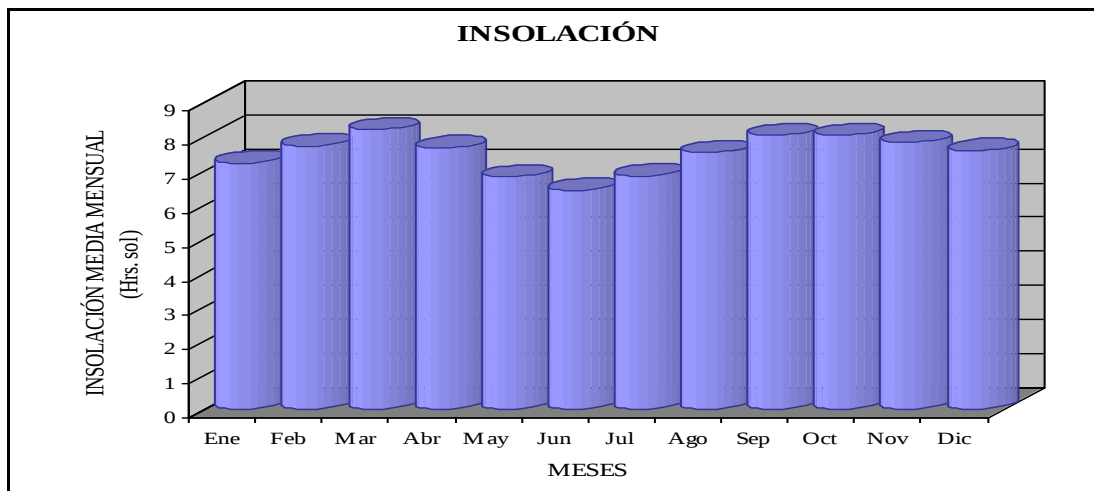


Figura 5.5 Distribución temporal de la insolación media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.6 Humedad relativa media

La media anual se ubica en 79,364%. Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante la época de Junio (83,38%), Julio (84,62%) y Agosto (80,46%); mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de Marzo (71,77%) y Abril (71,92%). (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 5.6).

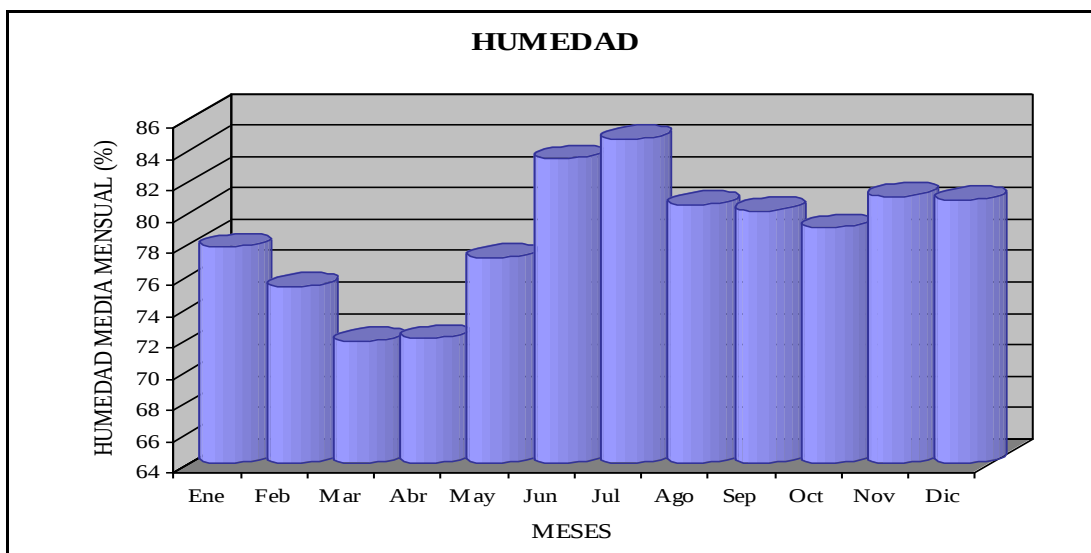


Figura 5.6 Distribución temporal de la humedad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.2.7 Velocidad media del viento

La velocidad media anual predominantes es de 11,761 m/s y su dirección prevaleciente es en sentido Este-Noreste (E-NE). Los vientos tienen un régimen determinado por los vientos alisios, los efectos orográficos locales y la convergencia intertropical (CIT) (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991).

La velocidad del viento es menor en Julio (8,869 m/s), Agosto (8,003 m/s) y Septiembre (8,494 m/s). La velocidad se hace máxima durante el mes de Marzo (16,26 m/s) (Servicio de Meteorología FAV, 2.006) (Figura 5.7).

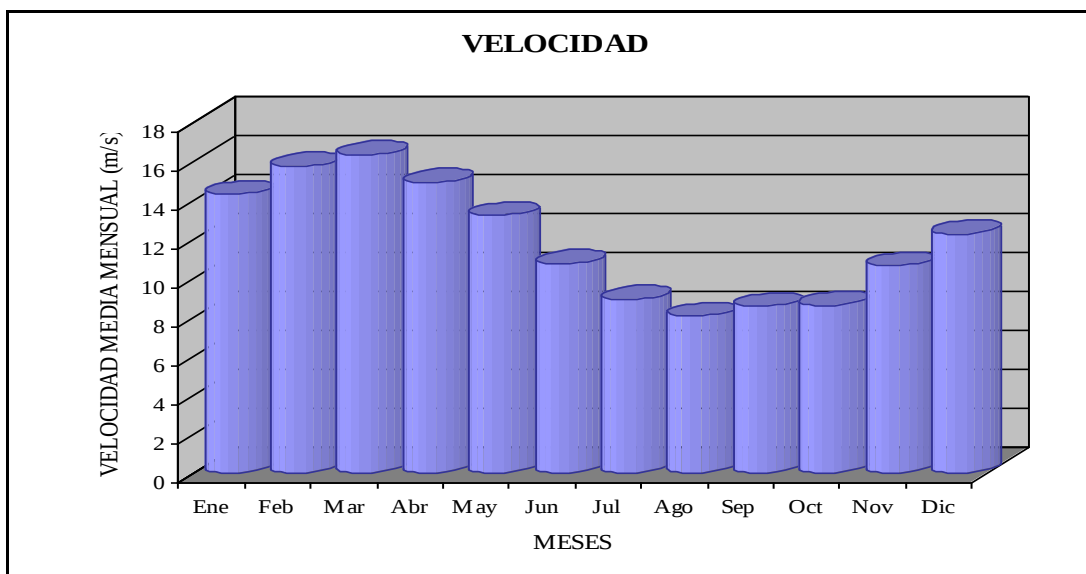


Figura 5.7 Distribución temporal de la velocidad media mensual (mm) período climático 1.994-2.006 (Servicio de Meteorología FAV, 2.006, estación climatológica Ciudad Bolívar Aeropuerto).

5.3 Relación de las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados en la laguna Segundo como parámetro básico para la construcción de curva de áreas y capacidades.

