

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

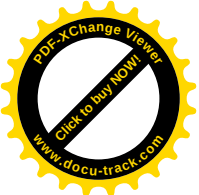


**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE MATERIA ORGÁNICA Y
NUTRIENTES APORTADOS POR LOS RÍOS TRIBUTARIOS DEL LAGO LOS
TACARIGUAS.**

**Tutor académico.
Profe. Judith Fuentes**

**Autor
Lic. Juan Romero**

Valencia, Marzo 2017.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

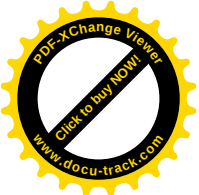


**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE MATERIA ORGÁNICA Y
NUTRIENTES APORTADOS POR LOS RÍOS TRIBUTARIOS DEL LAGO LOS
TACARIGUAS.**

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo como
requisito parcial para optar por al título de: Maestría en Ingeniería Ambiental.**

**AUTOR: Juan Romero
C.I: 14.381.282
Tutor Académico: Profe. Judith Fuentes**

Valencia, Marzo 2017.



AGRADECIMIENTO

A Jesús de Nazareth por permitirme dar salud, fortaleza y colocarme seres especiales a mi alrededor, que me apoyaron a cumplir esta meta.

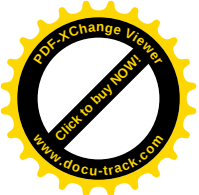
Al apoyo y orientación dado por mi tutora la Prof Judith Fuentes durante el desarrollo de este trabajo de investigación, y a los profesores María Auxilia, Edgar Mujica y Luis Amaiz.

Al equipo de trabajo de mí querida institución del Ministerio del Ambiente, actualmente llamada Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, en especial a mis compañeros del Laboratorio de Calidad Ambiental, Griselda Domínguez, Harold Martínez, Ángel López, Argenis Díaz y Alejandro Valles.

Al grupo de trabajo de funcionarios del anterior Ministerio del Ambiente, que durante los años 1990 trabajaron en el muestreo y recopilación de información valiosa en estudios anteriores en el lago de Los Tacariguas, en especial Ouglas Loyo, Abel Hernández, Peiro, y al siempre recuerdo de los compañeros Niobe Leal y Rafael Díaz.

Agradecimiento a mi amigo Jhonny Medina quien me apoyó y orientó para la culminación del presente trabajo de investigación.

A todas las personas que me han apoyado a lo largo de mi vida y estimularon en lograr la culminación de esta meta profesional, en especial mi padrino José Gregorio Linares, los amigos Esaú, Félix, Wildolfo, Ulises, Domingo, Gabriel y Rómulo y las amigas Tania, Soraya, Andreina y el siempre Campeón Gabrielito.



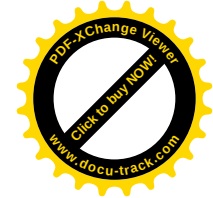
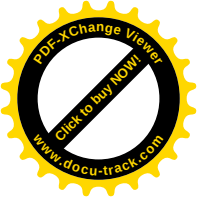
DEDICATORIA

A mis seres queridos, madre (Eglee), padre (Juan Ignacio), hermanas (Yaguari, Maria Isabel y Anayibe), y mi novia Ailiin por su comprensión y estima para la culminación de una meta más en mi vida; un Abrazo de Amor y agradecimiento infinito para todos.

A mis Tías Emma, Bartola, Elena, Auxiliadora y Cecilia y mis tíos Hizael y Juan Carlos Romero a quienes la vida me ha hecho amarlos y hacerlos parte de mi vida.

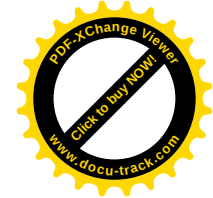
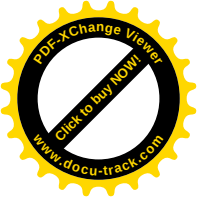
A todos los hombres y mujeres que trabajamos y soñamos por un país más digno para las próximas generaciones.

Al siempre recuerdo de mi abuela Ana Herrera; Dios siempre permitirá que nos sigas acompañando y aupando a cumplir nuestras metas.

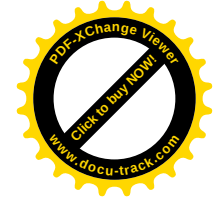
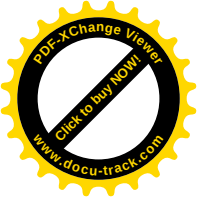


INDICE GENERAL

	Pág.
Introducción.	1
Capítulo I. Planteamiento del Problema.	3
I.1. Descripción del Problema. -----	3
I.2 Objetivos -----	5
I.2.1 Objetivo General. -----	5
I.2.2. Objetivos Específicos. -----	5
I.3. Justificación de la investigación. -----	6
I.4. Delimitaciones de la Investigación. -----	7
Capitulo II. Marco Teórico.	9
II.1 Antecedentes de la Investigación. -----	9
II.2 Fundamentos Teóricos. -----	11
II.2.1 Descripción del Área de Estudio. -----	11
II.2.2 Problemas Ambientales en la Cuenca del Lago de Valencia. -----	13
II.2.3 Descripción de Análisis de Calidad de agua. -----	14
II.3 Marco Legal. -----	16
Capitulo III. Marco Metodológico.	18
III.1 Diseño y Tipo de Investigación. -----	18
III.2 Fases de Investigación. -----	18
III.2.1 Revisión Bibliográficas. -----	18
III.2.2 Estudio de Campo. -----	20
III.2.3 Análisis de Datos. -----	26
Capitulo IV. Análisis de Resultados.	28
IV.1 Describir el régimen hidrogeológico de los tributarios del lago Los Tacariguas.	28
IV.1.1 Características hidrológicas de los tributarios. -----	28
IV.1.2 Características geológicas de ríos tributarios. -----	33
IV.2 Analizar la situación ambiental actual de los tributarios al lago Los Tacariguas.	34
IV.2.1 Tributarios estado Aragua. -----	35
IV.2.2 Tributarios estado Carabobo. -----	42
IV.3 Identificar las fuentes generadoras de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.-----	52

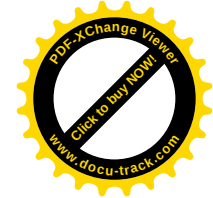
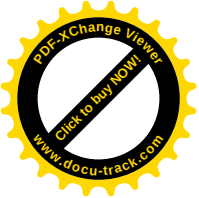


IV.4 Analizar la tendencia histórica de la materia orgánica en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas. -----	57
IV.4.1 Análisis Histórico de carga másicas (DBO ₅) de tributarios Estado Aragua. -----	59
IV.4.2 Análisis Histórico de carga másicas (DBO ₅) de tributarios Estado Carabobo. --	60
IV.4.3 Determinación tendencia histórica de la materia orgánica en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas. -----	62
IV.5 Analizar la tendencia histórica de Fosforo Total en los ríos tributarios al lago los tacariguas. -----	65
IV.5.1 Análisis histórico de carga másicas (Fosforo Total) de tributarios Estado Aragua. -----	67
IV.5.2 Análisis histórico de carga másicas (Fosforo Total) de tributarios Estado Carabobo. -----	68
IV.5.3 Determinación tendencia histórica de Fosforo Total en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas. -----	70
IV.6 Analizar la tendencia histórica de Nitrógeno Total en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas. -----	73
IV.6.1 Análisis histórico de carga másicas (Nitrógeno Total) de tributarios Estado Aragua. -----	73
IV.6.2 Análisis histórico de carga másicas (Nitrógeno Total) de tributarios Estado Carabobo. -----	76
IV.6.3 Determinación tendencia histórica de Nitrógeno Total en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas. -----	77
IV.7 Analizar la efectividad de las obras de saneamiento en el lago los tacariguas y de la aplicación de la normativa actual. -----	79
Conclusiones -----	84
Recomendaciones -----	86
Referencias Bibliográficas. -----	88
Apéndices. -----	90



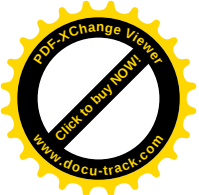
INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Tributarios del lago Los Tacariguas en estudio. -----	8
Tabla N° 2: Ubicación de las Áreas de Monitoreo de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.-----	21
Tabla N° 3: Metodología utilizada por el Laboratorio de calidad Ambiental para la preservación de muestras y posterior Análisis de Parámetros Fisicoquímico y Bacteriológico -----	25
Tabla N° 4: Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Aragua. -----	53
Tabla N° 4. (Continuación): Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Aragua. -----	54
Tabla N° 5: Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Carabobo. -----	55
Tabla N° 5. (Continuación): Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Carabobo. -----	56
Tabla N° 6: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de DBO ₅ aportados por la Red Hidrológica del lago Los Tacariguas. -----	58
Tabla N° 7: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de Fosforo Total (PT) aportados por la Red Hidrológica del lago Los Tacariguas. -----	66
Tabla N° 8: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de Nitrógeno Total (NT) aportados por la Red Hidrológica del lago Los Tacariguas. -----	74
Tabla B1 (APENDICES): Valores Fisicoquímicos y Bacteriológicos de la Calidad de las Aguas de los Tributarios del lago de Los Tacarigua campaña de Muestreo 2015 --	91



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Puntos de Muestreos en estudio, Centros Poblados y Zonas Industriales con Influencia en la Red Hidrográfica de Ríos Tributarios al lago Los Tacariguas-----	22
Figura 2: Representación de las secciones transversales utilizadas para el cálculo de áreas en la medición de caudales -----	23
Figura 3: Representación de los tramos de una sección transversales utilizadas para el cálculo de áreas en la medición de caudales -----	23
Figura 4: Desembocadura del río Guacara. -----	45
Figura 5: Desembocadura del río Guigue. -----	49
Figura 6: Variación Histórica Carga Másica (DBO ₅) tributarios Aragua. -----	59
Figura 7: Variación Histórica Carga Másica (DBO ₅) tributarios Carabobo. -----	60
Figura 8: Tendencia Histórica Carga Másica (DBO ₅) tributarios lago Los Tacariguas.-	62
Figura 9: Variación Porcentual Carga Másica (DBO ₅) tributarios lago Los Tacariguas Año 2015. -----	64
Figura 10: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Aragua. -----	67
Figura 11: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Carabobo. -----	69
Figura 12: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Lago Los Tacariguas. ---	71
Figura 13: Variación Porcentual Carga Másica nutriente PT tributarios lago Los Tacariguas 2015. -----	72
Figura 14: Variación Histórica Carga Másica (NT) Tributarios Estado Aragua. -----	75
Figura 15: Variación Histórica Carga Másica (NT) Tributarios Estado Carabobo. -----	77
Figura 16: Variación Histórica Carga Másica (NT) tributarios Lago Los Tacariguas. ---	78
Figura 17: Variación Porcentual Carga Másica nutriente NT tributarios lago Los Tacariguas 2015. -----	79



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE MATERIA ORGÁNICA Y
NUTRIENTES APORTADOS POR LOS RÍOS TRIBUTARIOS DEL LAGO LOS
TACARIGUAS**

Autor: Lic. Juan I. Romero A.

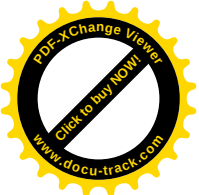
Tutora: Ing. Dra. Judith Fuentes.

Fecha: Marzo 2017.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la evaluación del comportamiento histórico en el aporte de materia orgánica y nutrientes por parte de la red hidrográfica de ríos tributarios al lago Los Tacariguas, a fin determinar los niveles de afectación como fuentes de introducción de agentes contaminantes en la preservación de la calidad de las aguas del mencionado lago, la investigación se tipifica como descriptiva, con diseño de campo. Para recolectar la información se empleó la revisión documental, la observación directa mediante inspecciones técnicas a cada uno de los cuerpos de agua en estudio, para la localización geográfica de los puntos de muestreo se procedió a trabajar con la información suministrada por el Laboratorio de Calidad Ambiental del Ministerio de Ecosocialismo y Agua, durante las campañas de muestreo se procedió a tomar mediciones de caudal de los ríos y parámetros In situ, las campañas de inspección técnica y muestreo se realizaron entre los años 2014 y 2015. Los resultados obtenidos demostraron que en la actualidad los ríos tributarios son fuentes receptoras de descargas domésticas e industriales durante su recorrido por las principales ciudades de la región, los aportes de materia orgánica en la actualidad resultó ser de 24500 Kg/Día, valor muy cercano a la normativa vigente, sin embargo, para los nutrientes se obtuvieron valores por encima de los límites máximos, con valores de 1754 Kg/Día y 11279 Kg/Día para Fósforo y Nitrógeno respectivamente, los tributarios Caño Central y río Guey aportan aproximadamente el 40% de las cargas másicas aportadas por el total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas.

Descriptores: Lago Los Tacariguas, Ríos Tributarios, Descargas residuales, Cargas Másicas y Normativa legal vigente.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



**HISTORICAL SURVEY OF ORGANIC MATTER BEHAVIOR AND NUTRIENTS
SUPPLIED BY THE TRIBUTARIES RIVERS OF TACARIGUAS LAKE**

Autor: Lic. Juan I. Romero A.

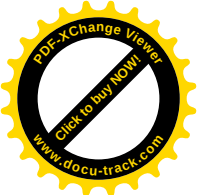
Tutora: Ing. Dra. Judith Fuentes.

Fecha: Marzo 2017.

SUMMARY

In the present research work it aims at evaluating the historical behavior in the supply of organic matter and nutrients from the water network of tributaries to Lake Tacariguas, to determine levels of involvement as a source of introduction of pollutants in preserving the quality of the waters of the lake mentioned, research is classified as descriptive, with field design. To collect the information the document review was used, direct observation through technical inspections of each of the water bodies in the study, for the geographical location of the sampling points we proceeded to work with the information provided by the Environmental Quality Laboratory of Ministry of Ecosocialismo and Water, during sampling campaigns proceeded to take measurements of river flows and parameters on site the technical campaigns inspection and sampling were conducted between 2014 and 2015. The results showed that at present tributaries are receiving sources of domestic and industrial discharges during his tour of the main cities of the region, the contributions of organic matter present was found to be 24500 kg / day, very close to the standard current value, however, to the nutrient values were above the ceilings, with values of 1754 kg / day and 11279 kg / day for phosphorus and nitrogen, respectively, the tributaries rivers Caño Central and River Guey contribute approximately 40% of the mass loads contributed by the total of the 21 rivers tributaries to Lake Tacariguas.

Descriptors: Tacariguas Lake, Tributaries Rivers, residual downloads, uploads concentration and the current legislation.

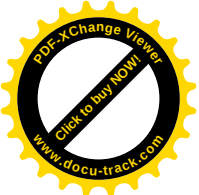


INTRODUCCIÓN

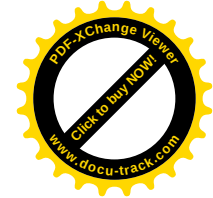
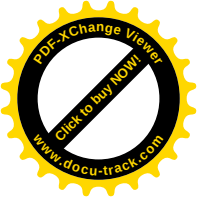
El agua ha sido fundamental para la existencia de la vida humana, sin embargo el hombre en su propósito de desarrollar un mejor modo de vida, muchas veces por desconocimiento provoca daños graves en materia de la conservación ambiental de ríos, mares y reservorios de agua, colocando en riesgo la utilización del vital líquido para las generaciones futuras. La necesidad de preservar los recursos hídricos se ha incrementado en todas partes del mundo en los últimos años, hasta tal punto que la Organización de Naciones Unidas (ONU) a establecidos numerosos programas y proyectos con el objetivo de garantizar el sustento de dicho líquido en el futuro de manera apropiada. La agenda 21 es un programa que establece las directrices a seguir por los países miembros de la ONU para proteger el ambiente, en ella se da a conocer la importancia de la participación del estado y los ciudadanos en la protección de los recursos naturales.

En los últimos años la problemática del recurso hídrico en los países de América Latina se ha ido incrementando con el paralelo aumento de la población, el desarrollo industrial y la deficiente gestión en el tratamiento y manejo de la disposición de las aguas residuales; lo que ha conllevado a que se intensifiquen los programas en materia de reservorios del agua por parte de las autoridades propias de cada país. Es de notar que dicho tema fue centro de discusión el pasado mes de septiembre de 2015 en la Asamblea de Naciones Unidas (ONU), en donde se establecieron objetivos estratégicos para la preservación del vital líquido en los países del mundo.

En Venezuela el Ministerio del Poder Popular para Ecososialismo y Agua (MINEA) viene desarrollando numerosos proyectos a nivel nacional con el objetivo de hacer cumplir con los programas y objetivos establecidos por las organizaciones internacionales. Saneamiento del río Guaire, Saneamiento Cuenca del Lago Los Tacariguas, programas de evaluación de la calidad de las aguas de embalses y ríos, así como la construcción y ampliación de plantas de tratamiento de aguas en el territorio nacional, son algunos de los proyectos que se encuentran en ejecución.



Dentro del programa de Saneamiento de la Cuenca del lago Los Tacariguas la evaluación de la calidad de las aguas de los ríos tributarios y canales industriales es de vital importancia, tomando en consideración que dicha cuenca la constituye entre un 15 y 30% de sector poblacional e industrial respectivamente de todo el país. El presente estudio de investigación que se pretende desarrollar permitirá estimar el efecto histórico en términos de caudal, concentración de materia orgánica en términos de demanda biológica de oxígeno ($\text{DBO}_{5, 20^{\circ}\text{C}}$), y nutrientes (Fósforo total y Nitrógeno total), que han sido aportados a través de los ríos y canales industriales tributarios al lago Los Tacariguas, esta evaluación permitirá evaluar las obras de saneamiento ejecutadas hasta la actualidad y establecer proyectos de ingeniería a utilizar en el futuro con la finalidad de mitigar el efecto de estos indicadores en la calidad de las aguas del lago Los Tacariguas.



CAPITULO I

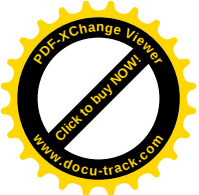
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La cuenca del lago Los Tacariguas, ubicada en la región central del país específicamente entre los Estados Aragua y Carabobo, es considerada una de las zonas más críticas del país en cuanto al deterioro de la calidad de las aguas del lago y de sus tributarios. El crecimiento poblacional y la expansión de las actividades económicas, entre ellas la del sector industrial, en el transcurso de los últimos 35 años han generado problemas ambientales, tales como; contaminación de los cuerpos de aguas por fuentes puntuales y no puntuales, aumento de la demanda de agua potable, crecimiento en la generación y disposición de aguas residuales, aumento de los niveles del lago, sobre-explotación de los acuíferos, problemas de ocupación del territorio, manejo y disposición inadecuada de desechos peligrosos y no peligrosos, entre otros.

El estudio integral de la cuenca del lago Los Tacariguas viene realizándose desde el año 1978 a través del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN); entre las actividades estudiadas se tienen: La recuperación de los niveles del lago; la cual para la fecha presentaba su cuota histórica más baja (402,13 msnm), el monitoreo de las aguas de los ríos y canales industriales tributarios al lago, y la evaluación de la calidad de las aguas del lago. Durante la década de los años ochenta y principio de los noventa se continuaron desarrollando diferentes trabajos de investigación con respecto a la calidad de las aguas en la cuenca. Los resultados obtenidos de dichas investigaciones determinaron que las aguas del lago Los Tacariguas presentaban una alta concentración de fósforo y nitrógeno, producto de las descargas domésticas e industriales que ingresaban a sus aguas a través de sus tributarios. De igual manera se establecieron proyectos para la construcción de colectores y plantas de tratamiento de aguas residuales que permitirían mitigar el efecto que presentaban estas descargas sobre las aguas del lago Los Tacariguas.