Para obtener la relación de las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados, se llevó a cabo la elaboración de un plano topográfico donde se describe la vista en planta, el perfil longitudinal y las tres (3) secciones transversales de la laguna de inundación Segundo, en función de las coordenadas U.T.M. obtenidas por medio de la imagen del Software Google Earths. Sobre esta imagen se seleccionó el área de estudio, se georeferenció mediante la hoja de Cartografía Nacional. Por último, se utilizó el Software AutoCad 2014, para digitalizar el plano y realizar los perfiles con el propósito de describir las características topográficas del lugar (Figuras 5.8 y 5.9).

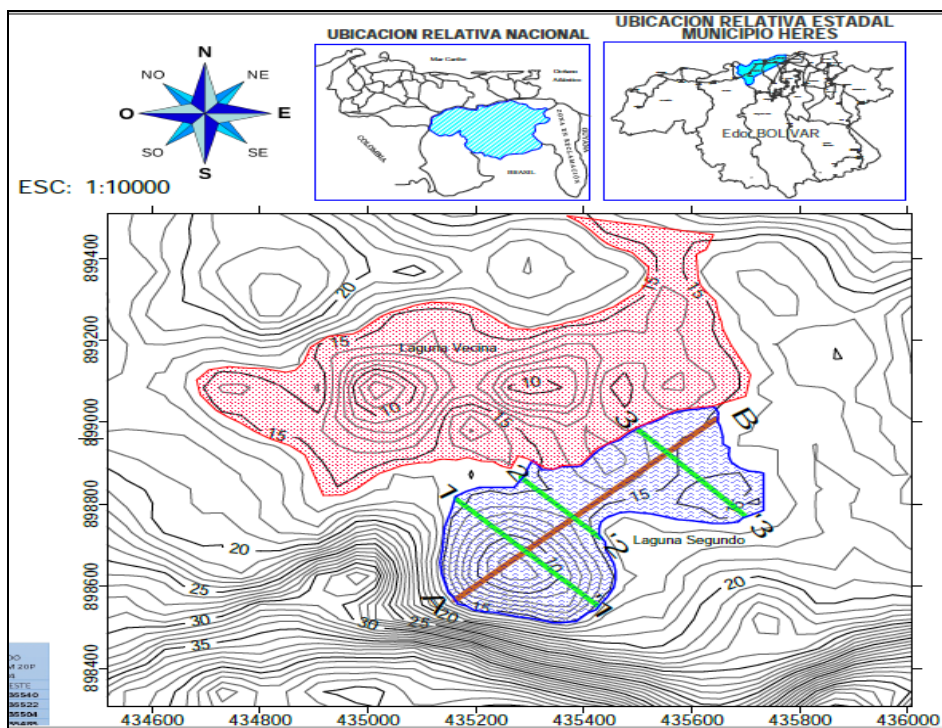


Figura 5.8 Plano topográfico de la laguna de inundación Segundo.



Figura 5.9 Imagen satelital de la laguna de inundación Segundo (Google Earth, 2017).

Seguidamente se utilizó una hoja de cálculo para obtener la relación de las áreas inundadas y sus respectivos volúmenes acumulados del agua en cada una de las profundidades tomadas de la sección longitudinal A-B, que permite construir la curva de áreas y capacidades de la laguna por medio del método aproximado. En la siguiente Tabla 5.6 se presentan la relación de profundidad-área-volumen de mayor a menor:

Tabla 5.6 Relación de Profundidad-Área-Volumen.

Profundidad (m)	Área inundada (Km²)	Volumen acumulado (m³)
15,58	135,05	358.765,37
15	115,86	266.039,93
13	47,66	107.953,76
11	24,30	39.126,310
9	8,93	7.051,60
7,3	0,13	3,29

Por lo tanto, el área de la laguna de inundación oscila entre 0,13 y 135,05 Km² con un volumen acumulado de agua que varía entre 3,3 y 358.765,4 m³ en función de las profundidades que va desde 7 hasta 16 metros aproximadamente. Esto se comprueba que la extensión y el volumen acumulado del cuerpo hídrico serán mayores en función de la profundidad. Con estos resultados obtenidos se permitirá construir las curvas lográndose estimar la capacidad de almacenamiento del cuerpo hídrico, siendo útil para posteriores estudios hidrológicos aplicados en ingeniería. A continuación se muestra la siguiente donde aprecia las curvas de área inundada y volumen de la laguna (Figura 5.10).

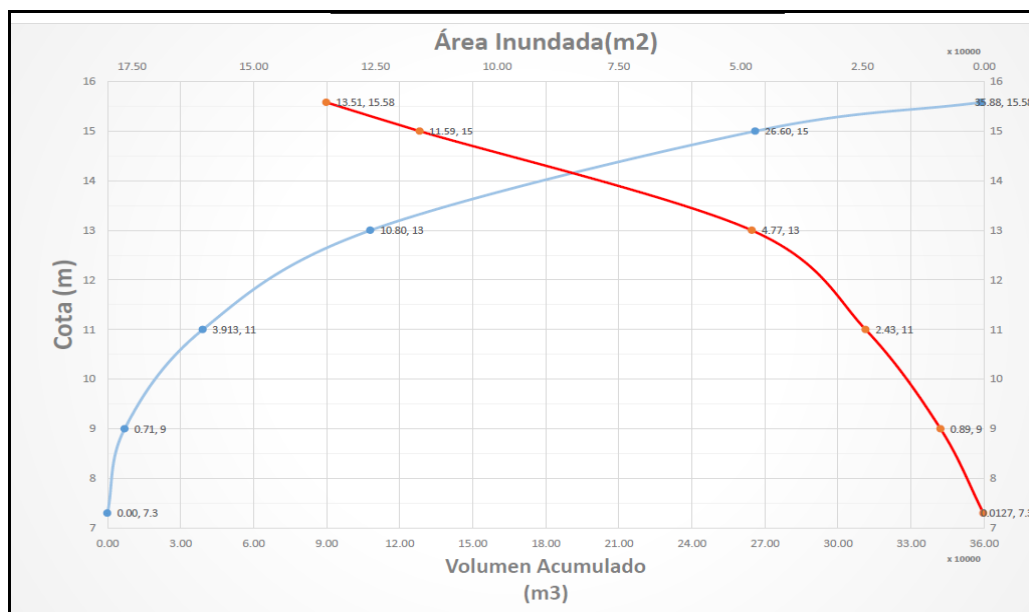


Figura 5.10 Curva de áreas y capacidades.

5.4 Descripción de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo y de los afluentes que aportan fluidos a la laguna.

A continuación se analizan detalladamente las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua contenida en la laguna Segundo, partiendo de los datos obtenidos en el Laboratorio de Geociencias de la UDO.

5.4.1 Análisis físico-químico

5.4.1.1 Parámetros físicos de las aguas

❖ Turbidez: de acuerdo a los datos registrados en la Tabla 5.1, los valores obtenidos para la turbidez en la laguna de inundación Segundo oscilan entre 100 (muestra M -2) y 110 UTN (muestras M – 1 y M – 3).

Estos valores de turbidez reportados anteriormente son muy significativos, porque se encuentran en un límite por debajo de 250 UTN, según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021 (Extraordinaria) del 18 Diciembre de 1995. Los valores obtenidos en la laguna se debe a la mayor concentración de mineral y materia orgánica en suspensión, tales como: plantas, arcillas, limos, etc.

❖ Color: los valores de colores registrados en la laguna (Tabla 5.7) varían entre 90 (para las muestras M – 1 y M – 3) y 95 Co .pt (muestra M -2).

5.4.1.2 Parámetros químicos de las aguas

❖ pH: los valores de pH registrados para cada una de las muestras de agua extraídas de la laguna (Tabla 5.7), son de carácter ligeramente ácida, en el rango de 6,91 a 6,93. Esto se debe al aporte de lixiviado procedente de las lluvias y de la descarga de aguas negras en la zona, asociadas por la concentración de ácidos orgánicos (fúlvicos y húmicos) disueltos en la laguna.

Los valores promedio de pH están dentro de los límites permitidos según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Nitratos: los valores de nitratos obtenidos para cada una de las muestras de agua (Tabla 5.1), varían desde 17,48 a 17,92 mg/l, posiblemente estás asociados al arrastre de sedimentos, contaminantes y actividades biológicas.

Los valores de nitrato están por debajo de los límites permitidos según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Fosfatos: los valores de fosfatos para cada una de las muestras de agua (Tabla 5.7) varían aproximadamente desde 0,05 hasta 0,06 mg/l. Los valores de

fosfatos se deben al aporte de descargas de aguas negras y a los procesos de lixiviación y meteorización de rocas portadoras de fósforos que proceden de la erosión del suelo.

❖ Cloruros: los valores de cloruros para cada una de las muestras de agua (Tabla 5.7) oscilan en un rango entre 11,16 y 11,32 mg/l. Estos valores son influenciados por el factor de dilución producidos por las descargas a la laguna.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores permisibles según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Sulfatos: los valores de concentraciones de sulfatos para cada una de las muestras de agua (Tabla 5.7) varían entre 7,29 y 7,59 mg/l, debido a la presencia de descargas de aguas negras.

Estos valores están dentro de los límites permitidos según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Oxígeno disuelto (O.D.): los valores de oxígeno disuelto para cada una de las muestras de agua (Tabla 5.7) van desde 5,48 a 5,52 mg/l.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores permisibles según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Demanda Bioquímica de Oxígeno ($DBO_{5,20}$): los valores de $DBO_{5,20}$ registrados en la Tabla 5.7 para cada una de las muestras de agua de la laguna, se encuentran en un rango entre 0,58 y 0,69 mg/l, pudiéndose observar que existen puntos de descarga de aguas negras provenientes de las zona aledañas.

Los valores promedios de $\text{DBO}_{5,20}$ no exceden los límites permisibles según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

❖ Sólidos totales: con respecto a los sólidos totales registrados en la Tabla 5.7, se encuentra en un rango entre 165 y 181 mg/l, esto es debido al aporte de aguas negras y materia orgánica descompuesta.

Los valores registrados para sólidos totales están dentro de los límites permisibles según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

Tabla 5.7 Análisis físico-químico del agua contenida en la laguna.

PARÁMETRO	M - 1	M - 2	M - 3	UNIDADES
PH	6,95	6,91	6,93	---
Color	90	95	90	Co .pt
Turbidez	110	100	110	U.T.N.
Olor	Ausente	Ausente	Ausente	---
Nitratos	17,48	17,92	17,65	mg/l
Fosfatos	0,05	0,06	0,05	mg/l
Cloruros	11,29	11,16	11,32	mg/l
Sulfatos	7,29	7,30	7,59	mg/l
Oxígeno Disuelto	5,48	5,51	5,52	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,69	0,62	0,58	mg/l
Sólidos Totales	178	165	181	mg/l

5.4.2 Análisis químico de metales

Tabla 5.8 Análisis químico de metales agua contenidos en la laguna.

N° Muestra	Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	Unidades
M - 01	5,38	2,09	0,09	0,10	mg/l
M - 02	5,55	2,15	0,10	0,09	mg/l
M - 03	5,17	2,01	0,08	0,11	mg/l

❖ Calcio: los valores reportados para el elemento calcio en la Tabla 5.8 se encuentra en el rango entre 5,17 y 5,55 mg/l, el cual es un elemento muy importante debido a que forma parte de la química del agua; esto es producto del aporte de sedimentos y del contenido de materia orgánica existente.

❖ Magnesio: los resultados obtenidos en la Tabla 5.8 se encuentra en el rango entre 2,01 y 2,15 mg/l, esto es debido a la presencia de suelos arcillosos altamente meteorizados.

❖ Cobre: los valores de cobre registrados en la Tabla 5.8 se encuentran en un rango entre 0,08 y 0,10 mg/l.

❖ Hierro: los valores de hierro reportados en la Tabla 5.8 se encuentran en el rango 0,09 y 0,11 mg/l, esto se explica a que estos suelos forman parte de la Provincia Geológica de Imataca y la Formación Mesa, los cuales se caracterizan por ser ricos en hierro y por la presencia de materia orgánica que produce disolución del mineral.

5.4.3 Análisis microbiológico

Los resultados obtenidos en el análisis de los microorganismos coliformes totales (Tabla 5.9), provenientes de la laguna de inundación Segundo, demuestran que los valores oscilan entre $1,7 \times 10^3$ y $2,8 \times 10^3$ NMP/100 ml. Esto es debido a la presencia de vertederos de desechos sólidos y descargas de aguas negras y servidas provenientes de los sectores aledaños a la laguna.

Los valores de coliformes fecales y totales exceden los límites permitidos según el Decreto N° 883 de la Gaceta Oficial N° 5.021.

Tabla 5.9. Análisis microbiológico contenido en la laguna.

N° Muestra	Micro organismos (Coliformes Fecales)	Micro organismos (Coliformes Totales)	UNIDADES
M – 01	Ausentes	$1,7 \times 10^3$	N.M.P / 100 ml
M – 02	Ausentes	$2,2 \times 10^3$	N.M.P / 100 ml
M - 03	Ausentes	$2,8 \times 10^3$	N.M.P / 100 ml

De acuerdo al Decreto N° 883, las muestras de agua corresponden al Sub-Tipo 1B, debido a los siguientes límites:

1. pH (entre 6 y 8,5).
2. Color (menor de 150 Co .pt).
3. Turbidez (menor de 250 UTN).
4. Nitratos (menor a 10 mg/l).
5. Cloruros (menor a 600 mg/l).
6. Sulfatos (menor a 400 mg/l).
7. Oxígeno Disuelto (mayor de 4 mg/l).
8. Sólidos Totales (menor a 1.500 mg/l).
9. Cobre (menor a 1,0 mg/l).
10. Hierro (menor a 1,0 mg/l).
11. Micro organismos (Coliformes Totales), menor a 10×10^3 N.M.P / 100 ml

El agua Sub Tipo 1B es utilizada para ser acondicionada por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.

5.4.4 Análisis de la Hoja de Cálculo para el Índice de Calidad de Agua para ríos según “The National Sanitation Foundation (NSF)”, según Brown et al (1970)

El análisis de la hoja de cálculo para el Índice de Calidad del Agua permite reunir una gran cantidad de datos que se expresan en un valor índice simple, que va en un rango de 0-100, según lo descrito por Laudwehr, 1974, citado en Abud y Mora op. cit.