Para el año 1998 ya se encontraban en funcionamiento las tres plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en la cuenca del lago Los Tacariguas; La Mariposa y Los Guayos en el Estado Carabobo y Taguaguay en Santa Cruz Estado Aragua; así mismo se

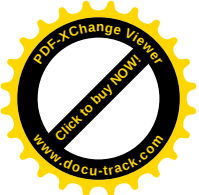


inició con la construcción de colectores a los márgenes de algunos de los ríos y canales industriales tributarios al lago; sin embargo las obras ejecutadas en este tiempo no lograron evitar la influencia negativa que las aguas residuales e industriales continuaban ejerciendo sobre las aguas del lago Los Tacariguas, es decir, las obras de ingeniería emprendidas en los años anteriores no correspondieron al crecimiento poblacional e industrial que presentó la cuenca del lago Los Tacariguas en lapso comprendido 1978-1998.

Es por ello que el año 2005 entra en vigencia el Decreto de Emergencia de la Cuenca del lago Los Tacariguas, creándose la Unidad Ejecutora de la Cuenca del Lago de Valencia (UEPLV), adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPAMB); los objetivos principales fueron: Controlar los niveles de Los Tacariguas; que para la fecha presentaba su nivel más alto (410,05 msnm) y el saneamiento de las aguas de Los Tacariguas y de sus ríos tributarios, durante estos años se logró el acondicionamiento de las plantas de aguas residuales domesticas de Los Guayos y La Mariposa, la construcción de colectores de aguas residuales domesticas a los márgenes de los ríos y estaciones de bombeos en los estados Aragua y Carabobo.

Entre los años 2011 y 2012 la cuenca de Los Tacariguas presentó los niveles más alto en su historia (412.80 y 413.10 msnm); sin embargo para la actualidad su cuota es de 412.20 msnm. Estudios de cuantificación de la calidad de las aguas llevados a cabo por la institución han determinado que el deterioro de las aguas del Lago Los Tacariguas es consecuencia principal de las descargas residuales domésticas e industriales, conllevando a un nivel de contaminación actual calificada de estado de alta eutroficación. El estado venezolano enmarcado en la políticas ambientales para la preservación del agua en el planeta y establecidas por la Organización de Naciones Unidas (ONU) para los años 2015-2030, a través del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, organismo que desde el año 2015 viene a ejercer las funciones de preservación ambiental que anteriormente realizaba el Ministerio del Ambiente, pretende desarrollar estudios de evaluación y actualización en términos de calidad de aguas de los principales fuentes de aguas del país con la finalidad de promover políticas de saneamiento que permitan cumplir con el objetivo antes mencionado.

El presente trabajo de investigación pretende evaluar el comportamiento histórico de materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ o DQO y nutrientes (fósforo total y nitrógeno



total) aportados por los ríos y canales industriales tributarios a Los Tacariguas, de esta manera se evaluarían las obras de saneamiento emprendidas hasta la actualidad por el proyecto de saneamiento del lago Los Tacariguas, además de conocer la situación actual de sus 21 tributarios entre ríos y canales industriales. Es necesario mencionar que este trabajo de investigación comprende igualmente describir el régimen hidrogeológico e identificar las fuentes generadoras de contaminación en términos de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas, de esta manera se podrán establecer futuros proyectos de ingeniería que permitan contribuir con el saneamiento de la cuenca del lago Los Tacariguas.

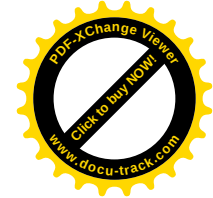
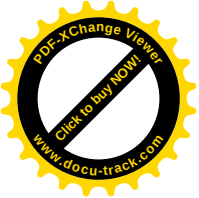
I.2 OBJETIVOS

I.2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento histórico de la materia orgánica y los nutrientes aportados por los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Describir el régimen hidrogeológico de los tributarios del lago Los Tacariguas.
- Analizar la situación ambiental actual de los tributarios al lago Los Tacariguas.
- Identificar las fuentes generadoras de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.
- Analizar la tendencia histórica de la materia orgánica en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.
- Analizar la tendencia histórica del nutriente fósforo total en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.
- Analizar la tendencia histórica del nutriente nitrógeno total en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas.
- Analizar la efectividad de las obras de saneamiento en el lago Los Tacariguas y de la aplicación de la normativa actual.

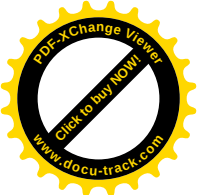


I.3 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Este trabajo de investigación surgió como parte del proyecto de saneamiento de la Cuenca del lago Los Tacariguas llevado a cabo por el estado venezolano desde el año 2005 por las autoridades ambientales del país, teniendo en cuenta la importancia que representa el lago Los Tacariguas como el principal reservorio de agua dulce para la región central, específicamente para los estados Carabobo y Aragua, es necesario por parte del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas la elaboración de un análisis que permita evaluar el comportamiento histórico en términos de materia orgánica y nutrientes aportados por las aguas de cada uno de los ríos y canales industriales tributarios al lago Los Tacariguas, con la finalidad determinar las principales fuentes generadoras de contaminación.

La situación actual de las aguas del lago Los Tacariguas es de un alto nivel de degradación, debido principalmente a que el lago resulta ser el receptor final de descargas de aguas residuales domésticas e industriales, las cuales son aportadas por los ríos y canales industriales tributarios. Como consecuencia el principal problema de contaminación que presenta es el proceso de eutroficación de sus aguas, llegando en la actualidad al estado de alta eutroficación, por lo que la recuperación del lago para la utilización de sus aguas, ya sea para riego, cría de peces, y espacio recreacional, depende principalmente de la eficiencia del conjunto de obras de saneamiento en ejecución y de los futuros proyectos a realizar, y del control de vertidos y demás actividades que degradan el agua. Debido a lo mencionado anteriormente, el Ministerio Ecosocialismo y Aguas como órgano regulador de los recursos naturales del país, consideró necesaria la realización de un estudio de investigación que permita conocer el comportamiento histórico del contenido de materia orgánica y nutrientes (Fósforo y nitrógeno) aportados por cada uno de los tributarios a lago Los Tacariguas.

El presente trabajo consideró datos e información histórica de parámetros $DBO_{5,20^{\circ}C}$ (Demanda Biológica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y nutrientes (Fósforo total y Nitrógeno total) para cada uno de los 21 tributarios al lago Los Tacariguas, igualmente en dicha investigación se utilizaron cálculos matemáticos básicos para el análisis de los datos, permitiendo de esta manera evaluar en el tiempo la efectividad de las medidas de saneamiento que se están implementando en la cuenca, así como plantear nuevas alternativas y propuestas que contribuyan al saneamiento de la cuenca del lago Los Tacariguas.



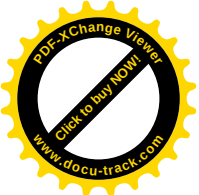
Es necesario mencionar que dicha institución tiene como objetivo fundamental con este trabajo, dar respuesta a la comunidad de la condición actual de la red hidrológica del lago Los Tacariguas y evaluar el avance de las obras en el saneamiento en la cuenca, propuesta enmarcada en el plan de preservación y saneamiento de las fuentes de aguas 2015-2030. De igual manera la Universidad de Carabobo a través de la unidad de estudios de postgrado de la facultad de Ingeniería, se encargó de la orientación del autor de la investigación, específicamente en la discusión y análisis de los resultados obtenidos, con la finalidad de presentar un informe de propuesta final acorde a las normativas de investigación que establece dicha casa de estudio.

I.4 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló a partir de datos e información histórica de calidad de agua específicamente materia orgánica en términos de ($DBO_{5,20^{\circ}C}$ y DQO), Fósforo Total y Nitrógeno Total de cada uno de los 21 tributarios entre ríos y canales industriales que constituye la red hidrográfica de la cuenca del lago Los Tacariguas. Los parámetros seleccionados se consideraron debido a que están establecidos como parámetros de control en el Decreto 3219 sobre “*Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*”; igualmente es importante señalar que parámetros como oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y coliformes fecales y totales, serán considerados de referencia para el análisis actual de los ríos tributarios del lago Los Tacariguas durante esta investigación.

La información de los datos y resultados históricos para cada río en estudio, fue suministrada a partir de la base de datos que se encuentra resguardado en el Laboratorio de Calidad Ambiental Dirección Aragua, del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas, lo que conlleva a limitar la investigación a los años en que dicha institución llevó a cabo las actividades de muestreo, obteniéndose resultados principalmente desde los 1997 y 1998 hasta la actualidad.

De igual manera es necesario mencionar que los datos de muestreos suministrados corresponden a puntos cercanos a las desembocaduras de cada río y canal industrial, de esta

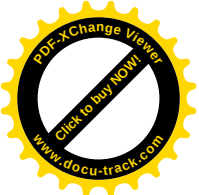


manera se considera el aporte final de cada tributario. En tabla N° 1 se dan a conocer el nombre de los ríos y canales industriales tributarios al lago Los Tacariguas que fueron estudiados en el presente trabajo de investigación.

Tabla N° 1: Ríos Tributarios del lago Los Tacariguas en estudio.

ARAGUA	CARABOBO
<i>Rio Limón</i>	<i>Rio Mariara</i>
<i>Rio Guey</i>	<i>Rio Cura</i>
<i>Rio Maracay</i>	<i>Rio Ereigue</i>
<i>Rio Turmero</i>	<i>Rio Guacara</i>
<i>Rio Aragua</i>	<i>Caño El Nepe</i>
<i>Caño Aparo</i>	<i>Caño Los Dividives</i>
<i>Rio Tocarón</i>	<i>Rio Los Guayos</i>
<i>Rio Magdalena</i>	<i>Caño La Negra</i>
<i>Canal Corpoindustria</i>	<i>Caño Central</i>
<i>Canal Papelera</i>	<i>Rio Guigue</i>
<i>Canal Sudantex</i>	

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental MINEA-ARAGUA, 2015.



CAPITULO II

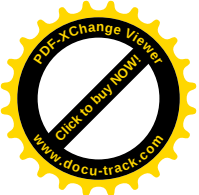
MARCO TEÓRICO

II.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La afectación de cuerpos de agua como lagos y embalses a consecuencia de los aportes de contaminantes a través de sus ríos tributarios, es uno de los principales problemas ambientales que afectan a las grandes ciudades del mundo. El crecimiento poblacional e industrial, así como el mal manejo en la disposición de las aguas residuales han sido los principales factores en la contaminación de los ríos en las grandes ciudades. La incorporación de agentes contaminantes afectan las condiciones físico-químicas y bacteriológicas propia de cada río, originando un aumento de materia orgánica y de nutrientes (Fósforo y Nitrógeno), metales pesados, sólidos totales entre otros.

Un estudio realizado en Brasil en 2010 y publicado a través de la web en la revista técnico ambiental “*Teorema ambiental*” con fecha de Enero 2011, logró determinar que los ríos de las principales ciudades de este país, se encuentran cada día más contaminados. El estudio fue llevado a cabo por SOS Atlántica, una organización no gubernamental que analizó la calidad del agua de numerosos manantiales en doce estados incluyendo el distrito de Brasilia. Es necesario mencionar que SOS utilizó parámetros indicadores de contaminación como bacterias fecales, oxígeno disueltos, materia orgánica, nutrientes y análisis físico-químicos.

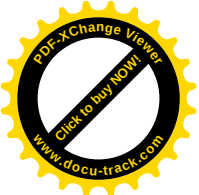
En Venezuela un estudio publicado en la revista INTERCIENCIA, VOL 34. N° 5 con fecha de 29 de Mayo de 2009, y titulado “Nitrógeno y Fósforo Totales de los ríos tributarios al sistema del Lago de Maracaibo”, determinó que el promedio de nitrógeno y fósforo totales de los ríos que drenan al lago fue 1,20 y 0,84 mg/L, respectivamente, contribuyendo significativamente con el proceso de eutroficación de las aguas del lago. Así mismo, la expansión de las fronteras agrícolas ha provocado deforestación, erosión y contaminación, afectando el paisaje y la disponibilidad de agua, y produciendo un aumento de los nutrientes en el Lago de Maracaibo. Es necesario mencionar que en este trabajo de investigación se utilizaron data histórica del aporte propio de cada tributario, por lo que será de gran utilidad para este trabajo que se plantea desarrollar en materia de análisis estadístico e interpretación de resultados.



La evaluación ambiental de la cuenca del lago Los Tacariguas ha sido materia de prioridad para los ambientalistas que hacen vida en la región central del país; dado al deterioro de la calidad de las aguas del lago y de sus tributarios. Sin embargo, debido a la carencia de antecedentes referidos específicamente a la calidad de agua de cada uno de los tributarios del Lago de Valencia, se hará mención a investigaciones llevadas a cabo por el Laboratorio de calidad Ambiental del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas (MINEA). En el año 2004 el laboratorio de calidad ambiental Aragua realizó un estudio de los tributarios del lago Los Tacariguas titulado “Situación actual de la calidad del agua de la Cuenca del lago de Valencia” (MARN, 2004); en dicho estudio se concluye que el principal agente de contaminación de las aguas del lago Los Tacariguas, son las descargas residuales de origen domésticas e industrial que eran incorporadas al lago a través de la red de ríos y canales industriales tributarios. Igualmente los valores promedio de carga másica vertidas al lago en términos de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$, Nitrógeno Total y Fósforo Total; lograron superar los valores límites establecidos en el decreto 3219 en el lapso comprendido de 1997-2003.

Igualmente en el informe se concluye que la red de tributarios tienen poco caudal en el rango de $(0,1 - 3,0 \text{ m}^3/\text{s})$, y en su mayoría son mantenidos por el aporte constante de fuentes puntuales, siendo el aporte total de los 21 tributarios que vierten sus aguas al lago, de aproximadamente $9 \text{ m}^3/\text{s}$ en época seca y $13 \text{ m}^3/\text{s}$ en época de lluvia. De igual modo da a conocer que el mayor aporte en termino de materia orgánica hasta el año 1999, viene dado por el Estado Carabobo siendo el río Los Guayos el que mayor aporte proporciona; sin embargo esta situación es revertida a partir del año 2000, atribuyéndose tal situación a la puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Guayos. Es necesario mencionar que este trabajo de investigación es de gran importancia para el estudio que se plantea desarrollar, ya que podría considerarse que refleja la situación actual de la red hidrográfica de la cuenca del lago Los Tacariguas antes que se decretará la emergencia ambiental de la cuenca en el 2005.

En el año 1990 el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN, 1990); realizó un estudio titulado “Análisis de Calidad de las Aguas en los ríos tributarios al lago Los Tacariguas Periodo (1971-1988)”. Los resultados obtenidos demostraron que los ríos Guey y Los Guayos aportaban la mayor carga de materias orgánicas y nutrientes, de igual manera se demostró que para dichos parámetros las concentraciones determinadas sobrepasaron los



límites permisibles por los reglamentos vigentes por el MARN. Este trabajo de investigación es de gran aporte al estudio que se plantea desarrollar, ya que aporta datos e información histórica vital durante la década de los 70 y 80.

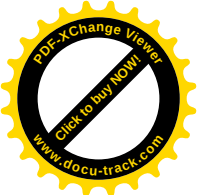
En el trabajo de investigación titulado “Estudio Hidrogeológico Preliminar de la Cuenca del Lago de Valencia” (MARN, 1983), se detallan las características generales de la cuenca del lago Los Tacariguas, específicamente la geología, litología y niveles de agua subterráneas entre otras. La información suministrada de esta investigación será utilizada para la comparación de las características hidrogeológicas que se determinen en la actualidad con el desarrollo de esta investigación.

II.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

II.2.1 Descripción del Área de Estudio

La Cuenca del lago Los Tacariguas se localiza en la parte centro-norte del país, ocupando parte de los estados Aragua y Carabobo. Con una superficie de 3.140 km², de los cuales 375 Km² corresponde al espejo de agua del lago y 12 km² a los embalses Suata y Taiguaiguay. Limitada por el Norte con la Cuenca del Mar Caribe, por el Sur con las Cuencas de los ríos Guárico y Pao, por el Este con la Cuenca del río Tuy y por el Oeste por la Cuenca del río Pao. La cuenca ocupa una depresión formada por el hundimiento de la corteza terrestre de las formaciones montañosas del Litoral y del Interior de la Cordillera de la Costa, lo que dio origen a una fosa tectónica por acción de la falla de la Victoria, conocida con el nombre de "Graben de Valencia". La depresión se ha llenado en parte con sedimentos del Pleistoceno y Holoceno. El sistema de drenaje de la cuenca se formó antes de que las montañas costeras se elevaran y antes de la formación de la depresión, y se sospecha que una red completa de los cauces originales de los ríos se esconde debajo del lago y de los sedimentos depositados (Apmann, 1979).

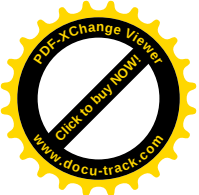
El clima en la cuenca, es de notable diversidad físico-natural, determinando la presencia de varios pisos bioclimáticos, los cuales van desde el tropical seco en la depresión del lago, hasta el tropical húmedo en las áreas montañosas. La humedad está influenciada por los vientos alisios que penetran por el norte y los vientos llaneros que incursionan por el sur.



La temperatura media anual en el área plana de la cuenca varía entre 24,5 °C y 27 °C, la media mensual al final del período seco es de 33,4 °C, mientras que en el área de la montaña la temperatura media anual 14-15 °C. La precipitación media anual de la cuenca alcanza entre los 1.000 mm y 1.800 mm en las áreas de montaña, mientras que en la depresión del lago Los Tacariguas oscila entre 900 mm y 1.300 mm aproximadamente. La evaporación anual promedio estimada en la cuenca es entre 900 y 2.000 mm, los meses de febrero a mayo son los de valores más altos de evaporación. La época seca comprende de noviembre a abril, mientras que la época de lluvia es de mayo a octubre. (MARNR, 1991- ATLAS, 1998).

El área de la cuenca comprende tierras agropecuarias, residenciales e industriales, con áreas deforestadas para cultivos, ganadería, urbanizaciones, barrios y zonas industriales, ocupando el área de pie de monte de ambas serranías y la llanura y valles alrededor del lago, desde los 400 hasta algo más de 500 metros de altitud. Sin embargo, una gran extensión al norte se encuentra protegida por los Parques Nacionales Henri Pittier y San Esteban. En el sector agrícola, se ha producido en los últimos años una disminución del espacio destinado a este uso, debido principalmente al crecimiento de los niveles del lago, no obstante aún se concentran en las cercanías del lago y en la parte montañosa. Sin embargo, algunos sistemas agrícolas han mantenido la misma ocupación del espacio por largos años, como las plantaciones de caña de azúcar, conucos y ganadería. Los suelos de la zona plana de la cuenca tienen un alto potencial agropecuario, alrededor del lago se localizan los suelos lacustrinos, correspondientes a los órdenes Entisoles y Molisoles. Para el resto de la parte plana predominan los Inceptisoles y Vertisoles.

Las actividades económicas de mayor desarrollo en la cuenca en orden de importancia son: industriales, servicios y agrícola. La actividad industrial se encuentra concentrada en la cuenca específicamente en la zona industrial de Valencia; sin embargo en San Joaquín, Guácara, Mariara por estado Carabobo y San Vicente por el Estado Aragua se han caracterizado en los últimos años, por un crecimiento industrial importante. Este sector presenta un perfil industrial bastante completo, en donde casi todas las ramas industriales están representadas, alimentos, productos farmacéuticos, ensamblaje de vehículos, entre otras.

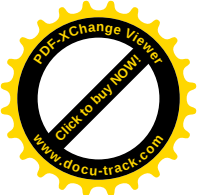


II.2.2 Problemas Ambientales en la Cuenca del lago Los Tacariguas

Las actividades que se desarrollan en la cuenca demandan y consumen gran cantidad de recursos naturales en términos de agua, suelo, recursos forestales, mineros, energéticos, por señalar algunos de uso primario. Sin embargo, en el procesamiento, consumo y acumulación de estos insumos naturales, para la producción de bienes y servicios se han ido generando problemas ambientales, lo que ha motivado que esta región fuera sometida primeramente a un régimen de administración especial o de manejo, por la promulgación de decreto en septiembre de 1979, en la que se declara Área Crítica con Prioridad de Tratamiento la Cuenca del lago Los Tacariguas, y posteriormente en el año 2005 igualmente por decreto se procedió a la conformación de la unidad Ejecutora de la cuenca del Lago de Valencia (UEPLV). Entre los principales problemas ambientales están: contaminación por fuentes puntuales y no puntuales y el aumento de los niveles del lago Los Tacariguas.