Para realizar los cálculos de Índice de Calidad de Agua se utilizan los siguientes parámetros: Temperatura desviación del equilibrio ($^{\circ}\text{C}$); Oxígeno Disuelto (%), Coliformes fecales (N.M.P./100 ml), Fosfatos (PO_4^{-2}) (mg/l), Nitratos (NO_3^{-2}) (mg/l), Demanda Bioquímica de Oxígeno ($\text{DBO}_{5,20}$) (mg/l), sólidos totales (mg/l), pH, turbidez (U.T.N.) y comentarios.

5.4.4.1 Muestra M – 01

El Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) correspondiente a la muestra M – 01 es de 46,2; siendo considerado como agua mala según el criterio de Brown es considerado, se observa que el factor de temperatura desviación del equilibrio es alta igual a 5°C y se encuentra representada en la Tabla 5.10 y Figura 5.11.

5.4.4.2 Muestra M – 02

El Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) correspondiente a la muestra M – 02 es de 45,87; siendo considerado como agua mala según el criterio de Brown es considerado, se observa que el factor de temperatura desviación del equilibrio es alta igual a 5°C y se encuentra representada en la Tabla 5.10 y Figura 5.12.

5.4.4.3 Muestra M – 03

El Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) correspondiente a la muestra M – 03 es de 46,2; siendo considerado como agua mala según el criterio de Brown es considerado, se observa que el factor de temperatura desviación del equilibrio es alta igual a 5°C y se encuentra representada en la Tabla 5.10 y Figura 5.13.

Tabla 5.10 Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) de la laguna Segundo.

Parámetros	M – 01	M – 02	M – 03
T °C	5	5	5
Oxígeno Disuelto (%)	64,85	65,21	65,33
Coliformes fecales (N.M.P./100 ml)	0	0	0
PO ₄ ⁻² (mg/l)	0,05	0,06	0,05
NO ₃ ⁻² (mg/l),	17,48	17,92	17,65
DBO _{5,20} (mg/l)	0,69	0,62	0,58
Sólidos totales (mg/l)	178	165	181
pH	6,95	6,91	6,93
Turbidez (U.T.N.)	110	100	110
ICA	46,2	45,87	46,2
Comentarios	Mala	Mala	Mala

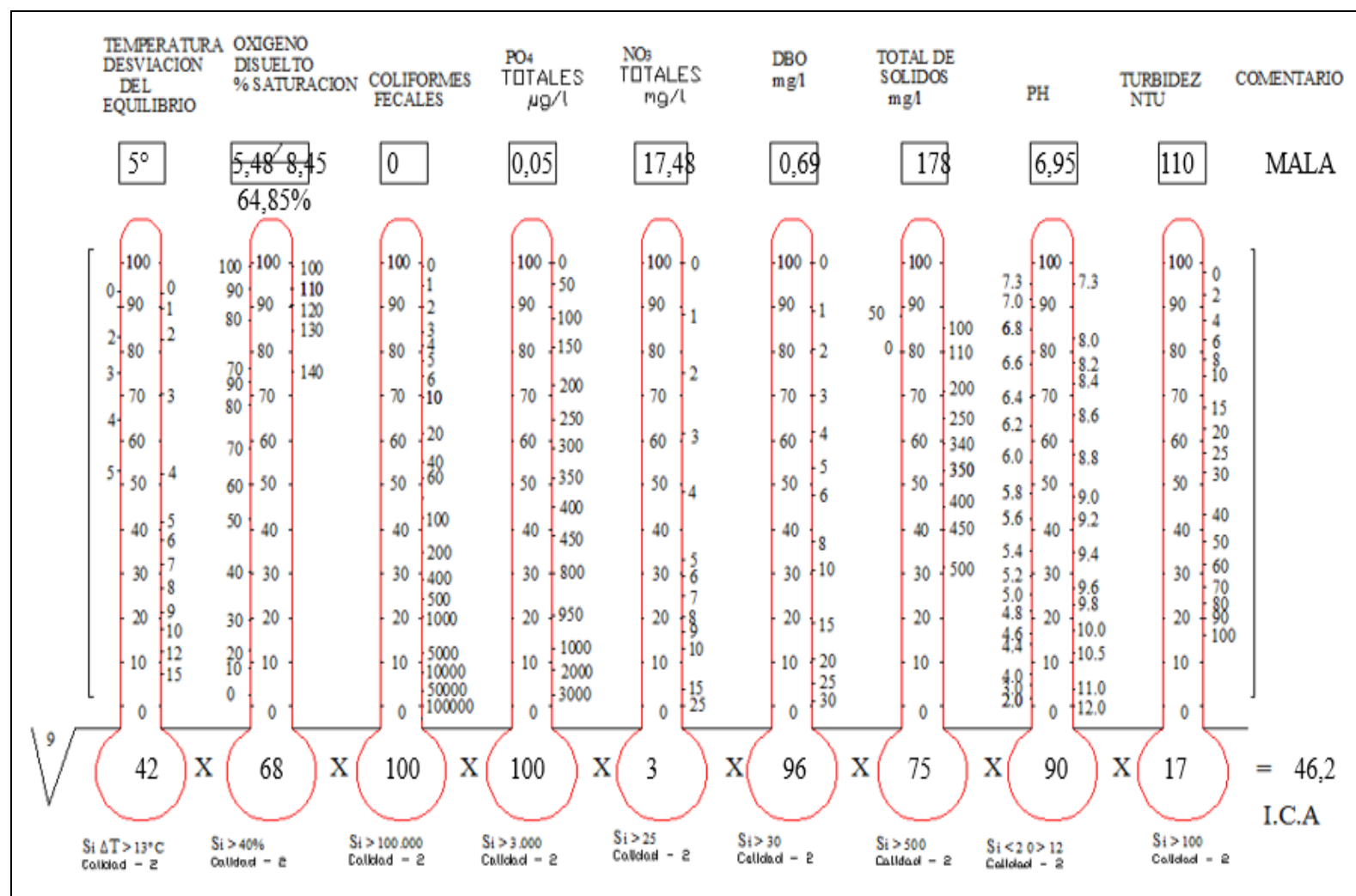


Figura 5.11 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 01.