Fuentes Puntuales: Una de las principales fuentes de contaminación en la cuenca del lago Los Tacariguas son las descargas puntuales hacia los ríos y canales afluentes al lago, generados por las distintas poblaciones y actividades industriales, siendo el lago Los Tacariguas el receptor final de estas descargas. En el aporte de contaminación por las descargas por fuentes puntuales, se observa un predominio de efluentes domésticos, debido al aumento de población en la cuenca, luego le sigue la contribución por la actividad industrial (Convenio MARN-JICA, 2000).

Fuentes no Puntuales: En la agricultura intensiva se utilizan fertilizantes y plaguicidas para lograr una mejor calidad de los productos y mayor rendimiento, esto trae como consecuencia que se originen desechos que se depositan en el suelo, llegando a los cuerpos receptores de agua por escorrentía o descargas de fuentes no puntuales, principalmente en época de lluvia. En la cuenca existen sembradíos cercanos al lago de rubros tales como: caña de azúcar, maíz, tomates, caraotas, papas, frutales, etc. En el trabajo realizado por el MARNR (1995a), “Estudio Sobre el Control de la Contaminación de Origen Agrícola en la Cuenca del lago Los Tacariguas”, se concluye que las actividades agrícolas realizadas en la cuenca no contribuyen de una manera significativa a incrementar la contaminación actual por causa de fertilizantes y plaguicidas, en lo que a aguas y sedimentos se refiere (Convenio MARN-JICA, 2000).

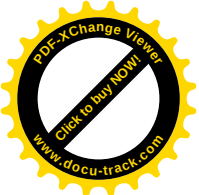


Aumento de los Niveles del lago Los Tacariguas: A partir del decreto de emergencia firmado en el año 2005, la UEPLV procedió controlar los niveles del lago realizando entre otras obras; el desvió del río Cabriales desde el lago Los Tacariguas a su cuenca original del río Pao, la extracción de agua del lago a través de dos sistemas de bombeo, una ubicada en Los Guayos donde se bombeaba en el año 2010 aproximadamente 5000 L/seg hacia la cuenca del río Pao, y la otra ubicada en el embalse de Taguaiguay en donde se bombeaba 2150 L/seg hacia los valles de Tucutunemo para las actividades agrícolas propias de la región. Sin embargo, en la actualidad estos trasvases de agua se han reducidos a su mínima capacidad producto de las temporadas de sequía. Es necesario mencionar que centros urbanos del sur de Maracay se encuentran afectados desde finales del año 2004 por los elevados niveles del lago; es de mencionar que la cuota actual para octubre del 2015 es de (412, 23 msnm, UEPLV-MINEA).

II.2.3 Descripción de Análisis de Calidad de agua

Para la descripción de términos de calidad de agua, se hará mención únicamente a los análisis a desarrollar durante la investigación; materia orgánica en términos de (DQO y $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$), y nitrógeno total y fósforo total; el análisis microbiológico será utilizado como referencia para indicar la presencia de descargas de origen domésticos en los cuerpos de aguas, y se limitará a los parámetros coliforme fecales y totales. Es necesario mencionar que la evaluación de estos parámetros, son considerados esenciales en la evaluación de un cuerpo de agua, ya que son indicadores de contaminación.

Grupo Nitrógeno: Los compuestos del nitrógeno son de gran interés para los ingenieros ambientales debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales. La química del nitrógeno es compleja debido a los varios estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho que los cambios en las valencias pueden ser efectuados por organismos vivos. Para añadir aún más interés, los cambios de valencias efectuados por las bacterias pueden ser positivos o negativos, según las condiciones sean aerobias o anaerobias. Las especies de mayor interés son: Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno de nitritos, Nitrógeno de nitratos y Nitrógeno orgánico. Es de gran importancia la cuantificación de nitrógeno en un cuerpo de agua ya que permite determinar la cantidad de nutrientes aportados por este elemento; además de afectar su calidad a través del proceso de eutroficación y por

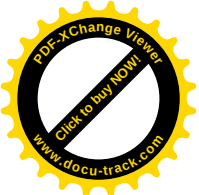


consiguiente a la biota existente en el cuerpo de agua y al ser humano si utiliza la fuente de agua para el uso, ya sea recreacional, contacto e inclusive consumo (Romero, R.J.1999).

Grupo Fósforo: El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de las plantas y animales; actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. El uso de detergentes, los cuales contienen grandes cantidades de fósforo, ha aumentado el contenido de fosfato en el agua residual doméstica y contribuye al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras. En algunos casos de suministros de agua se utilizan polifosfatos como medio de control de corrosión. En las aguas subterráneas de bajo contenido de fosfato se han utilizado éstos como trazadores, pues se requieren solamente pequeñas cantidades para dichos ensayos (Romero, R.J.1999).

El fósforo existe en aguas en varias formas ó especies; dichas formas se han calificado de distintas maneras, de acuerdo con los métodos de su determinación, lo cual ha contribuido a crear confusión sobre la terminología al respecto. Las formas de importancia del fósforo en aguas son las siguientes: Ortofosfatos; polifosfatos: pirofosfatos, tripolifosfatos y metafosfato; y fosfatos orgánicos. La forma de ortofosfatos predominante depende del pH; en aguas domésticas es el HPO_4^{2-} . Los polifosfatos pueden interpretarse como polímeros de ácido fosfórico a los cuales se les ha removido el agua. Todos los polifosfatos gradualmente se hidrolizan y dan como resultados ortofosfatos, es decir que vuelven a convertirse en los ortofosfato de donde provienen. La química de los compuestos orgánicos de fósforo es muy compleja; se sabe que su descomposición conduce a ortofosfato (Romero, R.J.1999).

Materia Orgánica: Por contaminación, en sentido general, se entiende un alejamiento del estado puro de una sustancia, es decir, un desplazamiento de las características de composición de un elemento con respecto a unas tomadas como referencia. Con relación al caso del agua, su contaminación es el resultado de las actividades humanas en ella que se integran en el ciclo hidrológico. La contaminación del agua, entonces, sería, la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen poco apta para los usos pretendidos.



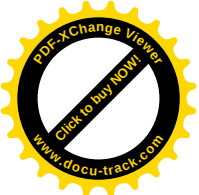
Los principales contaminantes del agua son: aguas residuales, agentes infecciosos, nutrientes vegetales, productos químicos, petróleo, minerales inorgánicos, compuestos químicos, sedimentos formados por las partículas del suelo y arrastrados, sustancias radiactivas y el calor. La composición de las aguas residuales se determina a través de diversas mediciones físicas, químicas y biológicas (microbiológicas); y comparando los valores obtenidos con los que determina la normativa vigente. Las medidas más comunes incluyen la determinación de materia orgánica son; la Demanda Biológica de Oxígeno $DBO_{5,20^{\circ}C}$ y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). (Romero, R.J.1999).

La demanda química oxígeno (DQO), es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación del DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que la $DBO_{5,20^{\circ}C}$, y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico (Romero, R.J.1999).

Con respecto a la demanda biológica de oxígeno $DBO_{5,20^{\circ}C}$, el método consiste en determinar el contenido orgánico en una muestra líquida mediante el consumo de oxígeno a través de microorganismos; se utiliza a través de la siembra de estos microorganismos utilizando alícuotas variables de muestras de aguas y completadas a un volumen específico con aguas de dilución saturada de oxígeno. El método tiene como desventaja que su resultado se obtiene a los cinco días de su siembra o incubación, es un parámetro representativo en muestras en donde se presume impacto por descargas de aguas residuales o en sistemas de tratamiento con unidades biológicas (Romero, R.J.1999).

II.3 MARCO LEGAL

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se procedió a considerar los fundamentos legales establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, leyes en materia de la preservación ambiental y normativas ambientales aplicables en la región y destinadas a la preservación de los cuerpos de agua. Igualmente es necesario



mencionar que el Decreto 3219 referido a las “*Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*”, permitió realizar comparaciones desde el punto de vista de la clasificación de las aguas de los ríos en estudio y de los máximos permisibles para cargas másicas de materia orgánica y nutrientes (fósforo y nitrógeno). A continuación se menciona los basamentos legales consultados en el presente trabajo de investigación.

- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA Año 1999.

Referido al TÍTULO III DE LOS DERECHOS HUMANOS Y GARANTIAS, Y DE LOS DEBERES, específicamente el capítulo IX (De los Derechos Ambientales), en los artículos 127 y 128.

- LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE Gaceta Oficial N 5833 Año 2006.

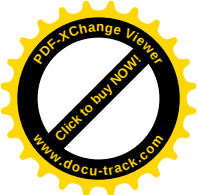
Referido al TÍTULO VI: DE LA INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN AMBIENTAL, específicamente el artículo 75, en donde se establece la Orientación, fomento y estímulo de estudios e investigaciones con fines de información. De igual manera el TÍTULO VII: CONTROL AMBIENTAL, específicamente el artículo 79, en donde se establece el desarrollo de programas y proyectos para la medición y control de la calidad ambiental.

- LEY DE AGUAS Gaceta Oficial N 35595 Año 2007.

Referido al TÍTULO III: DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LOS POSIBLES EFECTOS NEGATIVOS DE LAS AGUAS SOBRE LA POBLACION Y SUS BIENES, específicamente el artículo 14, en donde se establece las medidas para la prevención y control. De igual manera el TÍTULO IV: DE LAS REGIONES Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS E HIDROGEOLÓGICAS, específicamente el artículo N 18, referido al manejo de aguas y conservación de cuencas.

- NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA Decreto 3219. Gaceta Oficial N 5305. Año 1999.

Referido al CAPÍTULO II DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA, específicamente el artículo 7, en donde se da a conocer la clasificación de las aguas según su potencial de uso de la red hidrográfica de la cuenca del Lago de Valencia.



CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

III.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACION

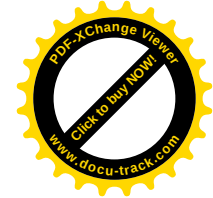
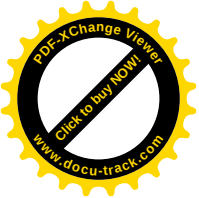
El diseño de investigación llevada a cabo fue de campo, ya que consistió en la recolección de datos comprendidos entre el año 1997 y 2015 directamente de los ríos ó canales industriales tributarios al Lago de Valencia, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtuvo la información pero no altero las condiciones existentes, por lo que se considera de carácter no experimental. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. En la investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Sampieri, 1991).

En cuanto al nivel, la investigación fue de tipo documental, ya que tuvo como objetivo principal el análisis de diferentes fenómenos utilizando técnicas muy precisas de la documentación existente, que directa o indirectamente, aportaron información al estudio que se desarrolló. Es necesario mencionar que la recopilación adecuada de los datos llevada a cabo a través de esta investigación documental, permitirá sugerir alternativas a problemas actualmente existentes y orientar estudios hacia otras fuentes de investigación.

III.2 FASES DE INVESTIGACIÓN.

III.2.1 Revisión Bibliográfica:

Esta fase de la investigación se llevó a cabo principalmente revisando los estudios e investigaciones dirigidas por el anterior Ministerio del Ambiente en la cuenca del lago Los Tacariguas durante los años comprendidos entre 1980 y 1990. Se obtuvieron informaciones referidas a los ríos tributarios, específicamente a su ubicación, condiciones de la zona de análisis, clasificación y potencial uso de sus aguas; de igual manera se recopiló información con respecto a investigaciones utilizando indicadores de calidad de aguas en ríos en



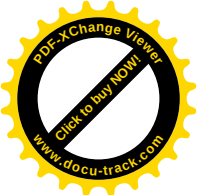
Latinoamérica, en donde se reflejan afectación debido a elevadas concentraciones de materia orgánica y nutrientes.

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se procedió a la recopilación de resultados históricos de calidad físico-química de las aguas de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas, los resultados mayormente obtenidos comprende periodos desde finales de los años 1990, específicamente los años 1997-1998, los años comprendidos entre 2000 al 2015. Los resultados fueron suministrados por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, específicamente el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Dirección Estatal Aragua, el cual es responsable de la planificación y desarrollo de las actividades de muestreo en la cuenca del Lago de Valencia.

Los resultados en términos de Fosforo total y Nitrógeno total, así como de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ y DQO vienen reflejados en concentraciones de mg/L, igualmente se consideraron la medición de los caudales (Q en L/s) para cada río, parámetro necesario para la determinación de las cargas máscas y comparaciones posteriores con la normativa legal vigente. No fue objetivo de este trabajo de investigación la utilización de parámetros como cloruros, sulfatos, aceites y grasas, sólidos, entre otros; dado que estos parámetros solo están contemplados en la base legal como referencia para descargas a cuerpos de agua y red cloacal, y en el presente trabajo se analiza la condición actual directamente de los cuerpos de agua. Sin embargo los parámetros Coliformes tanto Fecales como Totales, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto fueron utilizados como indicadores de calidad de aguas y de las condiciones actuales por afectación directa de fuentes puntuales y no puntuales en los ríos tributarios.

Con respecto a la revisión histórica de los proyectos propuestos para el saneamiento de la Cuenca del lago Los Tacariguas, es necesario mencionar que se revisaron los proyectos macro de ejecución de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como la puesta en marcha del plan de ubicación de colectores ubicados en los márgenes de algunos ríos tributarios al lago, específicamente los ríos Guácara y Los Guayos en el Estado Carabobo y los ríos Turmero y Guey en el estado Aragua durante los años 1995 y 2005 respectivamente.

De igual manera es necesario mencionar que en la actualidad el proyecto de saneamiento del lago Los Tacariguas es llevado por una Unidad Ejecutora adscrita al



Ministerio de Ecosocialismo y Aguas a través de la empresa Hidrocentro, la cual nos facilitó información desde el año 2007. Los trabajos de ingeniería han estado direccionados principalmente a controlar los niveles de crecimiento de las aguas del lago, a través de estaciones de bombeos y muro de contención en la zona sur de Maracay en el Estado Aragua. Para este año 2015 los proyectos de mejoras en el área de la ingeniería van direccionados a acondicionar las unidades de operación de las plantas de tratamiento residuales en la región, específicamente la planta de tratamiento Taguaiguay en el Estado Aragua.

III.2.2 Estudio de Campo:

Se procedió a realizar visitas de campo en los 21 ríos tributarios a la cuenca del lago Los Tacariguas, durante la actividad de campo se procedió a identificar las características de las zonas en estudio, toma de coordenadas geográficas, ubicación de fuentes generadoras de efluentes industriales y residuales, y toma de muestras para la actualización de la base de datos de la Calidad de los tributarios al lago Los Tacariguas. En la Tabla N° 2 se resume las direcciones y coordenadas geográficas de los puntos de muestreos utilizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental para el análisis físico-químico y bacteriológico de los tributarios al lago Los Tacariguas, igualmente en la figura N 1 se resume los puntos de muestreos en estudio, así como los centros poblados y zonas industriales con influencia en la red hidrográfica de ríos tributarios al lago Los Tacariguas.

a) Muestreo y Preservación: Para el desarrollo de la actividad de muestreo se procedió al recorrido de inspección técnica de los cuerpos de agua en estudio, identificando las posibles fuentes generadoras de contaminación, así como la cuantificación del caudal para cada río tributario al lago Los Tacarigua en los años de estudios, la medición de caudal es de gran importancia para la posterior cuantificación de las cargas másicas. Durante los años en estudio se realizó In Situ, los métodos que se emplean para aforar el agua están basados en la determinación del área de la sección transversal y la velocidad, para ello se utiliza la formula siguiente:

$$Q = A * v \quad (1)$$

Dónde: **Q:** Caudal ó Gasto (m³/s)

A: Área de la Sección Transversal (m²)

v: Velocidad Media del Agua en el punto (m/S).

Con respecto a la cuantificación de Caudal Q está basada en la metodología establecida en Manual Básico para Medir Caudales del Fondo para la Protección del Agua FONAG (Rojas O., 2006).

Tabla N 2: Ubicación de las Áreas de Monitoreo de los Ríos Tributarios al lago Los Tacariguas.

Estado	Cuerpo de agua superficial	Ubicación (Dirección)	Coordenadas Geográficas (UTM)
Aragua	Río Limón	Intersección Carretera Maracay – Mariara. Base Aérea Boca de Río. Puente CAVIM.	N: 1.134.095 E: 649.781
	Río Güey	Barrio Brisas del Lago. Calle San José. Ciudad de Maracay.	N: 1.131.256 E: 651.235
	Río Maracay	Calle El Canal. Parapara II. Ciudad de Maracay.	N: 1.128.750 E: 655.250
	Río Turmero	Sector I. Intersección Libertador-Daniel Sacarías. Parapara. Ciudad de Maracay.	N: 1.128.133 E: 654.838
	Río Aragua	Hacienda San Miguel. Carretera Nacional Magdaleno – Maracay.	N: 1.124.613 E: 654.101
	Caño Aparo	Háras Punta Larga. Carretera Nacional Magdaleno – Maracay. Sector La Huérfana.	N: 1.121.823 E: 655.711
	Río Tocarón	Hacienda Santa Lucía. Carretera Nacional Magdaleno – Maracay.	N: 1.120.024 E: 653.556
	Quebrada Magdaleno	Carretera Nacional Magdaleno – Maracay. Sector Las Brisas.	N: 1.117.383 E: 652.534
	Canal Corpoiindustria	Zona Industrial San Vicente. Final Calle G. Ciudad de Maracay.	N: 1.131.527 E: 649.744
	Canal Papelera	Zona Industrial. Las Vegas I. Campo Alegre. Calle Matías. Ciudad de Maracay.	N: 1.130.196 E: 653.071
	Canal Sudamtex	Puente 13 de Enero-Barrio Aquiles Nazoa. Ciudad de Maracay.	N: 1.130.600 E: 653.734
Carabobo	Río Güigüe	Asentamiento La Linda, sector Baldepino.	N: 1.116.369 E: 633.921
	Caño Central	Puente. Sector Pirital. Sector Caño Central.	N: 1.116.238 E: 621.088
	Caño La Negra	Sector Samán Mocho. 400 metros del puente Caño La Negra.	N: 1.119.511 E: 621.219
	Río Los Guayos	Asentamiento Campesino Parapara-Los Guayos	N: 1.122.916 E: 621.612
	Caño Los Dividives	Sector El Roble, entrando por Urb. Parapara	N: 1.123.833 E: 622.833
	Caño El Nepe	Asentamiento Campesino La Laguna, Sector La Aragüita.	N: 1.125.181 E: 623.308
	Río Guacara	Finca Chaguarama. Sector Moncudo.	N: 1.128.285 E: 624.623
	Río Cura	Carretera Nacional San Joaquín – Mariara. Sector El Cura.	N: 1.137.583 E: 635.623
	Río Ereigue	Puente Ereigue San Joaquín	N: 1.134.440 E: 630.909
	Río Mariara	Barrio Los Jardines, Final calle La Manga. Mariara	N: 1.137.321 E: 640.463

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental MINEA-ARAGUA, 2015.



22

Cálculo del Área

Se calcula el área de la sección transversal del río a medir, a través del siguiente procedimiento:

- La sección transversal del río en donde se va a realizar el aforo se divide en varias subsecciones, como se observa en la figura 2:

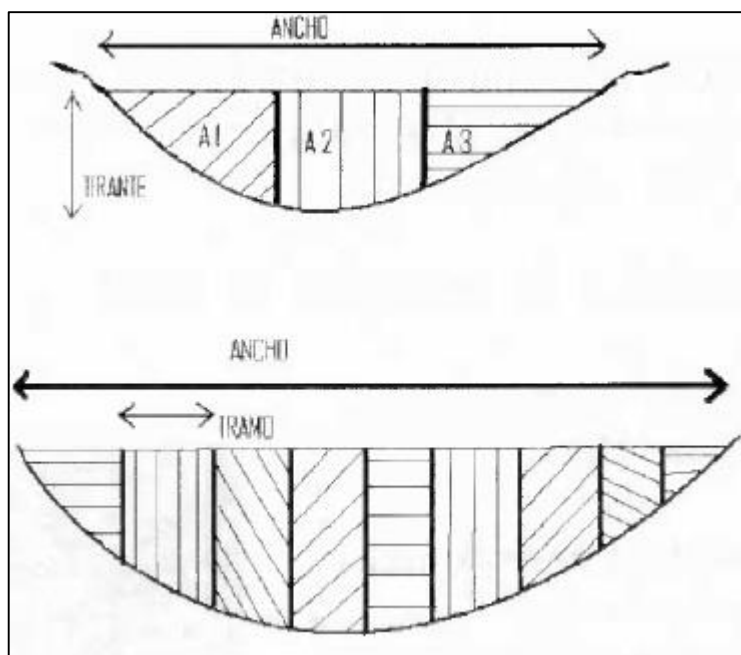


Figura 2. Representación de las secciones transversales utilizadas para el cálculo de áreas en la medición de caudales. **Fuente:** (Rojas O., 2006).

El número de subsecciones depende del caudal estimado que podría pasar por la sección. Cada subsección, no debería pasar más del 10% del caudal estimado. Otro criterio es que, en cauces grandes el número de subsecciones no debe ser menor a 20.

El ancho superior de la sección transversal (superficie libre del agua) se divide en tramos iguales, cuya longitud es igual al ancho superior de la sección transversal dividido por el número de secciones calculadas (ver Figura3).

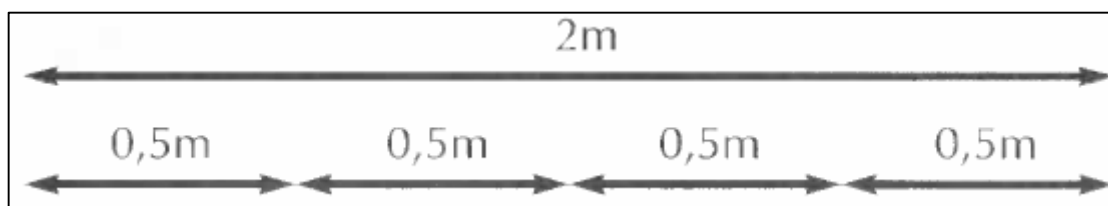
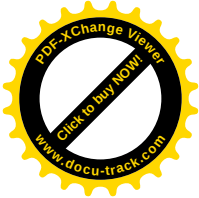
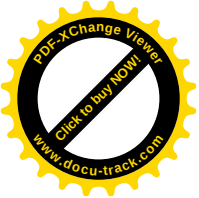


Figura 3. Representación de los tramos de una sección transversales utilizadas para el cálculo de áreas en la medición de caudales. **Fuente:** (Rojas O., 2006).



El área (A) en cada subsección se calculará fácilmente considerándola como un paralelogramo cuya base (ancho del tramo, ant) se multiplica por el promedio de los tirantes (T) que delimitan dicha subsección.

$$T1 + T2/2 = T \quad (2)$$

$$A = (T1+T2)/2 * ant. \quad (3)$$

Luego para determinar el área de la sección transversal (AT), se suman las áreas obtenidas en cada subsección.

$$A1 + A2 + A3 + A4 + An = AT \quad (4)$$

Cálculo de la Velocidad

Para el cálculo de la velocidad se utiliza el Método de Correntómetro, el cual consiste en medir la velocidad en un punto de masa de agua a través de un instrumento llamado correntómetro. Existen varios tipos de correntómetros, los de hélice pequeña y de hélice grande dependiendo del caudal a medirse. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad, sabiendo el número de hélice por segundos. (Rojas O., 2006).

Estos correntómetros se calibran en laboratorios de hidráulicas, una fórmula de calibración es la siguiente:

$$V = an + b \quad (5)$$

Dónde:

V= Velocidad del agua m/s

n = Numero de Vueltas de helice por segundos.

a = Paso real de la hélice en metros.

b = Velocidad de frotamiento en m/seg.s.

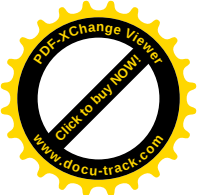
Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se debe en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos, a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua.

Durante el la actividad de inspección técnica se procedió a realizar la toma de muestra para su posterior análisis en el laboratorio de Calidad Ambiental Aragua, la metodología utilizada para la recolección de la muestras son las establecidas en las Normas Venezolanas COVENIN de Numero 2709 del año 2002, tituladas “Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Guía para las Técnicas de Muestreo. De igual manera se logró realizar la cuantificación de parámetros In Situ como pH, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto, para ello se utilizó una serie de equipos multi parámetros que cuantifican en el lugar de muestreo de cuerpo de agua, los parámetros mencionados anteriormente, ver Apéndices A.

Las muestras se captaron y preservaron siguiendo los procedimientos descritos en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, American Public Health Association, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th Edition, Washington, DC. Bauer, S. B., and T.A. Burton, 2005). A continuación en la Tabla N° 3, se indica el tipo de envase y la preservación para cada parámetro determinados en las muestras de agua captadas para su posterior análisis en el Laboratorio de Calidad Ambiental Aragua.

Tabla N 3: Metodología utilizada por el Laboratorio de calidad Ambiental para la preservación de muestras y posterior Análisis de Parámetros Físicoquímico y Bacteriológico.

Parámetros	Envase	Volumen (ml)	Preservación	Periodo Máximo recomendado para análisis
Demanda química de oxígeno (DQO), Nitrógeno total (NT) y Fósforo total (PT).	Plástico Lavada con HCL 1:1	250	H ₂ SO ₄ pH < 2 Refrigerar	7/28 días
Alcalinidad, Dureza total, Dureza calcica, Calcio Magnesio, Sulfato (SO ₄ ²⁻), Cloruro (Cl ⁻), pH, Sólidos totales, Sólidos suspendidos totales (SST), Sólidos disueltos totales (SDT) y Turbiedad.	Plástico	1.000	Refrigerar 4°C	7/14 días Turbidez (24 h)
Fósforo total disuelto (PTD), Orto-fosfato, Nitrato (NO ₃ ⁻), Nitrito (NO ₂ ⁻) y NH ₄ ⁺ .	Plástico Lavada con HCL 1:1	500	Congelado	48 horas/7 días
Clorofila “a”	Plástico	1.000	Material filtrado se congela	30 días
Coliformes Totales y Fecales	Vidrio Esterilizado	100	Refrigerar 4°C	6 h/inmediato
Aceites y Grasas	Vidrio Boca Ancha	1.000	H ₂ SO ₄ pH < 2 Refrigerar	28 días
Detergentes	Vidrio Lavado con HCL 1:1	500	Refrigerar 4°C	7 días
Plaguicidas organoclorados	Vidrio ámbar Lavado con HCL 1:1 y Acetona y Hexano	1.000	Refrigerar 4°C	Extracción inmediata. 30 días después de extracción
Sulfuro	Plástica	250	4 gotas Acetato de Zinc 2N NaOH hasta pH >9	Inmediato
Metales	Plástico Lavado con HNO ₃ 1:1	500	HNO ₃ pH < 2 Refrigerar	6 meses



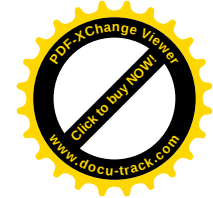
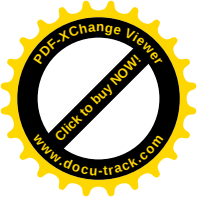
b) Análisis de Muestras y Áreas de Estudio: Para el análisis de las muestras específicamente los parámetros $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$, Nitrógeno total y Fosforo total, se procedió a utilizar los procedimientos descritos en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” Año 2005, y el Manual de Procesos de la Dirección de Laboratorio Ambiental del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas, ver Apéndices A.

Para el análisis de las áreas en investigación se complementó con un estudio de información geográfica satelital de nombre (Arc Gis, versión 9.3), el cual es utilizado por funcionarios del Departamento de Vigilancia y Control del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas para la asignación de usos permitidos y determinar la utilidad al uso del suelo y cuerpos de agua bajo estudio; dicho análisis permitió conocer la situación actual de las zonas en estudio partiendo de la planificación y ordenamiento territorial, de igual manera permitió realizar comparaciones en base la potencialidad del uso de los recursos considerando la clasificación establecida en el Decreto 3219 sobre las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.

III.2.3 Análisis de Datos

Para la interpretación y discusión de los resultados se procedió a la aplicación de la estadística básica descriptiva, cálculos promedios, cálculos de cargas máscas y representación gráfica de la variación histórica de los parámetros en estudio de los ríos tributarios que conforman la red hidrológica del lago Los Tacariguas. De la base de datos suministrada por el Laboratorio de Calidad ambiental, se procedió a tomar los resultados referidos a las campañas de muestreos desde el año 1997 hasta la actualidad, de esta manera se procedió a un análisis de tendencia que representa desde el inicio de la aplicación del Decreto 3219 hasta la situación actual. De igual manera es necesario mencionar que en los años de periodos de campañas de dos o tres muestreos, se procedió a realizar el promedio de los valores de caudales y de concentraciones.

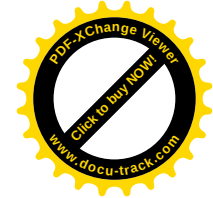
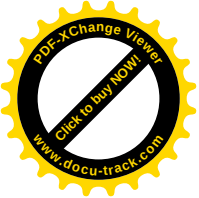
Para el cálculo de las cargas máscas se utilizaron las unidades de concentración reportado para cada parámetro, multiplicado por los caudales para cada campaña de muestreo, de igual manera se utilizaron las unidades necesarias para llevarlas a magnitudes comparadas con las normativas legal vigente, en el siguiente ejemplo se representa el cálculo para la



determinación de las cargas másicas antes mencionadas. El resultado se presenta en la Tabla N° 7 del capítulo IV.

- ✓ *Área en Estudio*: Rio Tributario Guácara, Municipio Guácara Estado Carabobo.
- ✓ *Año y Campañas de Muestreo*: Año 2000, Campañas de Muestreo (2) Marzo y Septiembre.
- ✓ *Parámetro (Fosforo Total) y Concentraciones (ppm)*: Marzo: 2,9 y Septiembre: 0,10.
- ✓ *Caudales (m³/s)*: Marzo: 0,23 y Septiembre: 0,61.
- ✓ *Promedio Concentración (Fosforo Total mg/L)*: $PT \text{ prom } \Sigma (2,9 + 0,10)/2$.
 $PT \text{ prom } \approx 1.5 \text{ mg/L}$
- ✓ *Promedio Caudales (Q m³/s)*: $Q \text{ prom } \Sigma (0,23 + 0,61)/2$.
 $Q \text{ prom } \approx 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ *Carga Másica PT (Kg/Día)*:
 $Kg/Dia \approx PT \text{ prom} * Q \text{ prom} * (1Kg/1000000mg) * (1000L/1m^3) * (3600Seg/1h) * (24h/Dia)$
 $PT (Kg/Dia) \approx 54$.

Los resultados obtenidos fueron representados mediante figuras que representan la variación del comportamiento histórico de los parámetros en estudios (materia orgánica y Nutrientes) y comparados con los establecidos en los artículos 30, 31 y 32 de la Sección VI referentes a las descargas al lago Los Tacariguas y la red hidrográfica tributaria, del Decreto 3219 sobre las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.



CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

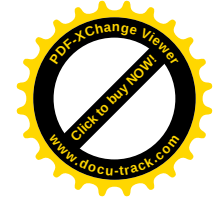
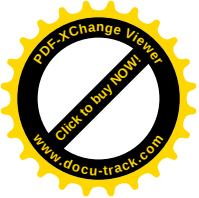
En el presente capítulo se desarrollan los objetivos planteados en el trabajo de investigación para analizar el comportamiento histórico de materia orgánica y nutrientes (Fosforo y Nitrógeno) aportados por la red hidrológica de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas, para ello se procedió a la descripción del régimen hidrogeológico en la cuenca y de la situación actual en términos de calidad fisicoquímica y bacteriológica de los ríos tributarios en estudios, posteriormente se representan las gráficas y el análisis para la determinación de las tendencias de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ y los nutrientes, al igual que la comparación con la normativa legal vigente nacional e internacional.

IV.1.- DESCRIBIR EL RÉGIMEN HIDROGEOLÓGICO DE LOS TRIBUTARIOS DEL LAGO LOS TACARIGUAS.

El Lago Los Tacariguas ha sido estudiado en numerosas oportunidades, sus características hidrogeológicas, socio economías y espacios geográficos están bien definidos; en el presente trabajo de investigación se resumen las características antes mencionadas haciendo referencia principalmente al régimen hidrogeológico y las características generales de las subcuencas que conforman la cuenca general del lago. Dicha cuenca se encuentra ubicada en la región centro norte del país, su territorio abarca parte de los estados Aragua y Carabobo, incluyendo la superficie total o parcial de 20 municipios, 11 del estado Aragua y 9 del estado Carabobo.

IV.1.1.- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LOS TRIBUTARIOS

El lago Los Tacariguas es el receptor final de 17 ríos tributarios y 3 canales industriales, la mayoría de los ríos mantienen un caudal en estación seca por el aporte continuo de efluentes urbanos e industriales (Convenio MARN-JICA, 2000). De los 17 ríos tributarios se derivan 17 subcuencas hidrográficas, divididas a su vez en microcuencas. Considerando que gran parte de los ríos en estudio conforman muchas veces parte de una misma subcuenca y a su vez dichas subcuencas presentan características similares, se procederá en el presente trabajo a describir las características generales de la cuenca Los Tacariguas; más adelante se detallaran dichas subcuencas.



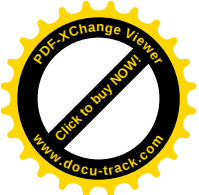
La cuenca del lago Los Tacariguas está constituida a parte del lago, por dos embalses de agua ubicados en el estado Aragua como lo son los embalses de Taguaguay y Zuata, del mismo modo que por cuatro acuíferos que conforman el conjunto de aguas subterráneas en la región. Es importante señalar que la cuenca del lago Los Tacariguas en la actualidad es receptora final de aguas de otras cuencas, específicamente la proveniente del embalse Pao Cachinche, la cual es utilizada como fuente de agua potable en la región, y posterior a su uso por los habitantes de la región, se convierte gran parte en agua residual y fuente importante de aporte de materia orgánica y nutrientes.

Situación Actual del Lago Los Tacariguas.

Una de las principales características del lago Los Tacariguas es su carácter endorreico, sin embargo en la actualidad parte de sus aguas son direccionadas a la cuenca del río Pao con la finalidad de controlar sus niveles principalmente en la zona sur del estado Aragua. Está ubicado a 406 metros de altitud de la fosa tectónica de Valencia; sus aguas cubren una superficie de 370 Km², con una profundidad media de 18 metros, observándose su mayor profundidad de aproximadamente 40 metros, presenta un total de quince (15) islas, destacando la isla del Burro y Otama (Convenio MARN-JICA, 2000). Durante la visita técnica realizada para el desarrollo de este trabajo de investigación, se pudo apreciar una coloración azul verdosa de sus aguas, específicamente en las zonas de desembocadura de ríos tributarios ó áreas cercanas a desarrollos urbanos cercana a las ciudades de Maracay por el estado Aragua, y de los municipios Guacara y Los Guayos en el estado Carabobo.

Es importante señalar que la acelerada expansión industrial que se llevó a cabo en la región central del país en la década de los años 1970 y 1980, así como el desarrollo urbanístico durante los últimos años, han originado un deterioro ambiental en la cuenca del lago los Tacariguas, conllevando a que una gran cantidad de efluentes de origen doméstico e industrial sean introducido a los ríos tributarios del lago, a través de inadecuados sistemas recolectores y de tratamiento, conllevando a la afectación de la calidad de las aguas del lago una vez que estos tributarios desembocan al lago (Convenio MARN-JICA, 2000).

Con respecto a los niveles críticos del lago Los Tacariguas, el cual llegó a ser considerado en el país como un problema de estado en los últimos años, dado sus repercusiones sociales y económicas que se generaban a través de las inundaciones



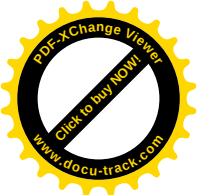
principalmente en la zona sur de la ciudad de Maracay en el estado Aragua, se puede decir que durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se observó la estabilización de dichos niveles, producto de los trabajos de ingeniería civil llevados a cabo a través de la Unidad Ejecutora del Proyecto de Saneamientos del lago Los Tacariguas; para el mes de octubre de 2015, el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas reportó una cota de 412,23 msnm.

Situación Actual de los Embalses

Como ya se mencionó, y se puede apreciar en la Figura 1, la cuenca en estudio está constituida por los embalses Taguaiguay y Zuata en el estado Aragua; el primero está ubicado al este del lago Los Tacariguas y es alimentado principalmente por la desembocadura del río Las Minas y el Caño Maraca, además del efluente proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales Taguaiguay. Durante la campaña de inspección durante los años 2014 y 2015 se constató que se realizan trabajos de mejoras y de mantenimiento en los reactores de la mencionada planta, así como a la laguna facultativa, la cual presentaba altos niveles de sedimentación afectando el tiempo de retención y por consiguiente la calidad del agua en tratamiento, estos trabajos permitirán mejorar la calidad del efluente introducido al embalse.

Igualmente a través de trabajos de campo llevados a cabo por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas en el estado Aragua (Valles A., 2012), se ha determinado que los tributarios del embalse Taguaiguay, presentan valores elevados de materia orgánica, nutrientes y coliformes fecales, conllevando la afectación de sus aguas, por lo que se recomienda promover trabajos de ingeniería, en materia de construcción de colectores de aguas residuales de origen domésticos e industriales, que permitan la preservación del mencionado cuerpo de agua para el aprovechamiento agrícola adecuado de aproximadamente 6500 ha en la zona de Taguaiguay estado Aragua.

Con respecto al embalse Zuata, el mismo está ubicado al noreste de Taguaiguay; sus principales tributarios resultan ser el río Aragua y las quebradas El Mamón y Agua Blanca, está acondicionado para ser utilizado como sistema de riego para aproximadamente 2000 ha, en la actualidad se trabaja para el saneamiento y preservación de sus aguas.



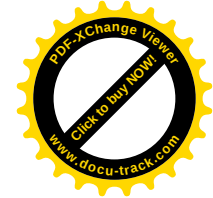
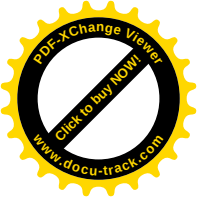
Aguas Subterráneas

Las fuentes de aguas subterráneas representan la tercera fuente de suministro de agua a las poblaciones asentadas en la región, su origen es producto de la acumulación paulatina de las aguas de lluvia en las capas más profundas e impermeables del suelo; cuando estas aguas no afloran en forma de manantiales, se pueden captar a través de sistemas de perforación como pozos.

Los acuíferos de la cuenca son utilizados principalmente para proporcionar agua a las industrias, actividades agrícolas y centros habitacionales. Los principales acuíferos de la cuenca son: Estado Carabobo Acuíferos (Valencia, Guigue y San Joaquín-Mariara), y en el estado Aragua Acuífero Maracay. Según “Estudio Hidrogeológico Preliminar de la Cuenca del Lago de Valencia”, desarrollado por el Ministerio del Ambiente en el año 1982, se conoció que la mayoría de los pozos ubicados en el acuífero Valencia en el estado Carabobo, estaban ubicados en la urbanización industrial El Recreo, presentando profundidades superiores a los 100 m, de igual manera para la misma fecha se determinó que la mayoría de los pozos ubicados en el acuífero de San Joaquín-Mariara, están destinados a labores agrícolas y se ubican en las adyacencias de los sectores de La Cabrera y Guacara, en el mismo trabajo de investigación se refleja que la mayoría de los pozos inventariados en el sector de Guigue son de producción de mediana a baja.

En la actualidad muchas de las observaciones analizadas para principios de los años 1980 con respecto al uso de las fuentes de aguas subterráneas ha variado debido principalmente a que el crecimiento poblacional y habitacional en la cuenca se ha elevado considerablemente en los últimos años, generando una mayor necesidad de consumo de agua y originando limitaciones en el abastecimiento del preciado recurso en muchas de los centros poblados de la región, esto ha conllevado a la explotación de nuevas fuentes de aguas subterráneas para fines habitacionales.