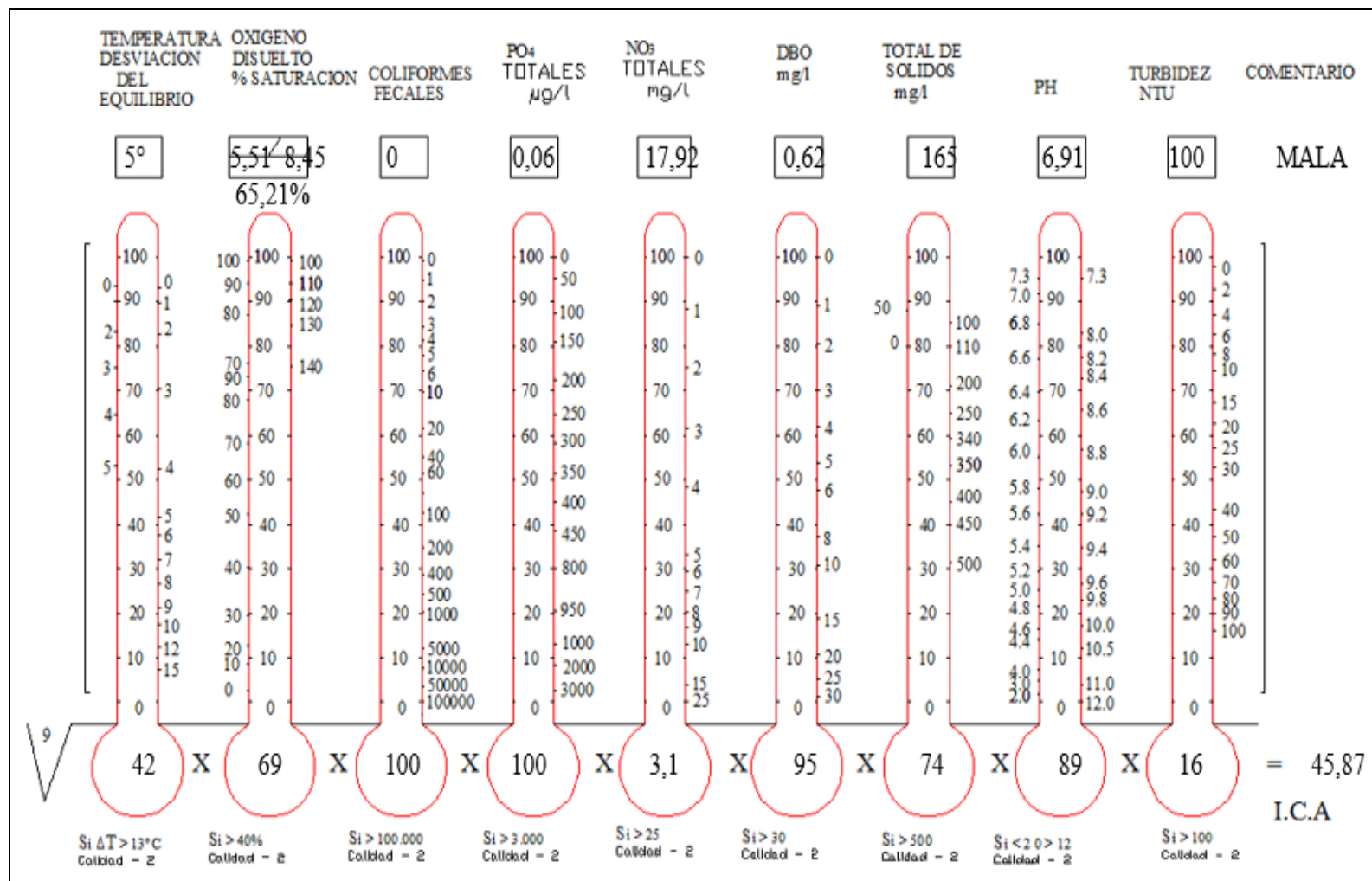


Figura 5.12 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 02.

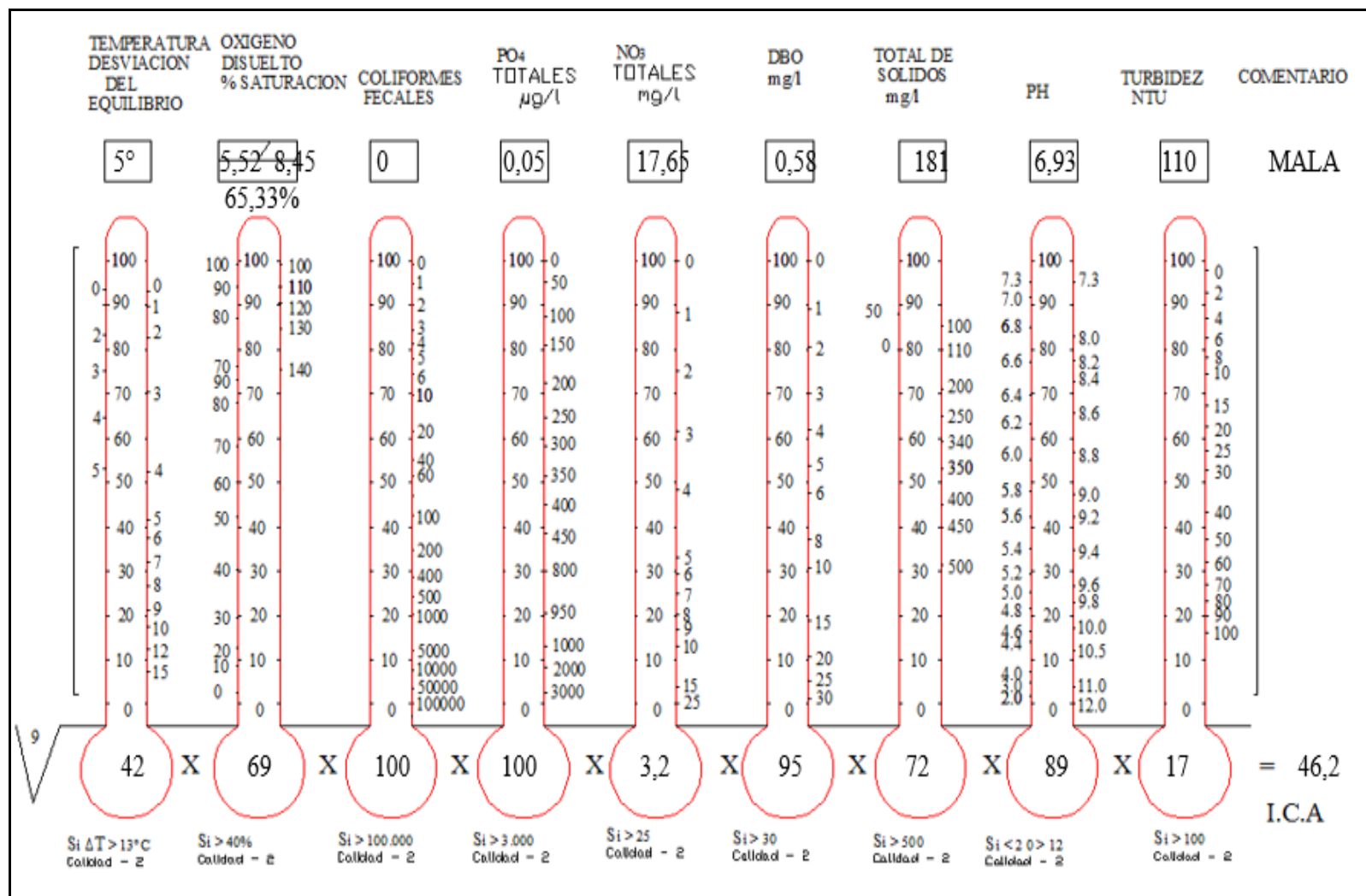


Figura 5.13 Cálculo de Índice de Calidad de Agua para la muestra M – 03.

5.5 Jerarquización de los impactos ambientales que afectan la integridad de la laguna de inundación Segundo y sus adyacencias.