Para el año 2015 en la base de datos del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas del estado Carabobo, se dispone con una distribución porcentual que representa un 45% de uso industrial, un 50% de uso doméstico habitacional y el resto para labores y actividades agrícolas.



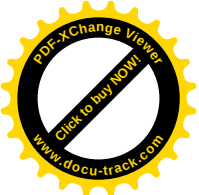
Disposición Final de las Aguas Residuales

El agua utilizada por la población en la mayor parte de la cuenca del lago Los Tacariguas proviene de los embalses Pao Cachinche y Pao Las Balsas; el agua después de ser pasada a través de los sistemas de tratamiento de potabilización, se lleva a los hogares y sector industrial mediante el sistema de distribución regional del Centro. Una vez usada el agua, se generan agua residual de origen doméstico e industrial dependiendo de su uso, estos efluentes son descargados a sistemas cloacales y direccionados a las plantas de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, muchas descargas son vertidas directamente a los principales ríos que posteriormente drenan sus aguas al lago de Los Tacariguas, originando una afectación considerable de la calidad de físico-química y bacteriológica de sus aguas.

Se estima que en la actualidad el lago Los Tacariguas sea el receptor final de una gran parte de las descargas vertidas en esta cuenca endorreica, de hecho a través de las visitas de campos realizadas para el presente trabajo de investigación se pudo observar que la mayoría de los ríos tributarios del lago Los Tacariguas se encuentran afectados por la presencia de descargas principalmente de origen doméstico. También se pudieron apreciar zonas en donde las descargas de centros urbanos drenaban sus aguas directamente a los ríos de las zonas; en la actualidad el sector Paraparal en el municipio Los Guayos y de los Bucares en el municipio Valencia son consideradas altas fuentes generadoras de descargas domesticas a los ríos de las zonas (Valles A., 2012). Igualmente en el estado Aragua se observó el mismo comportamiento principalmente en los sectores centro y sur de la ciudad de Maracay, así como en los sectores de Turmero y Cagua.

Con respecto a los sistemas de tratamiento utilizados en la cuenca, se podemos decir que en los sectores industriales de los estados Aragua y Carabobo se dispone de adecuados sistemas de tratamiento propio para muchas empresas; los métodos de tratamiento mayormente utilizados son de tipo de físico-químico y otros de tipo biológico, dependiendo del proceso industrial llevado a cabo.

De las inspecciones realizadas en el sector industrial durante el plan operativo de la Dirección Regional Carabobo durante el año 2013, se determinó que los parámetros Fosforo Total y Solidos Suspendidos, resultan ser los que mayor dificultad para su remoción.



Del mismo modo hay que señalar que en la cuenca del lago Los Tacariguas se desarrolla desde finales de los años 1998 el “Proyecto de Saneamiento del Lago” el cual consistía en colocar en marcha las plantas de tratamiento de aguas residuales La Mariposa y Los Guayos en el estado Carabobo y Taguaiguay en el estado Aragua, para 2015 las mencionadas plantas se encuentran operativas pero requieren de mantenimiento de las unidades de tratamiento para garantizar una adecuada y efectiva remoción de agentes contaminantes antes de su disposición final a otros cuerpos de agua.

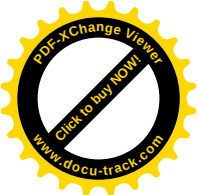
IV.1.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE RIOS TRIBUTARIOS

Para la descripción de las características geológicas de los tributarios, se procedió al igual que en el caso de las características hidrológicas, a describir las generalidades geológicas y de litología que presenta la cuenca del lago Los Tacariguas; se utilizó como referencia el trabajo de investigación llevado a cabo por el Ministerio del Ambiente en el año 1982 y titulado “Estudio Hidrogeológico Preliminar de la Cuenca del Lago de Valencia”.

Dicho trabajo define la Cuenca del Lago de Valencia, también conocido como el lago Los Tacariguas, como una depresión formada entre dos importantes unidades tectónicas: La Cordillera de la costa al norte y la Cadena Concagua-El Tinaco al sur. La depresión formada se fue profundizando por las zonas de las fallas de La Victoria situada al centro del lago Los Tacariguas y de La Cabrera, la cual atraviesa la parte septentrional del lago.

“Los sedimentos fluvio-lacustres que rellenan la depresión alcanzan un espesor máximo de aproximadamente 400 metros y forma una planicie cuaternaria que bordea al lago, los niveles de la planicie varía entre 400 y 450 metros. De igual manera se menciona que los flancos de las montañas que rodean el valle de Valencia y forman también el fondo del mismo, está constituido por rocas metamórficas de edad cretácea y son prácticamente impermeables, los sedimentos depositados en la depresión son mayormente de edad cuaternaria aunque en la parte más baja pueden ser de edad terciaria” Estudio Hidrogeológico Preliminar de la Cuenca del Lago de Valencia (1982).

Con respecto a la litología de la cuenca de Los Tacariguas, se puede resumir del mismo trabajo de investigación, que a través de la observación de la construcción de los pozos, que

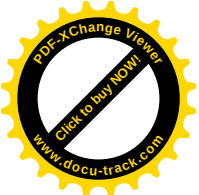


en su mayoría no sobrepasan los 100 metros, se puede apreciar que los perfiles litológicos indican una alternación de capas de arcillas, limo, arenas y gravas de granulación variable. Las capas de arcilla son dominantes pero existen capas de arenas y gravas que destacan por su espesor, limpieza ó granulación. Igualmente es necesario mencionar que los depósitos fluvio-lacustres que rellenan la depresión del lago Los Tacariguas reciben y mantienen el agua formando cuatro unidades acuíferas independientes la cual se describen a continuación.

“La primera es la unidad acuífera de Maracay, cuya área al este del lago, está completamente separada de las otras unidades acuíferas de la planicie del lago por las estribaciones rocosas que llegan hasta el lago. Esta unidad acuífera tiene subunidades que representan extensiones del acuífero en los valles de los ríos Turnero, Tucupido, Maracay y Limón. La segunda unidad acuífera es la de Valencia, la cual ocupa el área oeste del lago, el drenaje de este acuífero se dirige al lago Los Tacariguas, parte de las aguas subterráneas se vierten fuera del valle de Valencia hacia el suroeste, específicamente la cuenca del río Pao. Las otras restantes unidades acuíferas son la de San Joaquín-Mariára y la de Guigue, la primera ocupa la faja norte de la planicie de la cuenca del lago, en su parte suroeste se une a la unidad acuífera de Valencia, es necesario mencionar que el estudio en que nos hemos basado para describir las características hidrogeológicas de la cuenca, se consideró el río Guacara como límite entre las unidades acuíferas de Valencia y San Joaquín-Mariára. La última unidad acuífera mencionada es la de Guigue, la cual ocupa la parte sur de la cuenca del lago, presenta una forma de delta, ya que se abre en la vecindad ó costa del lago Los Tacariguas”. Estudio Hidrogeológico Preliminar de la Cuenca del Lago de Valencia (1982).

IV.2.- ANALIZAR LA SITUACIÓN AMBIENTAL ACTUAL DE LOS TRIBUTARIOS AL LAGO DE LOS TACARIGUAS.

Para el desarrollo de este objetivo se procedió a realizar visitas de campo a los 21 ríos tributarios que forman parte de la cuenca del lago Los Tacariguas, de igual manera se tomaron en consideración los resultados de calidad de agua en base a parámetros *in Situ* y análisis fisicoquímicos y bacteriológicos obtenidos en la última campaña de muestreo de 2015, estos resultados forman parte de la base de datos que es llevada a cabo por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la región central del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, sus resultados se muestran en la Tabla B1 que se presenta en el Apéndices B. Del mismo modo se



compararon con lo establecido en el artículo 7 del Decreto 3219, referido a la clasificación de las aguas de la red hidrográfica de la cuenca del lago Los Tacariguas según su potencial de uso.

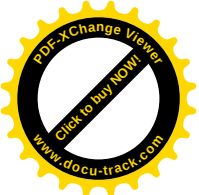
IV.2.1.- TRIBUTARIOS ESTADO ARAGUA

Rio Guey

Considerado uno de los principales tributarios de la Cuenca del lago Los Tacariguas, presenta a lo largo de su recorrido, de aproximadamente 14 Km, por la ciudad de Maracay hasta su desembocadura al lago, influencia directa e indirecta de descargas residuales e industriales, es de mencionar que este importante tributario, atraviesa por la zona industrial San Vicente, considerada una de las principales zonas industriales del estado Aragua. Los resultados obtenidos para el año 2015 para el parámetro conductividad eléctrica fue de 746 μsm y de 0,15 mg/L para oxígeno disuelto, indicadores de presencia de sales disueltas y materia orgánica respectivamente. Los valores obtenidos para los nutrientes fueron de 5,5 mg/L y 34 mg/L para fosforo y nitrógeno total respectivamente, estos valores se atribuyen principalmente a descargas puntuales y no puntuales que son incorporados al rio desde su nacimiento hasta su desembocadura. Con respecto a los análisis bacteriológicos es necesario mencionar que la muestra analizada presentaba mucha interferencia en términos de sólidos suspendidos y turbidez que dificultaron su cuantificación a través de la metodología utilizada en el Laboratorio de Calidad Ambiental. La normativa legal vigente clasifica a las aguas del rio Guey como Tipo 2, Subtipo 2B y la describe como “Agua para el riego de cualquier tipo de cultivo que no sean vegetales de consumo en crudo y para el uso pecuario”; sin embargo, de acuerdo a los resultados mostrados, se hace necesario revisar la clasificación actual de sus aguas y sus usos posibles principalmente aguas abajo en donde está muy afectado por descargas residuales.

Canal Sudamtex

El canal Sudamtex se diseñó a mediados de los años de la década de 1970, como canal abierto en las adyacencias de los que era la empresa Sudamtex, dedicada a la fabricación de fibras textiles naturales y sintéticas, actualmente se mantiene como canal abierto en donde



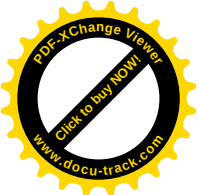
convergen durante su trayectoria desde la avenida Bermúdez hasta la zona sur de Maracay, principalmente descargas puntuales y no puntuales, así como descargas fluviales. Los resultados obtenidos para el año 2015 para el parámetro de oxígeno disuelto fue de 2,6 mg/L y para conductividad eléctrica de 995 μsm .

Los valores obtenidos para los nutrientes fueron de 4,5 mg/L y 49 mg/L para fósforo y nitrógeno total respectivamente; los valores de materia orgánica en términos de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ fue de 126 mg/L. Las aguas analizadas en el canal Sudantex presentaron presencia de coliformes fecales y totales, indicadores de que está siendo afectado por descargas residuales domésticas de la zona. La normativa legal vigente no clasifica las aguas del canal Sudantex; sin embargo en el artículo 36 se establece límites de concentraciones hacia los vertidos líquidos que vayan hacer descargados en forma directa o indirecta al lago Los Tacariguas y la red hidrográfica de sus tributarios, comparando los resultados se determinó que el aporte de nutrientes y materia orgánica por parte de este tributario, sobrepasa los límites establecido en la norma.

Canal Papelera

El canal Papelera se diseñó igualmente como canal abierto, su ubicación tuvo la finalidad de canalizar las descargas de efluentes industriales de las empresas dedicadas a la fabricación de fibras textiles naturales y sintéticas, dado que la ciudad de Maracay fue considerada un lugar importante para la instalación de estas empresas durante la décadas de 1970 y parte de 1980. En la actualidad se mantiene como canal abierto, en el convergen durante su trayectoria desde la Zona Industrial Las Vegas hasta el sector de Campo Alegre al sur de Maracay, principalmente descargas puntuales y no puntuales, así como descargas fluviales e industriales.

Los resultados obtenidos para el año 2015 para el parámetro de oxígeno disuelto fue de 4,9 mg/L y para conductividad eléctrica de 446 μsm , estos valores son indicadores de ligera presencia de materia orgánica y sales disueltas según los señalado por Romero R.J (1999), sin embargo se consideran como moderados, dado que el cuerpo de agua en estudio, es vulnerable de ser alcanzado por una descarga industrial y residuales de la zona.

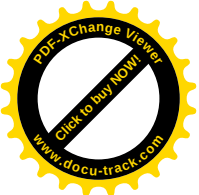


Los valores obtenidos para los nutrientes fueron de 0,38 mg/L y 3,0 mg/L para fosforo y nitrógeno total respectivamente; y para materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ fue de 6 mg/L. Al igual que en el caso anterior la normativa legal vigente no clasifica las aguas del canal Papelera; sin embargo al comparar los resultados obtenidos con el artículo 36, se determina que el aporte de nutrientes y materia orgánica por parte de este tributario, no sobrepasa los límites establecido en la norma vigente.

Canal Corpoindustria

Este canal es igualmente como los otros dos, diseñado como canal abierto, su elaboración tuvo la finalidad de canalizar las descargas de efluentes industriales de las empresas ubicadas en la zona industrial de San Vicente. Es necesario mencionar que en la actualidad se han desarrollado pequeños desarrollos urbanos en la zona, al igual que complejos comerciales y empresariales, cuyas descargas en mucho de los casos drenan al canal Corpoindustria antes de su incorporación al lago Los Tacariguas. Los resultados obtenidos para oxígeno disuelto durante el año 2015 fue de 2,73 mg/L, y para conductividad eléctrica de 1001 μsm , valores característicos de descargas industriales. Los valores obtenidos para los nutrientes fueron de 9,2 mg/L y 60 mg/L para fosforo y nitrógeno total respectivamente; valores considerados muy elevados para un cuerpo de agua que tendrá como desembocadura final el lago Los Tacariguas. Los valores de materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ fue de 162. Las aguas analizadas en el canal Corpoindustria presentaron presencia elevada de coliformes fecales y totales. Al igual que en los casos anteriores, la normativa legal vigente no clasifica las aguas del mencionado canal; sin embargo al comparar los resultados obtenidos con el artículo 36, se determina que el aporte de nutrientes y materia orgánica por parte de este tributario, sobrepasa los límites establecido en la norma para descargas de cuerpo de aguas y canales abiertos.

Considerando que el canal Corpoindustria es el receptor final de efluentes industriales de la zona industrial San Vicente, es de gran importancia promover campañas de inspección y monitoreo en dicha zona industrial con la finalidad de evaluar los procesos de tratamiento de las empresas generadoras de efluentes industriales.



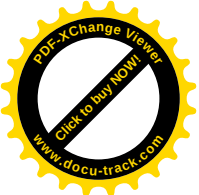
Rio Maracay

El rio Maracay presenta su nacimiento en la zona norte de la ciudad de Maracay, según la normativa vigente sus aguas arriba del parque Las Cocuizas son clasificadas de Tipo 1, Subtipo 1A y Tipo 4, Subtipo 4A, lo cual las considera aguas destinadas para el contacto humano total, sin embargo durante el recorrido de su cauce hasta la desembocadura al lago Los Tacariguas en el sector de Parapara del estado Aragua, desembocan descargas puntuales y no puntuales originando deterioro en la calidad de sus aguas. Los resultados obtenidos para el año 2015 para el parámetro de oxígeno disuelto fue de 2,3 mg/L y para conductividad eléctrica de 562 μsm .

Los valores obtenidos para los nutrientes fueron de 2,5 mg/L y 14 mg/L para fósforo y nitrógeno total respectivamente; los valores de materia orgánica en términos de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ fue de 40 mg/L. A través de los valores obtenidos se puede apreciar que las aguas del rio Maracay se deterioran a su paso por la ciudad, de igual manera la presencia de coliformes fecales y totales son indicativo que las aguas del rio, son alcanzadas por descargas de aguas residuales de origen doméstico e industriales. Aguas abajo las aguas del rio Maracay se clasifican de Tipo 2, Subtipo 2B, por lo que se requieren elaborar proyectos de ingeniería que propongan la recolección de las descargas residuales a través de unidades de colectores.

Rio Turmero

El rio Turmero presenta su nacimiento en el municipio Santiago Mariño, sus aguas presentan una clasificación de Tipo 1, subtipo 1B aguas arriba de su afluente el rio Guayabita, es decir son aguas que pueden ser acondicionadas por medio de procesos de tratamiento convencionales; de igual manera que los casos anteriores las aguas del rio Turmero son afectadas por descargas residuales e industriales durante su recorrido por la ciudad de Turmero y hasta su desembocadura al lago. A través de los resultados obtenidos se puede apreciar concentraciones elevadas de fósforo y nitrógeno total, con valores de 3,4 y 36 mg/L respectivamente; de igual manera la concentración de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ fue de 96 mg/L, con una concentración de oxígeno disuelto de 0,13 mg/L; los resultados son indicativo que el rio Turmero se ve afectado sus aguas durante su recorrido antes de desembocar en el lago Los Tacariguas. De igual manera es necesario mencionar que el proyecto de saneamiento de la



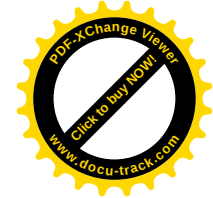
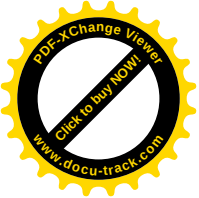
cuenca del lago establecía para el año 1999, desviar parte de las aguas residuales que eran introducidas al río a la planta de tratamiento de aguas residuales Taguaiguay, esto se relazaría a través de un canal aductor, sin embargo para la fecha aún concretado dicho trabajo de saneamiento, las aguas del río Turmero sigue presentando afectación por descargas residuales de origen doméstico e industrial.

Rio Aragua

Es considerado uno de los principales tributarios a la Cuenca del lago Los Tacariguas, perteneciente a la subcuenca del río Aragua, tiene su nacimiento en la ciudad de la Victoria estado Aragua, parte de sus aguas principalmente aguas arriba son consideradas de Tipo 1, Subtipo 1B, y aguas abajo se clasifican de Tipo 2, Subtipo 2B. Sus aguas son utilizadas principalmente para el riego, dado que alrededor de su cauce se han instalado un gran número de asentamiento campesinos dedicados a la actividad de siembra y agricultura. A través de los resultados obtenidos se pueden observar concentraciones elevadas de fósforo y nitrógeno total, con valores de 4,8 y 40 mg/L respectivamente; de igual manera la concentración de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$ fue de 47 mg/L; de igual manera la concentración de oxígeno disuelto 0,18 mg/L, un valor muy bajo para un cuerpo de agua con incidencia en un lago endorreico, del mismo modo se determinó la presencia de coliformes fecales y totales, los cuales son indicadores que las aguas del río Aragua es alcanzada aguas abajo por descargas de origen residual y doméstico.

Rio El Limón

El río El Limón presenta su nacimiento cercanas en el parque Nacional Henry Pittier, en el convergen quebradas y caños de la zona norte de la ciudad de Maracay, aumento su cauce durante su recorrido por el sector de El Limón de la ciudad de Maracay en el estado Aragua. Sus aguas en la parte alta del mencionado sector son clasificadas de Tipo 1, Subtipo 1B y como Tipo 4, Subtipo 4A, es decir aguas destinadas para el contacto humano total, de hecho en la actualidad sus aguas son utilizadas por pequeñas residencias para actividades relacionadas al riego de áreas verdes e inclusive para el uso humano específicamente actividades de servicios doméstico.



Durante la temporada de verano en los años 2014 y 2015, las aguas del río El Limón no presentan caudal hacia el lago Los Tacariguas, dado que el proyecto de saneamiento instaló colectores de aguas servidas a mediados del año 2013. Con la finalidad de evitar descargas de origen domésticos en el cuerpo de agua; solo en temporada de invierno el río Limón es receptor de aguas de lluvias.

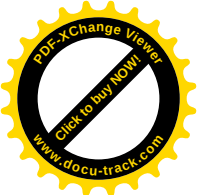
En base a los últimos resultados de muestreo en el año 2013, el río El Limón presentaba bajas condiciones de nutrientes, 0,12 mg/L y 4 mg/L para fósforo total y nitrógeno total respectivamente, las concentraciones de materia orgánica igualmente es bajas, 4 mg/L para $DBO_{5,20^{\circ}C}$.