El impacto ambiental existente en la laguna de inundación Segundo, es ocasionado por los habitantes de los sectores aledaños, convirtiéndola en un vertedero de desechos sólidos y orgánicos, debido a la ineficiencia del aseo urbano y a la presencia de colectores o cloacas domésticas que descargan a diario las aguas negras y residuales provenientes de las viviendas. Dicha problemática ocasiona la emanación de olores desagradables, la incineración de basuras, la posible afectación de los suelos, y la proliferación de insectos y animales trayendo como consecuencia en el brote y transmisión de enfermedades (dengue, paludismo, hongos y herpes en la piel) que perjudican la salud y el bienestar de las personas.

Para tales efectos, se utilizó la Matriz Buroz para llevar a cabo la jerarquización de los impactos ambientales, a fin de realizar la identificación y evaluación en la laguna Segundo (Tablas 5.11-5.20):

Tablas 5.11 Matriz de Intensidad.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	2	3	3	2	3	2	1	1	3	1	21
	Generación de desechos sólidos	3	3	2	1	2	1	2	2	1	2	19
	Generación de aguas servidas	3	2	2	1	2	2	0	0	1	0	13
	Brote de enfermedades	2	3	3	2	3	2	1	1	3	0	20
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	1	1	2	2	1	1	2	1	1	0	12
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												85
Peso relativo componentes ambientales		11	12	12	8	11	8	6	5	9	3	85

LEYENDA	
0	Impacto inexistente
1	Impacto leve
2	Menor Impacto
3	Mayor impacto

Tablas 5.12 Matriz de Extensión.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	18
	Generación de desechos sólidos	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	17
	Generación de aguas servidas	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	16
	Brote de enfermedades	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	17
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	16
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												84
	Peso relativo componentes ambientales	8	5	10	10	10	5	6	10	10	10	84

LEYENDA	
0	Impactos inexistentes
1	Impactos puntuales
2	Impactos locales
3	Impactos regionales

Tablas 5.13 Matriz de Duración.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	14
	Generación de desechos sólidos	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	20
	Generación de aguas servidas	2	1	1	3	3	1	2	1	1	1	16
	Brote de enfermedades	3	0	3	2	3	3	2	2	2	2	22
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	2	0	1	2	3	2	1	2	1	2	16
	Servicio de Aseo Urbano	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	4
												92
	Peso relativo componentes ambientales	11	4	9	13	13	8	8	9	8	9	92

LEYENDA	
Impactos de ninguna duración	0
Impactos de corto plazo (menos de 5 años)	1
Impactos de mediano plazo (5 a 10 años)	2
Impactos de largo plazo (más de 10 años)	3

Tablas 5.14 Matriz de Signo.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales									
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico		
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	Generación de desechos sólidos	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	Generación de aguas servidas	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	Brote de enfermedades	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

LEYENDA	
No hay impacto producido	0
Impacto benéfico	1
Impacto adverso	-1

Tablas 5.15 Matriz de Magnitud.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	-1,8	-1,8	-2,2	-2,0	-2,4	-1,4	-1,4	-1,6	-2,4	1,4	-16
	Generación de desechos sólidos	-2,4	-2,0	-2,0	-1,8	-2,0	-1,0	-1,6	-2,0	-1,6	2,0	-14
	Generación de aguas servidas	-2,0	-1,4	-1,8	-1,8	-2,2	-1,4	-0,8	-1,0	-1,4	1,0	-13
	Brote de enfermedades	-2,2	-1,6	-2,6	-2,0	-2,6	-1,8	-1,2	-1,6	-2,4	1,2	-17
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	-1,2	-0,8	-1,8	-2,0	-1,8	-1,2	-1,4	-1,6	-1,4	1,2	-12
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												-72
Peso relativo componentes ambientales		-10	-8	-10	-10	-11	-7	-6	-8	-9	7	-72

LEYENDA	
	Impacto negativo
	Impacto positivo
	Impacto neutro

Tablas 5.16 Matriz de Reversibilidad.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	3	1	3	2	2	2	1	2	2	0	18
	Generación de desechos sólidos	2	2	2	3	3	2	1	1	2	0	18
	Generación de aguas servidas	2	1	3	2	3	2	1	2	2	0	18
	Brote de enfermedades	2	2	2	3	3	2	1	2	1	0	18
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	2	1	2	2	2	2	1	2	1	0	15
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												87
Peso relativo componentes ambientales		11	7	12	12	13	10	5	9	8	0	87

LEYENDA	
Impactos neutros	0
Impactos altamente reversibles	1
Impactos parcialmente reversibles	2
Impactos irre recuperables	3

Tablas 5.17 Matriz de Incidencia.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	2	2	3	2	3	2	1	2	1	1	19
	Generación de desechos sólidos	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	18
	Generación de aguas servidas	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	26
	Brote de enfermedades	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	28
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	26
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												117
Peso relativo componentes ambientales		13	13	14	13	14	13	5	13	12	7	117

LEYENDA	
Impactos sin ocurrencia	0
Impactos con probabilidad de ocurrencia baja	1
Impactos con probabilidad media	2
Impactos con probabilidad de ocurrencia alta	3

Tablas 5.18 Matriz de Valor de Índice Ambiental (VIA).

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	3,8	3,6	4,1	3,8	4,1	3,5	3,2	3,6	3,9	2,2	36
	Generación de desechos sólidos	4,0	3,8	3,8	3,8	3,9	3,3	3,3	3,7	3,6	2,5	36
	Generación de aguas servidas	3,9	3,4	3,9	3,8	4,1	3,6	2,9	3,4	3,6	2,0	35
	Brote de enfermedades	4,0	3,7	4,2	4,0	4,3	3,8	3,1	3,7	3,9	2,3	37
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	3,5	3,1	3,8	3,9	3,8	3,5	3,2	3,7	3,4	2,1	34
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
												177
Peso relativo componentes ambientales		19	18	20	19	20	18	16	18	18	11	177

Tablas 5.19 Matriz de Severidad.

Actividad	Sub Actividad	Factores y componentes ambientales										Peso relativo de actividades
		Aire		Suelo		Agua	Flora	Fauna	Medio Socio-Económico			
		Calidad del aire	Ruidos	Residuos sólidos	Calidad del suelo	Aguas superficiales	Cobertura vegetal	Especies menores	Calidad de vida	Salud y seguridad	Servicios	
Construcción de viviendas adyacentes	Deforestación	6,9	6,4	9,0	7,6	9,8	4,9	4,5	5,8	9,3	3,1	67
	Generación de desechos sólidos	9,6	7,6	7,6	6,9	7,8	3,3	5,3	7,3	5,8	5,1	66
	Generación de aguas servidas	7,8	4,8	7,0	6,8	9,0	5,0	2,3	3,4	5,0	2,0	53
	Brote de enfermedades	8,8	5,9	10,8	8,0	11,1	6,8	3,7	5,9	9,4	2,8	73
Limpieza de la laguna y sus alrededores	Recolección de desechos sólidos	4,2	2,5	6,8	7,8	6,8	4,2	4,5	5,9	4,8	2,5	50
	Servicio de Aseo Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												310
Peso relativo componentes ambientales		37	27	41	37	45	24	20	28	34	16	310

LEYENDA	
Seguridad del impacto	Escala de valores
Leve	0-5
Moderado	6--15
Severo (Impacto adverso)	16-39
Crítico (Impacto adverso)	40-100
Representativo (Impacto beneficioso)	0-100

En las matrices de Buroz realizadas para la identificación y valoración de los impactos ambientales de la construcción de viviendas adyacentes, limpieza de la laguna y sus alrededores, de la laguna de inundación Segundo, se identificaron 72 impactos, de los cuales el 90% son negativos. A continuación se presentan los resultados consolidados de las Matrices de Evaluación de Impactos Ambientales (Tablas 5.20 y 5.21).

Tabla 5.20 Jerarquización por actividad del proyecto.

ACTIVIDADES DEL PROYECTO	VIA consolidado	Porcentaje (%)
Deforestación	35,8	20,2
Generación de desechos sólidos	35,8	20,2
Generación de aguas servidas	34,6	19,5
Brote de enfermedades	37,0	20,9
Recolección de desechos sólidos	34,0	19,2
Servicio de Aseo Urbano	-	0,0
Total	177,2	100,0

Como se observa en la tabla anterior, gran parte de las actividades generan impactos ambientales negativos con severidad moderada, en especial para la fase de construcción de viviendas adyacentes a la laguna, donde la deforestación de la capa vegetal, la generación de desechos sólidos y de aguas servidas, y el brote de enfermedades poseen el mayor número de interacciones con los factores ambientales del área.

Tabla 5.21 Jerarquización por componentes ambientales.

COMPONENTES AMBIENTALES	VIA consolidado	Porcentaje (%)
Calidad del aire	19,2	10,8
Ruidos	17,6	9,9
Residuos sólidos	19,8	11,2
Calidad del suelo	19,3	10,9
Aguas superficiales	20,2	11,4
Cobertura vegetal	17,7	10,0
Especies menores	15,8	8,9
Calidad de vida	18,0	10,2
Salud y seguridad	18,4	10,4
Servicios	11,2	6,3
Total	177,2	100,0

Como se observa en la tabla anterior, gran parte de las componentes generan impactos ambientales negativos con severidad moderada, en especial para la construcción de viviendas adyacentes, limpieza de la laguna y sus alrededores, de la laguna de inundación Segundo, donde las aguas superficiales, residuos sólidos, calidad del suelo y del aire, salud y seguridad, calidad de vida y cobertura vegetal poseen el mayor número de interacciones con los factores ambientales del área.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A través de la observación directa en el campo y la metodología utilizada durante la elaboración del proyecto de investigación se pudo realizar la caracterización ambiental de la laguna de inundación Segundo (Ciudad Bolívar), surgido por la necesidad de darle soluciones a los problemas existentes en los sectores adyacentes al área de estudio. Por esta razón se establece lo siguiente:

1. Se describió física y naturalmente las características bióticas que abarcan dentro y fuera de la laguna de inundación Segundo. La vegetación del área de estudio corresponde a bosque seco tropical, comprendiendo desde herbácea de sabana (gramíneas) hasta arbustivo de sabana tropical (Chaparro, manteco y alcornoque). En cuanto a la fauna viene siendo la misma del río Orinoco, ya que en la superficie de la laguna abundan las aves y mamíferos; además de los peces, anfibios y otras especies que habitan en dicha zona.

2. Se logró caracterizar climáticamente los parámetros que afectan los niveles de superficie del agua de la laguna, por medio de la información obtenida por la estación meteorológica del Aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período 1.994 - 2.006, tales como los promedios de precipitaciones registrados para la media anual en 82,778 mm, y para el total anual en 1.076,115 mm; los valores de la evaporación media anual ubicado en 127,939 mm, y el del total anual que oscila alrededor de 1.663,215 mm; la temperatura media anual de 27,718 °C, la radiación solar media recibida de 16,538 Cal/min.cm², el promedio de insolación solar media de 7,483 horas, la humedad relativa media en 79,364% y la velocidad media del viento de 11,761 m/s. El área de estudio presenta un clima cálido tropical de sabana isotérmico

(Awgi), de acuerdo a la clasificación climática propuesta por Köpen.

3. Se logró obtener la relación de las áreas inundadas, niveles de la superficie del agua y volúmenes acumulados en la laguna Segundo, por medio de la realización del plano topográfico, del perfil longitudinal y de las tres (3) secciones transversales. La laguna abarca una extensión promedio de 55,32 Km² y un volumen acumulado del cuerpo hídrico de 129.823,38 m³, los cuales van en función de las profundidades entre 7 y 16 metros. Las curvas construidas servirá para para elaborar y fortalecer los estudios hidrológicos aplicados no sólo para la laguna sino también para los demás cuerpos de agua.

4. Con respecto a la descripción de las características físico-químicas y bacteriológicas, se determinaron una serie de parámetros con los límites establecidos en el Decreto N° 883 para cada una de las muestras de agua extraídas de la laguna siendo clasificada como Sub-Tipo 1B, y es utilizada para ser recuperada aplicando tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. De igual manera se utilizó el criterio de Brown para determinar el Índice de Calidad de Agua (I.C.A.) obteniendo un rango entre 45,87 y 46,2; siendo considerado como agua mala, además que el factor de temperatura desviación del equilibrio es de 5°C.

5. Por último, se logró jerarquizar los impactos ambientales en la laguna Segundo, por medio del uso de las matrices de Buroz realizadas para la identificación y valoración de dichos impactos asociados a las actividades de: construcción de viviendas adyacentes, limpieza de la laguna y sus alrededores. En ello se logró determinar 72 impactos, de los cuales el 90% son negativos. La mayoría de las actividades y de los componentes generan impactos ambientales negativos con severidad moderada, en especial para la fase de construcción de viviendas adyacentes,

y limpieza de la laguna y sus alrededores, cuyas subactividades poseen el mayor número de interacciones con los factores ambientales del área.

Recomendaciones

1. Se recomienda a la comunidad universitaria acometer estudios para Identificar y clasificar las características de la flora y la fauna acuática existente en la laguna.

2. Se recomienda a los entes gubernamentales aunar esfuerzos con los habitantes de las adyacencias de la laguna para implementar las acciones necesarias para la mitigación y/o control del impacto ambiental ocasionado en el área de estudio.

3. Recomendar a la alcaldía de Heres disponer de una red de contenedores para almacenamiento de los desechos sólidos generados por los habitantes de los sectores adyacentes a la laguna, permitiendo un ambiente armónico en el área.

4. Se recomienda dar a conocer las normas INOS (Instituto Nacional de Obras Sanitarias), con el fin de ser aplicadas por las autoridades gubernamentales (Ministerios para la Salud, y para el Ecosocialismo y las Aguas) y por los habitantes de los sectores adyacentes a la laguna.

5. Se sugiere a los entes gubernamentales (Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y las Aguas, Gobernación del Estado Bolívar, Alcaldía del Municipio Heres), los entes no gubernamentales (Universidad de Oriente, Colegio de Ingenieros del Estado Bolívar) y las comunidades organizadas para llevar a cabo las mejoras de embellecimiento en la laguna, convirtiéndola en un sitio turístico para la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abud, J. (2002) **CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SAN RAFAEL EN LA ÉPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA (2000-2002) CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de ascenso, publicado, (pp 56-86, 93-113).