De igual manera se observan bajas valores de conductividad eléctrica 90 μsm y alto valor de oxígeno disuelto 6,38 mg/L, valores considerados positivos en términos de calidad de agua, sin embargo se determinaron valores de coliformes fecales y totales que demuestran que las aguas del río El Limón eran receptoras de descargas residuales principalmente de origen doméstico.

Caño Aparó

El Caño Aparó se encuentra presenta su nacimiento cercana al sector de Turagua y Taguaiguay en el estado Aragua; durante su recorrido hasta la disposición final de sus aguas al Lago Los Tacariguas, específicamente en las adyacencias del sector de Magdaleno, el Caño Aparó es receptor final de descargas industriales y domésticas de la zona. Durante el historial de análisis físico-químico y bacteriológico de sus aguas, se pueden notar elevados valores de conductividad eléctrica, presentando para el año 2015 un valor de 1550 μsm , de igual manera se pueden apreciar valores de concentración de materia orgánica de 41 mg/L en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$.

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno total fueron de 4,5 y 36 mg/L respectivamente; valores considerados elevados para un cuerpo de agua con disposición final en un lago; es importante señalar que las aguas también presentan presencia de coliformes fecales y totales.



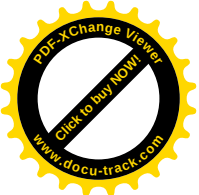
La presencia de coliformes fecales y totales son indicadores que las aguas del Caño Aparo son receptoras final de descargas residuales domesticas e industriales de la zona; de igual manera es importante señalar que al igual que la quebrada Magdalena, las aguas del Caño Aparo no se encuentra clasificadas en la normativa legal vigente referida a la cuenca del Lago de los Tacariguas; de tal manera que se requiere promover políticas de saneamiento integral de la zona, direccionadas a jornadas de supervisión y control de efluentes industriales de la zona y la gestión de diagnóstico, recolección y disposición adecuada de las descargas domésticas. Es importante señalar que cercano a la toma de muestra del Caño Aparo actualmente se encuentra la descarga de un canal diseñado inicialmente para riego, sin embargo en la actualidad se descargan gran cantidad de efluentes industriales que ocasionan afectación al lago Los Tacariguas, ya que presentan elevadas concentraciones de nutrientes y materia orgánica.

Quebrada Magdalena

Considerado uno de los pequeños tributarios de Lago Los Tacariguas debido al poco aporte en términos de caudal que genera el conjunto de riachuelos y pequeñas quebradas que conforman a la quebrada de Magdalena, la cual está ubicada en el sector de Magdalena Municipio Zamora del Estado Aragua. A través de los resultados obtenidos para el año 2015 se puede apreciar concentraciones elevadas de materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ de 47 mg/L; de igual manera las concentraciones de nutrientes fosforo y nitrógeno total presentan valores de 1,9 y 16 mg/L, valores considerados altos par un cuerpo de agua. La presencia de coliformes fecales y totales son indicadores que las aguas de la quebrada Magdalena son receptoras de descargas residuales domesticas de la zona; de igual manera es importante señalar que las aguas de esta quebrada no se encuentra clasificadas en la normativa legal vigente referida a la cuenca del Lago de Los Tacariguas; por consiguiente es importante orientar trabajos de saneamiento integral de la zona con la finalidad de la recolección y disposición adecuada de las descargas domésticas.

Rio Tocarón

El río Tocarón es clasificado como de Tipo 2, Subtipo 2B según la normativa vigente, es decir que se consideran aguas que pueden ser destinadas para el riego de cualquier tipo de



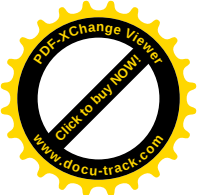
cultivo que no sean vegetales de consumo en crudo y para uso pecuario. Los resultados obtenidos en el muestreo correspondiente para el año 2015 demuestran que en la actualidad las aguas del río Tocarón se encuentran afectadas por descargas residuales de origen domésticas e industriales; dado que presenta presencia de coliformes fecales y totales, al igual de valores elevados de conductividad eléctrica, aproximadamente 1000 μsm , estos valores elevados son indicadores de presencia de sales disueltas, por consiguiente representan afectaciones directas en el cuerpo de agua. De igual manera el valor bajo de oxígeno disuelto aproximadamente de 1 mg/L, es indicador de la afectación por descargas residuales domésticas e industriales de la zona (Valles A., 2012; Romero R.J., 1999). Con respecto al contenido de materia orgánica el valor fue de 16 mg/L de $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$; de igual manera se puede notar concentraciones de 2,7 mg/L de fósforo y de 6 mg/L de nitrógeno total.

IV.2.2.- TRIBUTARIOS ESTADO CARABOBO

Rio Los Guayos

Es considerado uno de los principales tributarios del lago Los Tacariguas por el aporte en términos de caudales que suele aportar, de igual manera es muy importante su evaluación dado que durante el recorrido del mencionado río, atraviesa ciudades con un elevado nivel de población y actividad industrial. Para el momento de la entrada en vigencia del Decreto 3219 referido a las “*Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*”, específicamente en el año 1999, las aguas de este importante río presentaban tres tipos de clasificaciones; dos en el tramo aguas arriba del río San Diego (Tipo 1, Subtipo 1A y Tipo 4, Subtipo 4A), y en el tramo de aguas abajo del mencionado río San Diego, es decir en la población del municipio Los Guayos, presenta clasificación Tipo 2, Subtipo 2B.

A través de los resultados obtenidos en la campaña de muestreo del año 2015, se puede apreciar que las aguas del río Los Guayos presentan valores de materia orgánica de 78 mg/L en términos de $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$. Con respecto al contenido de nutrientes se obtuvieron valores de 2,9 mg/L para fósforo total y 27 mg/L para nitrógeno total; estos valores son indicadores de que las aguas del río Los Guayos presentan elevadas concentraciones de estos compuestos,



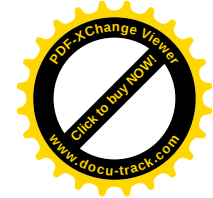
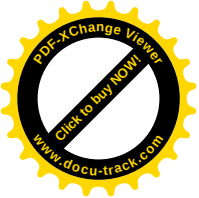
considerados de gran afectación en la calidad físico-químicas de los cuerpos de agua (Romero R.J., 1999).

Con respecto a la presencia a la presencia de coliformes fecales y totales, las concentraciones bajas de oxígeno disuelto, se concluye que el río Los Guayos está afectado por descargas residuales domésticas e industriales (Valles A., 2012). Es importante señalar que en la actualidad en el Municipio Los Guayos se ejecutan importantes planes de desarrollo habitacionales, al igual que tiene actividad importantes complejos industriales con variados y múltiples procesos de producción, por lo cual es de suma importancia establecer actividades de vigilancia y control, así como coordinar planes de gestión y saneamiento ambiental entre las autoridades regionales y nacionales, con la finalidad de mitigar y evitar la afectación por descargas residuales en las aguas del río Los Guayos.

En la actualidad las aguas del río Los Guayos, en el tramo referido aguas debajo de la desembocadura del río San Diego, se clasifican de Tipo 2, Subtipo 2B; es decir que pueden ser “Aguas destinadas para riego de cualquier tipo de cultivo que no sean vegetales de consumo crudo y para uso pecuario”; sin embargo la baja concentración de oxígeno disuelto y los valores alto de coliformes fecales y totales, son limitantes para el uso de estas aguas en labores de agricultura.

Es necesario mencionara que cercano a la desembocadura del río Los Guayos en el lago Los Tacariguas, se puede apreciar que en la actualidad se desarrolla una importante actividad agrícola, por lo que se considera de gran importancia la ejecución de programas de vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales de la región, para diagnosticar que tipos de cultivos se están cosechando en la mencionada área.

De igual manera se puede mencionar que actualmente, cercano al punto de desembocadura del río Los Guayos, se encuentra ubicada la planta de tratamiento Los Guayos, la cual está destinada para el tratamiento de gran parte de efluentes de residuales domésticos de los municipios Guácara y Los Guayos; sin embargo en la actualidad se requiere acondicionar algunas unidades de tratamiento que permitan garantizar la remoción efectiva de materia orgánica y nutrientes antes de su disposición en el lago Los Tacariguas.



Rio Caño Central

Este importante río se encuentra ubicado hacia la zona conocida como Central Tacarigua en el estado Carabobo, sus aguas se encuentran clasificadas de Tipo 2, Subtipo 2B, es decir pueden ser destinadas para cualquier tipo de cultivo excepto vegetales. En la actualidad sus aguas presentan concentraciones altas de nutrientes; 3 mg/L en fósforo total y de aproximadamente 16 mg/L en nitrógeno total; estos valores representan un aporte alto de cargas másicas en estos nutrientes que son aportados al lago Los Tacariguas, dado que los caudales del río Caño Central son considerados elevados, sus promedios en los últimos años varían entre 0,5 a 7 m³/S, dependiendo de la temporada de sequía o lluvia en que se realice el muestreo. Las aguas del río Caño Central presentan presencia de coliformes fecales y totales, sus valores elevados son indicadores que las aguas de este río son alcanzadas principalmente por descargas residuales de origen domésticas e industrial. De igual manera es importante señalar que entre los proyectos de ingeniería que se plantearon realizar con las aguas de este río, estaban el desvío de las aguas de su afluente, específicamente el río Maruría, a la cuenca del río Paíto en la cuenca del río Pao, este trabajo se realizó por parte del proyecto de saneamiento de la Cuenca del Lago de Valencia en el año 2006. Así mismo se planteó que las aguas del río Caño Central tendrían el mismo destino hacia la cuenca del río Pao, sin embargo en la actualidad permanecen descargando sus aguas al lago Los Tacariguas.

Rio Guácará

El río Guácará es considerado uno de los principales tributarios del lago Los Tacariguas, desde su nacimiento en el sector de Vigirima hasta su disposición en el lago, el río Guácará es receptor final de numerosas descargas residuales de origen doméstico e industrial, principalmente en el sector de la ciudad de Guácará en el estado Carabobo.

En el tramo aguas arriba de Vigirima, las aguas del río Guácará presentan una clasificación de Tipo 4, subtipo 4B, es decir “Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos y contacto humano total”, en inspección realizada en este sector, se observa unas condiciones adecuadas de apariencia de color y olor de estas aguas, sin embargo no se descarta que descargas de origen domésticas sean introducidas por diferentes formas a las aguas del río durante su recorrido por el sector Vigirima hasta el poblado de Guácará. Con

respecto al tramo de recorrido aguas abajo, presenta una clasificación de Tipo 2, Subtipo 2B, como en caso anteriores “Aguas destinadas para el riego de cultivos que no sean vegetales”; sin embargo es importante señalar que las aguas en este punto presentan concentraciones de materia orgánica consideradas elevadas, con un valor de 40 mg/L para $DBO_{5,20^{\circ}C}$, del mismo modo los valores de nutrientes fosforo y nitrógeno total presentan valores de 2,7 mg/L y de 27 mg/L, indicadores de afectación de las condiciones naturales de río.

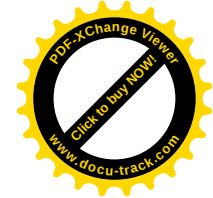
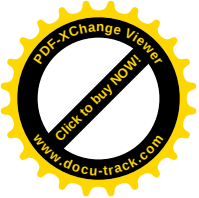
De igual manera la presencia de valores elevados de coliformes fecales y totales, así como de bajas concentraciones de oxígeno disuelto en particular en temporada de sequía ó verano; nos permite señalar que las aguas del río Guácara presenta actualmente condiciones que afectan su utilización como agua de riego, principalmente en épocas de verano; es importante señalar que existe en la actualidad una importante actividad agrícola cercana a la desembocadura del río Guácara, tal como se observa en la figura N° 4, por consiguiente es fundamental la inspección técnica en dicha zona y evaluar los tipos de cultivos se están cosechando y comercializando con el riego de dichas aguas.



Figura N° 4 Desembocadura río Guacara (Imagen Cartografía Nacional).

Rio Caño La Negra

Considerado uno de los principales problemas ambientales en materia de disposición de efluentes sanitarios e industriales en el estado Carabobo, el cauce del actual Caño La Negra es actualmente el receptor final de grandes descargas residuales de los sectores Los Bucares y Flor Amarillo del municipio Valencia. Los resultados físico-químicos y bacteriológicos para

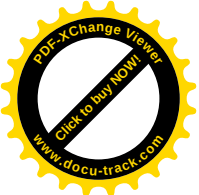


el año 2015, demuestran elevadas concentraciones de materia orgánica; específicamente 62 mg/L $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$. Dicho valor concuerdan con el bajo valor en concentración en oxígeno disuelto, el cual fue de 0,3 mg/L; la baja concentración de este parámetro es debido a su consumo parte de la materia orgánica presente en las aguas del caño para su necesaria oxidación. Con respecto a las concentraciones de nutrientes se obtuvieron valores de 3,6 mg/L y 16 mg/L tanto para fósforo como nitrógeno respectivamente; de igual manera se obtuvieron valores elevados de Coliformes Fecales y Totales, característica de presencia descargas sanitarias y residuales en los cuerpos de aguas. Es importante señalar que el caudal de las aguas del Caño La Negra presentó un rango de valores entre 0,2 a 0,3 m^3/s ; desde los años 2013 al 2015, valores que representan un aporte considerable en términos de aporte de flujos másicos al lago Los Tacariguas, el cual es el receptor final de las aguas del mencionado caño. Considerando los resultados obtenidos es de vital importancia plantear políticas de estado en materia de construcción de colectores para la recolección de las aguas servidas de los sectores Los Bucares y Flor Amarillo y direccionarlos a procesos que permitan su tratamiento, y de esta manera mitigar su impacto negativo al medio ambiente.

Rio Mariara

Con sus nacientes aguas ubicadas aguas arriba del sector de Mariara en el municipio Diego Ibarra del estado Carabobo, el río Mariara presenta dos tipos de clasificaciones sus aguas, de Tipo, Subtipo 1A aguas arriba del sector Mariara y de Tipo 2, Subtipo 2B aguas abajo del mencionado sector, para nuestro estudio de investigación y considerando que el muestreo y monitoreo de las aguas del mencionado río se realizan aguas abajo, partimos que según la normativa legal vigente las aguas del río Mariara se describen como: *“Aguas destinadas para el riego de cualquier tipo de cultivo que no sean vegetales de consumo crudo y para uso pecuario”*.

Durante la temporada de muestreo realizada en abril del año 2015, no se obtuvieron resultados, dado que el río se encontraba sin caudal, por tal motivo nos referiremos a los resultados correspondientes al año 2014. De los resultados obtenidos en la mencionada temporada de muestreo se observa baja concentración de $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$, con valor de 3 mg/L, con respecto a los valores de nutrientes, se obtuvieron valores bajos, <0.1 mg/L y 3 mg/L tanto para fosforo total como nitrógeno total respectivamente. De igual manera se observan



concentraciones del parámetro Oxígeno Disuelto, en el rango de 4 a 6 mg/L entre los años 2011 y 2013. Así mismo bajas concentraciones de coliformes Fecales y Totales; lo cual son indicadores que en la actualidad las aguas del río Mariara presentan poca afectación por descargas residuales domésticas y residuales.

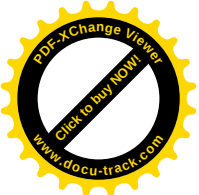
Es importante señalar que durante los años 2008 al 2010 el proyecto de Saneamiento de la Cuenca del lago Los Tacariguas, desarrollo importantes obras en la ejecución de recolectores de descargas residuales en el sector de Mariara, obras que permitieron el saneamiento de las aguas del río Mariara aguas abajo, permitiendo en la actualidad el uso de sus aguas para fines agrícolas cercana a su desembocadura en el lago Los Tacariguas, principalmente en la temporada de invierno.

Rio Ereigüe

Con sus nacientes en el sector del Ereigüe en el municipio San Joaquín del estado Carabobo, las aguas del río Ereigüe son clasificadas durante todo su recorrido de Tipo 2, Subtipo 2B, es decir se describen como: *“Aguas destinadas para el riego de cualquier tipo de cultivo que no sean vegetales de consumo crudo y para uso pecuario”*.

A través de los resultados obtenidos en la campaña de muestreo del 2015, se puede apreciar valores de fosforo y nitrógeno total de aproximadamente 2 mg/L y 17 mg/L respectivamente; del mismo modo la concentración de materia orgánica resultó ser de 5 mg/L para $DBO_{5,20^{\circ}C}$, sin embargo el valor bajo de Oxígeno Disuelto 0,7 mg/L y presencia de Coliformes Fecales y Totales, son indicadores de que las aguas del río Ereigüe son afectadas principalmente por descargas de origen doméstico durante su recorrido, desde su naciente en el sector de Ereigüe y durante su paso por la ciudad de San Joaquín.

Por último debemos mencionar que el proyecto de Saneamiento de la Cuenca del lago Los Tacariguas tiene planteado desarrollar una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de San Joaquín, trabajo que se pretende ejecutar conjuntamente con la construcción de colectores para la recolección de aguas residuales domesticas de la ciudad, cabe destacar que dicho trabajo resulta en beneficio de la protección del río Ereigüe y de este forma se estaría



aprovechando adecuadamente sus aguas en las actividades agrícolas que se desarrollan cercanas a la desembocadura de las aguas del río en el lago Los Tacariguas.

Rio Güigüe

Con sus nacientes en cercanas aguas arriba de la ciudad de Güigüe en el municipio Carlos Arvelo del estado Carabobo, este importante tributario también es conocido como el río Noguera, ya que su nacimiento se ubica en el mencionado pueblo cercano a la ciudad de Guigue. A través de los resultados obtenidos para la campaña de muestreo de 2015, se puede apreciar una concentración de materia orgánica de 2 mg/L para $\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$; de igual manera se observó concentraciones de nutrientes fosforo y nitrógeno total, con valores <1 mg/L y 3 mg/L respectivamente.

Las bajas concentraciones de materia orgánica y nutrientes, al igual que las concentraciones elevadas de Oxígeno Disuelto de aproximadamente 6 mg/L, son indicativo que las aguas del río Güigüe no presentan una afectación significativa de sus aguas desde el punto de vista de análisis físico-químico; sin embargo la presencia de coliformes fecales y totales con valores considerados elevados, nos indica que las aguas del río Güigüe son afectadas principalmente por descargas de origen domestico; de igual manera es necesario mencionar que cercano a la ciudad de Güigüe, tienen lugar importante actividades industriales, principalmente granjas porcinas y beneficiadora de animales (bovinos, aves, entre otros); la cual requieren de la vigilancia y control de las autoridades ambientales de la zona, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las normativas legales vigentes en materia de descargas de efluentes industriales.

A partir de un trabajo de investigación desarrollado por Padrón A. (.2014), y a través de la clasificación de las aguas del río Güigüe, según el Decreto 3219 que rige en la cuenca del Lago Tacarigua, se consideran aguas de Tipo 2, Subtipo 2B, es decir “Aguas destinadas para el riego de cualquier tipo de cultivo y fines pecuarios”, por lo que se requiere emprender medidas de prevención y protección de sus aguas para el beneficio de las actividades agrícolas llevadas a cabo cercanas a la desembocadura al lago de Los Tacariguas, tal como se observa en la Figura 5.

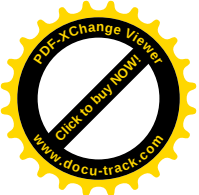


Figura N° 5 Desembocadura río Güigüe
(Imagen Cartografía Nacional)

Rio Quebrada Los Dividives

Con una clasificación de Tipo 2, Subtipo 2B según la normativa legal vigente, las aguas del rio Los Dividives presenta en la actualidad problemas de calidad de sus aguas, debido principalmente a la disposición inadecuada de descargas residuales de origen domésticos que son introducido a sus aguas. Los resultados obtenidos para la campaña de muestreo de 2015, reflejan valores bajos en la concentración de Oxígeno Disuelto, con valor cercano a los 2 mg/L, igualmente se obtuvo un valor de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ de 46 mg/L, lo cual representa una presencia de materia orgánica que genera un consumo de oxígeno y por consiguiente una condición inadecuada del cuerpo de agua receptor.