Aguirre, C. y Palmer I. (1992) **DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA, CAÑAFÍSTOLA, OROCOPICHE Y MARHUANTA.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado.

Blanco, L (1991) **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado.

Blanco, V. (2005) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.** Módulo de UDO– Bolívar, (p.88).

Bolinaga, J. (1979) **DRENAJE URBANO.** Instituto Nacional de Obras. Caracas, Venezuela, (pp. 1-5; 11; 84; 204).

Casado, M. (1994) **INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado, (pp. 50-63).

Correa, M. y Gómez, A. (2016) **VERTEDEROS.** 2 de Abril de 2017. [<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/vertederos/vertederos.html>].

Definición ABC (2017) **CICLO DEL AGUA.** 2 de Abril de 2017. [<https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/ciclo-del-agua.php>].

De Topografía (2013) **¿QUÉ ES UNA BATIMETRÍA?** 27 de Marzo de 2017. [<http://detopografia.blogspot.com/2013/02/que-es-una-batimetria.html>].

Gutiérrez, E. y Pérez K. (2001) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SANTA BÁRBARA – BUENA VISTA – RÍO CAÑAFÍSTOLA**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado.

Farjas, M. (2005) **LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS**. 27 de Marzo de 2017.[http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-yfotogrametria/topografia-ii/Teoria_Batimetria_Tema_13.pdf].

Fernández, S. y Hurtado M. (2004) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA – AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFÍSTOLA, DISTRITO AUTÓNOMO HERES, CIUDAD BOLÍVAR - ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela. Trabajo de grado, no publicado.

Ferraro, C. y Lentino, M. (1992) **VENEZUELA, PARAÍSO DE AVES**. Caracas: Armitano Editores, 1992.

Franzone, A. y Medina A. (1998) **CONTAMINACIÓN DE LOS MORICHALES LOS CARIBES-GUARICONGO Y SUS ALREDEDORES EN EL ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Trabajo de grado, no publicado, (pp 4-42, 55-77).

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Universidad de Oriente (UDO), Escuela de Ciencias de la Tierra y Minera Hecla Venezuela, C.A. Ciudad Bolívar, (pp 34-48).

Mercado, S. (2003) **¿CÓMO HACER UNA TESIS? TESINAS, INFORMES, MEMORIAS, SEMINARIOS DE INVESTIGACIÓN Y MONOGRÁFICAS**. Editorial Limusa, 2 edición, México, (p. 75)

Mora, V. y García A. (2013) **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SU TENDENCIA CORROSIVA EN LOS MORICHALES “GUARICONGO” Y “LOS CARIBES, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Trabajo de investigación. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. Volumen LIII, N° 2.

Novoa, D. y Ramos, F. (1978) **LAS PESQUERÍAS COMERCIALES DEL RÍO ORINOCO**. Caracas: Corporación Venezolana de Guayana - División de Desarrollo Agrícola. Editora Venográfica, C.A, 1978.

Olivares, C. y De León, A. (1981) **EMBALSES, OBRAS HIDRÁULICAS**. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela.

Rodríguez, C (2011) **CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA: MUNICIPIO HERES Y CARONÍ DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de investigación Universidad de Oriente - Núcleo Bolívar – Escuela de Ciencias de la Salud. Volumen 16, N° 62.

Sabino, C. (2000) **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela.

Tamayo y Tamayo M. (2001) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México.

UNESCO (1995) **ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**. Volumen I. 5 de Mayo de 2017. [<http://www.infojardineria.com/aguaresidual.htm>].

U.S. Bureau of Reclamation (1970) **PROYECTO DE PRESAS PEQUEÑAS**. Editorial Dossat. Madrid, España.

Vareschi V (1959) **ORINOCO ARRIBA. A TRAVÉS DE VENEZUELA SIGUIENDO A HUMBOLDT**. Ediciones Lectura. Caracas.

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	CARACTERIZACION AMBIENTAL DE LA LAGUNA SEGUNDO, CIUDAD BOLIVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLIVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
El Hadwe Al Ayass Bahaa	CVLAC	17.163.761
	e-mail	Bahaa_elhadwe@hotmail.com
	e-mail	
Alzolay Belisario Jose Luis	CVLAC	17.658.965
	e-mail	alzolayjose@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Geología Local
Caracterización Ambiental
Calidad del Agua
Clasificación de las Aguas
Características Bacteriológicas
Indicadores de Calidad
Contaminación
Tratamientos y Sistemas de Depuración

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El presente trabajo de grado plantea y desarrolla una caracterización ambiental de la laguna de inundación Segundo ubicada en la vía que conduce hacia el puente Angostura, en la parroquia Agua Salada, Ciudad Bolívar (estado Bolívar). El proyecto corresponde metodológicamente al tipo de investigación descriptiva con un diseño de campo y documental, realizada por medio de las técnicas e instrumentos de recolección de datos como: revisión documental, observación directa, análisis de muestras de agua, consultas académicas, hoja de cálculo para el índice de calidad de agua (I.C.A) y la matriz Buroz que sirve para la jerarquización de impactos ambientales. En cuanto a los resultados obtenidos se pueden resaltar: la descripción de las características bióticas del área de estudio (vegetación de bosque seco tropical y fauna similar a la del río Orinoco); de igual manera se indicaron los parámetros climáticos presentando un clima cálido tropical de sabana isotérmico en torno al área de estudio. Posteriormente se determinó la relación de las áreas inundadas de 55,32 km², con el volumen acumulado de 129.823,38m³, variando en función de los niveles de superficie del agua entre 7 y 16 metros. Se describieron las características físico-químicas y bacteriológicas de las muestras de agua, permitiendo clasificar de acuerdo al decreto N° 883 como Sub-Tipo 1B, y el criterio de Brown para determinar el índice de calidad de agua (I.C.A) obteniendo un rango entre 45,87 y 46,2. Siendo considerado como agua mala, aplicando un factor de temperatura desviación del equilibrio es de 5°C. finalmente se logró jerarquizar los impactos ambientales en la laguna Segundo, por medio del uso de las matrices de Buroz realizadas para la identificación de los setenta y dos (72) impactos asociados a la factibilidades de: construcción de viviendas adyacentes y limpieza de la laguna de los cuales 90% son negativos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL /	Código CVLAC /	e-mail
Echeverria Dafnis	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☒ JU ☐	
	CVLAC	4.506.408	
	e-mail	Dafnisecheverria2807@gmail.com	
	e-mail		
Echeverria Beatriz	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒	
	CVLAC	21.013.748	
	e-mail	beatrizech@gmail.com	
	e-mail		
Jimenez Josefina	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒	
	CVLAC	8.887.862	
	e-mail	j.jimenez@gmail.com	
	e-mail		
	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC		
	e-mail		
	e-mail		

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	02	21

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Trabajo de Grado	Aplication/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniería Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado Universitario

Área de Estudio: Departamento de ingeniería civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título grado:
Univeridad de Oriente, Nucleo Bolivar

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

**“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1



AUTOR 2


TUTOR

Hoja De Metadatos Para Tesis Y Trabajo De Ascenso – 6/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumana, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administración, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/VGC/marija