De igual manera la concentración de parámetros de control como son fosforo y nitrógeno total, presentaron valores elevados de 3 mg/L y 21 mg/L, valores considerados elevados y que originan un aporte negativo en términos de cargas másicas al receptor final que es el lago Los Tacariguas. Durante el muestreo se observó la presencia de descargas residuales domesticas e industriales al rio Los Dividives, específicamente en el sector de las residencias de Buenaventura municipio Los Guayos, esta situación queda reflejada al obtenerse valores elevados de coliformes fecales y totales. Así mismo es importante señalar que las condiciones actuales del rio Los Dividives afectan su clasificación y uso de sus aguas, por lo que se recomienda a las autoridades ambientales direccionar políticas de construcción



de colectores para la recolección de las aguas residuales del sector de Parapara en el municipio Los Guayos del estado Carabobo y evitar la afectación de los cuerpos de aguas de la mencionada zona.

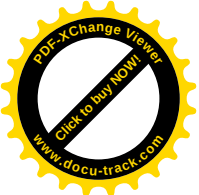
Rio Caño El Nepe

Presenta sus nacientes cercanos al sector de Yagua en el municipio Guácar del estado Carabobo, durante años fue el receptor final de descargas domésticas, y principalmente industriales durante su recorrido en el sector El Nepe del municipio Guácar, en donde existe una importante actividad industrial, de múltiples y variados procesos, es decir empresas de plásticos, farmacias, alimentos, entre otros. Es importante señalar que desde el año 2011 hasta la fecha, las aguas del Caño El Nepe fueron desviadas aguas arriba al tributario más cercano, el cual es el río Guácar; este trabajo se realizó con motivo a la ejecución de las obras del sistema ferroviario, específicamente la estación Guácar, llevada a cabo por el Instituto de Ferrocarriles (IFE). Se recomienda la vigilancia y control por parte de las instituciones del estado para el control de efluentes industriales y nuevos desarrollos urbanos en la zona industrial El Nepe.

Rio Cura

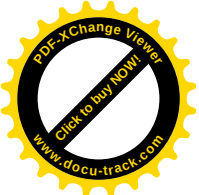
Presenta sus nacientes cercanas a la cantera y hacienda Cura, ubicada específicamente al sector Agua Blanca del municipio San Joaquín del estado Carabobo. Este tributario con aporte de caudales al lago Los Tacariguas principalmente en temporada de invierno, es considerado uno de los mejores ríos de la cuenca en condiciones de calidad físico-química y bacteriológica de sus aguas, esto debido principalmente a que durante su recorrido no se observa afectación por descargas residuales e industriales.

Durante los años 2014 y 2015 no fue posible monitorear las aguas del río Cura dado que no presentaban caudal, por tal motivo analizaremos los resultados obtenidos en campañas de muestreo anteriores, específicamente entre los años 2011 y 2013, en la cual se demuestran valores de Oxígeno Disuelto, en el rango de entre 6 a 8 mg/L, y concentración de materia orgánica en el rango de 1 a 5 mg/L para $DBO_{5,20^{\circ}C}$, esto demuestran poca afectación de las



aguas del río Cura por descargas residuales, igualmente este punto de vista se reafirma a observar valores bajos en coliformes fecales y totales.

Cabe señalar que aunque las aguas del río Cura, presentan condiciones adecuadas desde el punto de vista de calidad de aguas, es importante considerar un recorrido por su cauce, específicamente aguas abajo, dado que cercana a su desembocadura al lago Los Tacariguas se desarrollan actividades agrícolas, por consiguiente es importante la vigilancia y control en esta zona de convergencia.



IV.3.- IDENTIFICAR LAS FUENTES GENERADORAS DE MATERIA ORGÁNICA, FÓSFORO Y NITRÓGENO EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS

Para el desarrollo de este objetivo se procedió a realizar jornadas de inspección técnica a los 18 ríos y 3 canales industriales tributarios a la cuenca del lago Los Tacariguas, dichas actividades se llevaron a cabo durante las jornadas de monitoreo y muestreo durante las campañas de 2014 y 2015, obteniéndose información referida principalmente a zonas industriales, centro habitacionales y otras actividades con incidencia sobre la calidad de las aguas de los tributarios en estudio. Para resumir dicho objetivo se utilizaron las tablas resúmenes números 4 y 5, en ellas se describe las ubicaciones de los ríos tributarios, así como las posibles fuentes generadoras de materias orgánicas y nutrientes, del mismo modo se señala los sectores y zonas poblacionales con influencia directa e indirecta sobre los cuerpos de agua en estudio.

Es importante señalar que en la mayoría de los casos se puede apreciar una gran incidencia de las descargas residuales domesticas en los ríos tributarios, las descargas domesticas presentan un elevado contenido de materia orgánica y de nutrientes, además de afectar los cuerpos de agua desde el punto de vista bacteriológico con la incorporación de coliformes fecales y totales.

Con respecto a la influencia por descargas industriales se puede decir que los ríos tributarios con mayor afectación son: por el estado Aragua, los ríos Guey, Caño Aparo y Turmero, al igual que los canales industriales de la zona industrial de San Vicente, canal Corpindustria y canal Papelera. Por el estado Carabobo, la mayor influencia corresponde al río Los Guayos, el cual es el receptor final de gran parte de quebradas y canales abiertos que atraviesan la zona industrial de Valencia; de igual manera es necesario mencionar que en la actualidad el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas a través de las direcciones regionales de Aragua y Carabobo, desarrolla un programa de inspección técnica a las empresas con plantas de tratamiento de aguas residuales, observándose en algunos casos dificultades en el proceso de remoción de parámetros controles como Fosforo y Solidos Suspendidos Totales, asimismo se constata la actual dificultad para la adquisición de equipos y reactivos utilizados en los procesos de tratamiento, como coagulantes y aditivos químicos, lo cual generaría dificultades en los efluentes generados.

Tabla N 4: Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Aragua.

Tributario (Subcuenca)	Sectores Influencia (Municipio/Población)	Principales Fuentes Generadoras			Observaciones
		Domestica	Industrial	Agrícolas	
Rio Guey (Sub Cuenca del Rio Guey)	Centros urbanos de la ciudad de Maracay y Aguas abajo Zona Industrial San Vicente. (Municipio Girardot). Población: 450.725 personas para 2014. (Fuente INE 2014).	X	X		Rio afectado aguas abajo por descargas domesticas e industriales; se recomienda jornadas de Vigilancia y control para revisar las plantas de tratamientos de efluentes sanitarios e industriales
Rio Maracay (Sub Cuenca del Rio Maracay).	Centros urbanos de la ciudad de Maracay, específicamente los sectores del sur de la ciudad, específicamente Campo Alegre. (Municipio Girardot). Población: 450.725 personas para 2014. (Fuente INE 2014).	X	X		Rio afectado aguas abajo por descargas domesticas de los sectores Democracia y El Castaño, presencia de descargas de los sectores industriales de San Jacinto y Piñoral.
Rio Turmero (Sub Cuenca del Rio Turmero).	Recorre parte de los municipios Santiago Mariño (Población: 233.081), Francisco Linares Alcántara (Población: 133.505) y Libertador (Población: 123.264). (Fuente INE 2014).	X	X	X	Recibe aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas de los sectores Guayabita, El Macaro y casco central de Turmero. Igualmente recibe efluentes domésticos de los sectores 19 de Abril, La Morita y Samán de Guere. Es importante señalar que se plantea realizar el colector marginal derecho del rio Turmero desde el sector El Macaro hasta el sector Paya.
Rio Aragua (Sub Cuenca Rio Aragua).	Es uno de los tributarios con mayor recorrido, aproximadamente 58 Kilómetros, durante su recorrido atraviesa los municipios Tovar, JoséFélix Ribas, Bolívar, Santiago Mariño, Sucre, JoséÁngel Lamas y Libertador. (Población Total Involucrada: Aproximadamente 695.000). (Fuente INE 2014.)	X	X	X	Recibe aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas durante su recorrido, las aguas de este importante tributario son aprovechadas en parte como suministro de agua al embalse Zuata, y aguas abajo se une al rio Turmero para servir de alimentación al embalse Taguaguay. La otra parte desemboca al lago Los Tacariguas.
Canal Industrial Corpindustria	Inicialmente se acondiciono como canal de lluvia en el en el sector noreste del municipio Girardot. Incidencia directa las Zonas residenciales e Industrial de San Vicente	X	X		Afectado principalmente por descargas industriales y domesticas de la Zona Industrial San Vicente, se plantea jornadas de vigilancia y supervisión del sector industrial de la zona. Igualmente se plantea a futuro canalizar sus aguas a una estación de bombeo en la zona, y direccionarlo a la planta de tratamiento de aguas residuales Taguaguay.

Tabla N 4 (Continuación): Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Aragua.

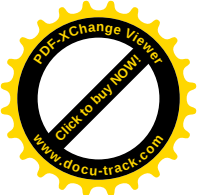
Tributario (Subcuenca)	Sectores Influencia (Municipio/Población)	Principales Fuentes Generadoras			Observaciones
		Domestica	Industrial	Agrícolas	
Rio El Limón (Subcuenca del Rio El Limón óTapatapa)	Influenciado por los centros poblados del sector El Limón, el norte de Caña de Azúcar y de los sectores la Candelaria. Durante su recorrido recorre parte de los municipios Mario Briceño Iragorry (Población: 109.306 personas) y Girardot (Población: 450.725 personas). (Fuente INE 2014.).				Durante los años 2007 al 2011 se desarrollaron trabajos de construcción de colectores a los márgenes del río, lográndose sanear completamente en el río. En la actualidad solo presenta caudal en temporadas de lluvias, en sequía completamente seco. SANEADO COMPLETAMENTE
Canal Industrial Papelería	Inicialmente se acondiciono como canal de lluvia en el en el sector Nordeste del municipio Girardot. Incidencia directa las Zonas residenciales de Campo Alegre y Urb San Ignacio al Sur de Maracay.	X	X		Afectado principalmente por descargas industriales y domesticas de la zona Sur del municipio Girardot, las descargas industriales de la zona son principalmente de la pequeña zona industrial del sector. Igualmente se plantea a futuro canalizar sus aguas a una estación de bombeo en la zona, específicamente en el sector de Las Vegas y direccionarlo a la planta de tratamiento de aguas residuales Taguaiguay.
Canal Industrial Sudantex	Inicialmente se acondiciono como canal de lluvia en el en el sector Noreste del municipio Girardot. Incidencia directa las Zonas del centro y el sur de la ciudad Maracay. Influencia Municipio Girardot (Población: 450.725 personas). (Fuente INE 2014.).	X	X		Incidencia directa de las aguas residuales domésticas, principalmente los sectores de Urb Bermúdez y del Del Centro, así como las zonas del terminal de Maracay. El Ministerio desde el año 2006 ha construido sistemas colectores de aguas servidas, sin embargo se recomienda direccionar esfuerzo para completar los proyectos planteados.
Caño Aparo (Subcuenca del Caño Aparo).	Presenta su nacimiento en la zona sureste del Municipio Zamora, presenta una longitud de recorrido de aproximadamente 12 Kilómetros, incidencia en el sector Turagua. Municipio Zamora (Población: 154.832 personas). (Fuente INE 2014.).	X	X	X	Tributario afectados principalmente por descargas residuales domesticas e industriales, igualmente aguas abajo presenta afectación por escorrentías agrícolas, las cuales introducen importantes residuos de plaguicidas y nutrientes (P y N), a través de los fertilizantes.
Rio Tocarón (Sub Cuenca del Rio Tocarón)	Presenta su nacimiento en la zona suroeste del Municipio Zamora, presenta una longitud de recorrido de aproximadamente 23Kilometros.	X	X	X	Tributario afectados principalmente por descargas residuales domesticas e industriales y agrícolas. En proyecto sistema de tratamiento.
Caño Magdalena (Sub Cuenca del Rio Tocarón).	Influencia en la zona Suroeste del municipio Zamora, específicamente sector Magdalena.	X		X	Tributario afectados principalmente por descargas residuales domésticas y agrícolas. En proyecto sistema de tratamiento para el sector.

Tabla N 5: Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Carabobo.

Tributario (Subcuenca)	Sector de Influencia (Municipio/Población)	Principales Fuentes Generadoras			Observaciones
		Doméstica	Industrial	Agrícolas	
Rio Los Guayos (Sub cuenca del Rio Los Guayos).	Presenta su nacimiento en el Municipio San Diego (Población: 116.067 habitantes), posteriormente durante su recorrido atraviesa sectores del Municipio Los Guayos (Población: 158.830). (Fuente INE 2014.).	X	X	X	Incidencia de aguas residuales domésticas de sectores e los municipios San Diego y Los Guayos, principalmente los sectores vivienda rural de Los Guayos y El Roble. Igualmente es receptor final de canales de lluvias que se han convertido en depósitos de descargas industriales. Se pudo observar que la quebrada Quigua importante tributario del río Los Guayos, presenta gran contenido de descargas industriales de la zona industrial de Valencia.
Caño La Negra (Sub Cuenca del Caño La Negra).	Los sectores de Flor Amarillo y Los Bucares del municipio Valencia son los de mayor incidencia en el presente tributario, sus aguas desembocan en el municipio Los Guayos cercanos al sector de Samán Mocho.	X			Afectación principalmente de descargas residuales domésticas de los sectores Los Bucares y Flor Amarillo, se pudo observar una coloración muy turbia de las aguas del Caño La Negra, característica de aguas domésticas. Se recomienda considerar trabajos de ingeniería para la construcción de colectores de aguas residuales en los sectores de incidencias al mencionado tributario.
Rio Guacara (Sub cuenca del Rio Guacara)	Presenta su nacimiento en el sector de Vigirima, recorre los sectores del centro del municipio Guacara (Población: 186.222 habitantes), hasta su desembocadura en el lago Los Tacariguas. (Fuente INE 2014.).	X	X	X	Tributario afectado principalmente por descargas residuales domésticas e industriales, sin embargo aguas debajo del sector El Samán existe un importante asentamiento para el desarrollo agrícola, en la cual se generan aportes de nutrientes principalmente a través de los fertilizantes utilizados en las labores agrícolas.
Rio Guigue (Sub Cuenca del río Guigue)	El sector de Guigue y áreas vecinas en el Municipio Carlos Arvelo (Población: 156.298 habitantes). (Fuente INE 2014).	X		X	Tributario afectados principalmente por descargas residuales domésticas y agrícolas. Igualmente en la zona se desarrolla una importante actividad porcina llevada a cabo mayormente de forma artesanal, la cual debe ser supervisada y controlada por las autoridades ambientales de la región. En proyecto sistema de tratamiento para el sector.
Caño El Nepe (Sub Cuenca del Rio Guacara)	Zona de influencia los sectores de Punta de Cabrito, Yagua y El Nepe en el Municipio Guacara.	X	X		Actualmente tributario sin incidencia en el lago Los Tacariguas, sus aguas fueron canalizadas al río Guacara debido a trabajos de construcción del Instituto del Ferrocarril (IFE). Zona Industrial El Nepe carece de sistema de red cloacal, por lo que se recomienda la supervisión de los sistemas de tratamiento de la zona.

Tabla N 5 (Continuación): Descripción e Identificación de las fuentes generadoras de Materia Orgánica y Nutrientes en los Tributarios al lago Los Tacariguas en el estado Carabobo.

Tributario (Subcuenca)	Sectores Influencia (Municipio/Población)	Principales Fuentes Generadoras			Observaciones
		Domestica	Industrial	Agrícolas	
Caño Central (Sub Cuenca Río Guigue)	Considerado uno de los principales tributarios del lago Los Tacariguas, su área de influencia es principalmente el sector central Tacarigua, su desembocadura tiene lugar hacia el Noreste de la sub cuenca del Río Guigue, muy cercano a la Sub Cuenca del Caño La Negra.	X	X	X	Influenciado por descargas de origen domesticas e industriales propias de la zona, alrededor del tributario se desarrolla una importante actividad agrícola con aporte principalmente de nutrientes debido al uso de fertilizantes. Durante las inspecciones se observó un caudal importante en sus aguas. Entre los trabajos de ingeniería realizados está el desvío del Caño Maruria a la Cuenca del río Pao en el año 2006.
Caño Los Dividives (Sub Cuenca del Caño Los Dividives)	Área de influencia, el sector de Parapara, principalmente el asentamiento campesino cercano a los centros urbanísticos Buenaventura y Roraima. Municipio Los Guayos (Población: 158.830 habitantes). (Fuente INE 2014.).	X	X	X	Tributario afectado principalmente por descargas domésticas, incluso cercanas al punto de muestreo se observa la incorporación de descargas que por apariencia suele ser característica de aguas residuales domésticas. Igualmente el tributario es receptor final de descargas industriales del sector Parapara y así como afectación por escorrentía de las actividades agrícolas típicas de la zona.
Río Ereigue (Sub Cuenca Río Ereigue).	Presenta su nacimiento en el sector Ereigue, recorre parte de la ciudad hasta la desembocadura en el lago Los Tacariguas. Municipio San Joaquín (Población: 65.951 habitantes). (Fuente INE 2014.).	X	X		Afectado principalmente por descargas residuales de origen domestico de los sectores Ereigue y Palo Negro en el Municipio San Joaquín. Igualmente es importante señalar que eventualmente las descargas industriales de las canteras de la zona afecta sus aguas, principalmente agua arriba. Se plantea desarrollar Sistema de Tratamiento en la zona.
Río Cura (Sub cuenca Río Cura).	Presenta su nacimiento cercana a la cantera Cura en el Municipio San Joaquín, recorre el trayecto de la hacienda Cura hasta su desembocadura el lago Los Tacariguas.			X	Considerado uno de los principales tributarios del lago desde el punto de vista de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de sus aguas. No se observa afectación desde el punto de vista de descargas domésticas. Aguas abajo y cercano a su desembocadura se lleva a cabo una importante actividad agrícola.
Río Mariara (Sub Cuenca del Río Mariara).	Área de influencia el sector de Mariara en el Municipio Diego Ibarra (Población: 107.932 habitantes). (Fuente INE 2014.).	X	X		Durante los años 2010 al 2012 se desarrollaron trabajos de construcción de colectores a los márgenes del río, lográndose sanear gran parte del río. En la actualidad solo presenta caudal en temporadas de lluvias, en sequía completamente seco. Se plantea desarrollar un Sistema de tratamiento en la Zona.



IV.4.- ANALIZAR LA TENDENCIA HISTÓRICA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS

Para el cumplimiento de este objetivo se procedió a considerar los resultados que forman parte de la base de datos que es llevada a cabo por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la región central del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, principalmente con respecto al análisis de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas que conforman los ríos tributarios de la cuenca en estudio; para ello se tomaron en consideración los resultados de monitoreo y muestreo desde la temporada de 1997 hasta la actualidad (2015).

Para el análisis de la tendencia histórica de materia orgánica en los ríos tributarios, se procedió a realizar los cálculos referidos a las cargas másicas de materia orgánica, y referidos a la Demanda Biológica de Oxígeno ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), la decisión de trabajar con valores de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ en vez de valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO), se deriva de la necesidad de tener resultados que permitan ser comparados con la normativa legal vigente, específicamente con el artículo 32 del Decreto 3219, se establece como carga límite de demanda biológica de oxígeno ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), provenientes de la suma de las descargas puntuales al lago, la cantidad 25.000 kg/día, por tal motivo se estableció el aporte en términos de cargas másicas ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) de cada tributario, como una fuente de descarga puntual al lago Los Tacariguas.

Los resultados de los cálculos de carga másica de materia orgánica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), aportados por cada río tributario, tanto para los ríos tributarios del estado Aragua como el estado Carabobo, se resumen en la Tabla N 6. Es importante señalar que para el año 1999 se decidió monitorear únicamente los ríos Guey en el estado Aragua y Los Guayos y Caño Central en el estado Carabobo, esto debido a problemas de logística en la institución responsable para la época, sin embargo, para este trabajo se consideraron los aporte másicos de los principales ríos tributarios a la cuenca del lago. Asimismo, es necesario mencionar que para los años 2002 y 2004 no se dispone de información de campañas de muestreo en todos los tributarios de la cuenca del lago, debido a que al igual que en el año 1999, la institución encargada del monitoreo presentó limitaciones de logística y reactivos para llevar a cabo la campaña.

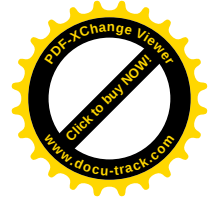
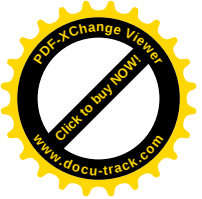


Tabla N 6: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de DDBO_{5,20}^a aportados por la Red Hidrológica

del lago Los Tacariguas

Rio	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rio Guey	12830	46051	20736	36239	17791	36983	16423	17408	11623	13380	3815	3758	4579	8118	11128	14240	5731
Canal Sudamtex	3110	8863	N.M	4980	0	1058	1807	1306	1431	1477	861	200	503	163	67	105	272
Canal Papelera	6260	3359	N.M	1369	0	840	1905	831	829	588	2232	270	162	134	54	44	24
Canal Corpindustria	0	2048	N.M	1034	342	1063	1477	792	1033	2255	734	373	1443	1595	1572	1773	560
Rio Maracay	3421	3774	N.M	2586	1026	2419	1925	2613	1745	2527	1912	1776	3644	2939	1129	4995	2070
Rio Turmero	1555	4012	N.M	2804	1674	1827	2330	2055	2333	3097	2566	2729	2879	9281	2661	4509	4537
Rio Aragua	0	2595	N.M	1382	498	233	4142	6428	2056	7714	1557	2100	9564	995	17	3061	1194
Rio Limon	363	980	N.M	2376	508	886	1346	779	497	21	30	397	132	61	449	0	0
Rio Tocarón	276	673	N.M	86	0	70	381	303	570	523	353	1134	83	928	161	604	160
Caño Magdalena	73	627	N.M	44	0	60	126	55	181	28	38	68	99	184	11	12	110
Caño Aparó	0	146	N.M	22	0	62	2165	855	317	910	397	2238	600	824	146	3026	81
Los Guayos	34819	76516	9331	16553	0	2212	12338	8766	5625	5902	537	949	1610	656	4050	964	1745
Caño Central	9331	11163	27052	20667	3707	9720	7633	1909	1120	3931	327	2381	7066	2460	5523	1445	3678
Rio Guacara	467	6065	N.M	2758	0	508	1825	546	2540	2274	3459	1026	758	916	6509	142	435
Caño La Negra	233	233	N.M	1452	1417	2117	3747	1283	1486	2431	2661	995	3126	648	657	2561	3037
Rio Mariara	187	1392	N.M	66	0	0	17	100	32	10	91	690	1231	470	294	1	0
Rio Ereigue	93	308	N.M	168	0	67	41	544	272	145	581	393	209	158	404	487	33
Rio Guigue	67	156	N.M	1302	4246	1635	1089	1037	1413	1190	984	1970	402	1170	1346	586	224
Caño Dividive	18	264	N.M	227	2618	98	22	304	81	194	56	743	1272	616	1169	2120	490
Rio Cura	0	8	N.M	5	0	0	4	116	60	0	0	142	22	12	31	0	0
Caño El Nepe	0	0	N.M	3428	467	0	1454	3542	2322	850	60	97	0	0	0	0	0
Total DBO (Kg/Dia)	73105	169233	57119	99547	34294	61858	62198	51573	37568	49446	23250	24429	39384	32329	37378	40674	24383

Fuente: Elaboración propia en base a los Datos suministrados por Laboratorio Calidad Ambiental.

N.M: No Muestreado en el Año.

Nota: Los Valores de la Tabla N° 6 representan el promedio de carga másica por año en cada cuerpo de aguas en estudio. Considerando el promedio de dos campaña de muestreo al año, es decir, temporada de sequía e invierno en cada tributario.

IV.4.1.- ANALISIS HISTÓRICO DE CARGA MASICAS ($DBO_{5,20^{\circ}}$) DE TRIBUTARIOS ESTADO ARAGUA.

En la Figura N 6 se representa la variación histórica del aporte de cargas másicas en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Aragua y drenan sus aguas al lago Los Tacariguas.

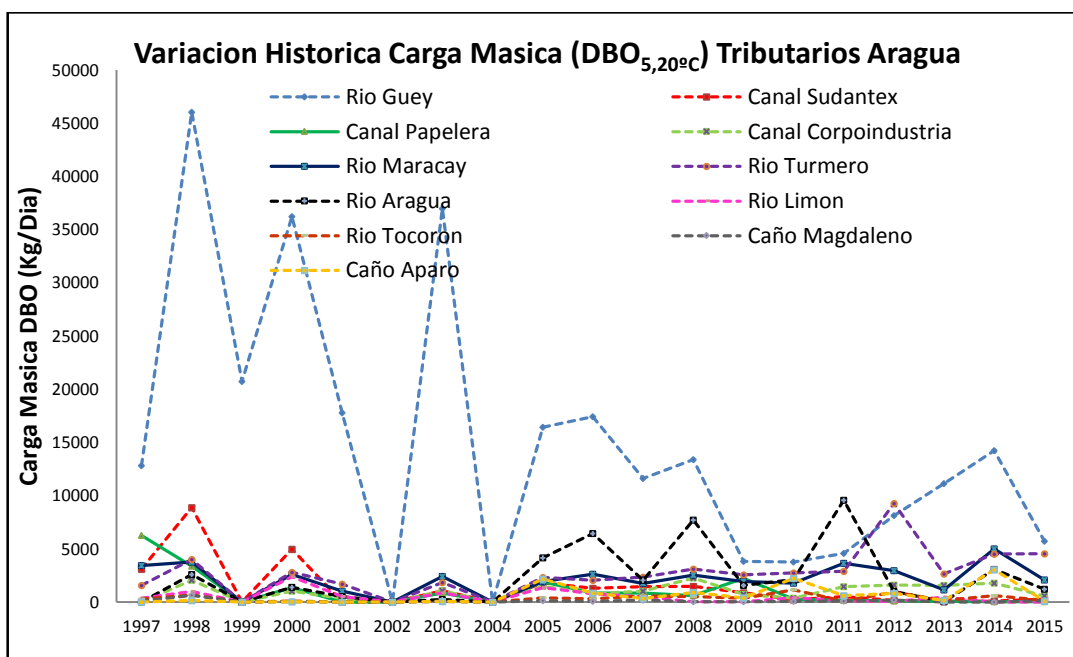
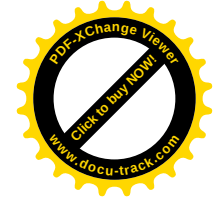
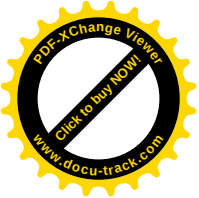


Figura 6: Variación Histórica Carga Másica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) tributarios Aragua

En esta figura se puede apreciar que el río Guey es el tributario del estado Aragua con mayor aporte de carga másica referida en términos de ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) durante todas las campañas de muestreo, presentando su valor máximo de aproximadamente 45000 Kg/Día para el año 1998. Se observa también que a partir del año 2003 este valor comienza a disminuir hasta aproximadamente el año 2011, no obstante a partir del año 2012 se observa un aumento constante hasta el año 2014, presentando un valor de 5731 Kg/día para el año 2015, valor considerado máximo entre los ríos tributarios del estado Aragua para esa campaña de muestreo.

Con respecto a los otros tributarios se puede apreciar una tendencia a estabilizarse con valores constantes variados en los rangos de 100 hasta los 3000 Kg/día, sin embargo los ríos Aragua, Maracay y Turmero, presentaron puntos con tendencia elevada entre los años 2012 y



2014. El aporte del tributario conocido como Canal Papelera, presenta una tendencia a la disminución, debido a las obras de control y saneamiento llevadas a cabo en la cuenca del lago Los Tacariguas, de hecho se puede apreciar un rango constante entre los (30-150) Kg/día entre los años 2011 y 2015, comparado con los de (1300-6000) Kg/día aportados entre los años 1997-2000. De igual manera se puede apreciar que los aportes del canal industrial Corpindustria presentan valores constante en el rango de los (1000-2000) Kg/día, para los años en estudio, también se puede observar que los ríos que presentan menor incidencia en términos de aportes másico ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) resultaron ser Caño Magdalena y los ríos El Limón y Tocarón.

IV.4.2.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE CARGA MÁSICAS ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) DE TRIBUTARIOS ESTADO CARABOBO

En la Figura N 7 se representa la variación histórica del aporte de cargas másicas en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Carabobo y drenan sus aguas al lago Los Tacariguas.

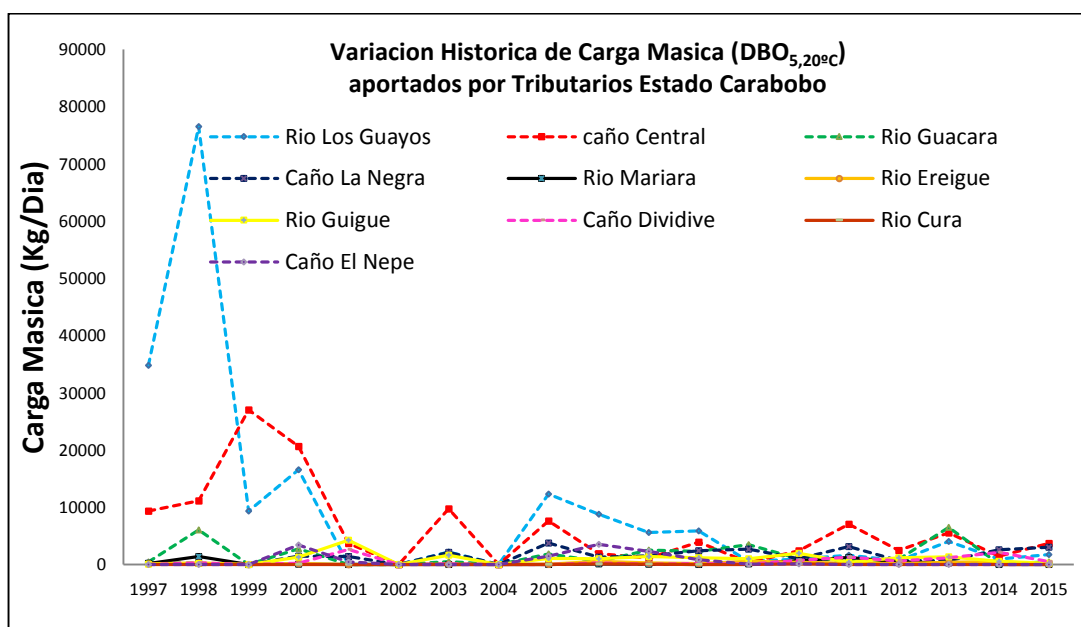
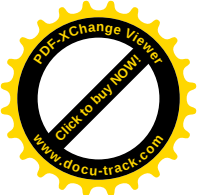


Figura N° 7: Variación Histórica Carga Másica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) tributarios Carabobo.

A través de la figura se puede apreciar que el río Los Guayos resultó ser para los muestreos de los años 1997 y 1998, el tributario del estado Carabobo con mayor aporte de carga másica referida en términos de ($DBO_{5,20^{\circ}C}$); sin embargo, entre los años 1999 hasta la

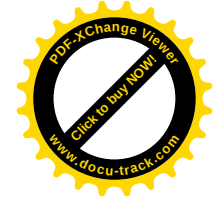
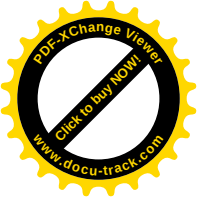


actualidad, presenta un comportamiento descendente en su aporte al lago Los Tacariguas. Este comportamiento puede ser consecuencia del Proyecto de saneamiento y de la construcción y operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Guayos, en donde gran parte de las aguas residuales del municipio Los Guayos y parte del municipio Guáacara, fueron canalizadas a través de sistemas de colectores a la mencionada planta de tratamiento, permitiendo mejorar las condiciones de la calidad de las aguas del río Los Guayos con respecto al contenido de materia orgánica.

Sin embargo a partir del año 2005 hasta la actualidad, los valores de este parámetro presentan variaciones en el rango desde (2000-10000) Kg/día, por lo que se recomienda la inspección técnica a lo largo del cauce del río, con la finalidad de ubicar las fuentes generadoras de materia orgánica aportadas al río Los Guayos. Igualmente se puede apreciar que el río Caño Central resulta ser un tributario presenta un aporte considerable de cargas másicas ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$) en el estado Carabobo, y en la actualidad resulta ser el de mayor aporte con un valor aproximado de 3700 kg/día.

Asimismo se refleja a través de la figura N 7, que para los años 2014 y 2015, el río Caño La Negra presenta valores elevados en términos de aportes másicos ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$), el mencionado río en la actualidad es receptor de numerosas descargas residuales domesticas del sector de Los Bucares y Flor Amarillo en el estado Carabobo. Es importante señalar el aumento del aporte de materia orgánica presentado en los últimos años en el río Caño Los Dividives, por lo que se recomienda a las autoridades ambientales de la región programas de vigilancia y control de los proyectos urbanísticos en desarrollo en la zona de Paraparaal municipio Los Guayos del estado Carabobo.

Con respecto a los ríos Ereigue, Guáacara y Guigue, se observan valores muy variados en el rango entre (300-2000) Kg/día; por último es importante señalar las mejoras que han logrado obtener en el río Mariara, debido a las obras de construcción de sistemas recolectores de aguas residuales, en donde en la actualidad se observan bajos valores de cargas másicas ($\text{DBO}_{5,20^{\circ}\text{C}}$), con un rango entre 100 Kg/día entre los años 2012-2015.



IV.4.3.- DETERMINACIÓN TENDENCIA HISTÓRICA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS.

En la Figura N°. 8 se observa la variación de aporte de Carga másica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) aportados por el total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas, entre los años 1997 al 2015, exceptuando las campañas de muestreos de los años 2002 y 2004, de igual manera se observa el máximo permisible establecido en el Decreto 3219 sobre las “*Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*”; específicamente el artículo 32, en donde se establece como carga límite de demanda biológica de oxígeno ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), provenientes de la suma de las descargas puntuales al lago, la cantidad 25.000 kg/día. En la mencionada figura , se refleja la tendencia positiva que representa la reducción del aporte de materia orgánica por parte del total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas, pudiéndose notar que entre los años 1997-2000, se obtienen los máximos valores de flujos másicos, con valores en el rango entre los (55000-160000) Kg/día; sin embargo entre los años 2001 hasta la actualidad presenta un comportamiento variado, obteniéndose un máximo de aproximadamente 62000 Kg/día para el año 2005, y un mínimo de aproximadamente 23000 Kg/día para el año 2009, fecha para la cual se logró por primera vez desde la vigencia del decreto 3219, estar dentro del límite máximo permisible.

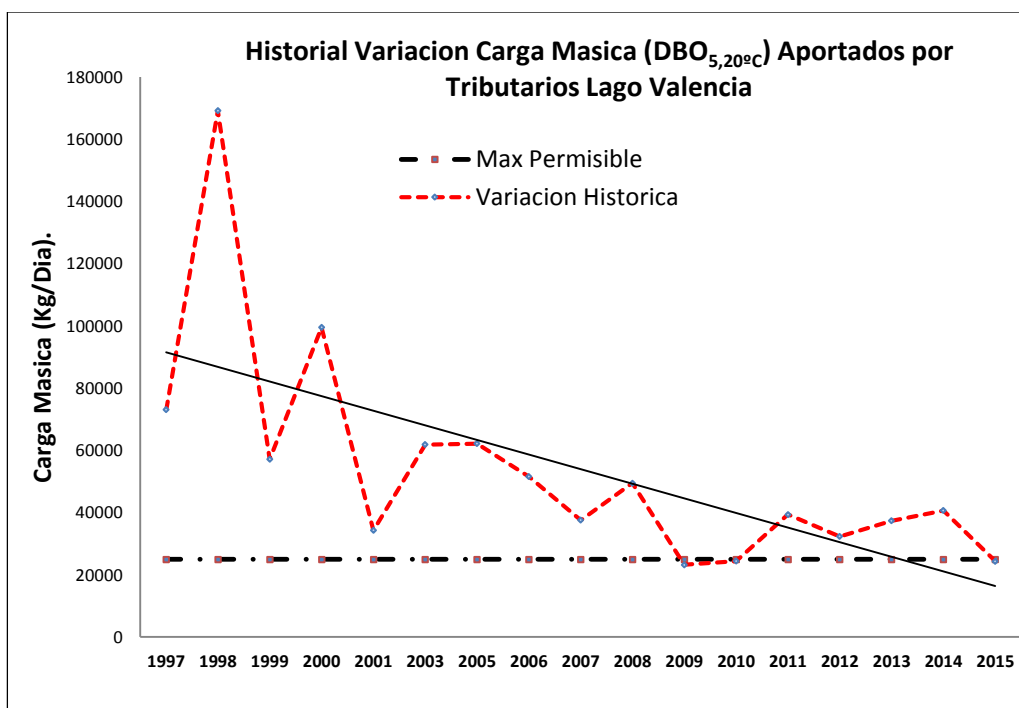
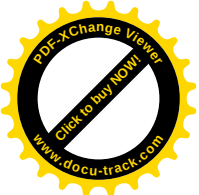


Figura N 8: Tendencia Histórica Carga Másica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) tributarios lago Los Tacariguas.



La tendencia positiva en la reducción del aporte de carga másica aportada por los ríos y canales tributarios al lago Los Tacariguas, puede atribuirse al esfuerzo de saneamiento ambiental que han emprendido las autoridades nacionales en materia de construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Taguaguay estado Aragua, y Los Guayos y La Mariposa en el estado Carabobo; de igual manera la construcción de colectores de descargas residuales domésticas, para su dirección y posterior tratamiento. Sin embargo a pesar del esfuerzo en materia de construcción de obras de ingeniería ambiental en la cuenca del lago Los Tacariguas, es notorio que la mayoría de los valores obtenidos se encuentran sobre el máximo permisible establecido en la normativa; únicamente las temporadas 2009, 2010 y la de 2015, se logró estar por debajo de los 25000 Kg/día ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), los valores obtenidos presentaron valores entre (23000-24500) Kg/día.

Con respecto a los resultados obtenidos en la actualidad, se puede considerar como un logro haber alcanzado el valor mínimo de aporte de materia orgánica por parte de los tributarios al lago Los Tacariguas en los últimos cinco años; es decir 24383 Kg/día obtenido en la campaña de verano del 2015. Este resultado representa el primer valor, desde 2010 hasta la actualidad, que cumple con la normativa legal vigente, sin embargo hay que considerar que el año 2015 representó uno de los últimos años afectados por la sequía o fenómeno del niño en la región, lo que originó menos caudales en los cauces de los ríos y se refleja en los valores de carga másica.

Para continuar con esta tendencia favorable, es importante desarrollar planes y jornadas de vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales nacionales y regionales; con la finalidad de identificar las principales fuentes generadoras de descargas residuales domésticas e industriales; principalmente en los ríos Guey, Turmero, Maracay y Aragua en el estado Aragua, y los ríos Caño Central, caño La Negra y Los Guayos en el estado Carabobo.

En la Figura N 9, se observa la distribución porcentual en términos de aportes másicos ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) para cada uno de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas durante el último año en estudio 2015; se puede apreciar que el río Guey representa el mayor aporte de materia orgánica durante el año 2015, con un 23.5%, seguido de los ríos Turmero, Caño Central y Caño La Negra con valores entre 12-18%. Los ríos Maracay, Los Guayos y Aragua

presentaron valores de incidencia entre 5-9% sobre el total aportado al lago Los Tacariguas. Es importante resaltar que las mejoras en la calidad físico-química de los ríos El Limón y Mariara, son resultado de la construcción de sistemas colectores de aguas residuales principalmente domesticas en las zonas de influencia de los cauces de estos ríos. Con respecto al aporte de ríos tributarios por estado, resultó ser el conjunto de ríos del estado Aragua con mayor incidencia en el aporte de carga másica en el lago Los Tacariguas, con un valor de 60.4% sobre un 39.6% de aporte del conjunto de tributarios del estado Carabobo.

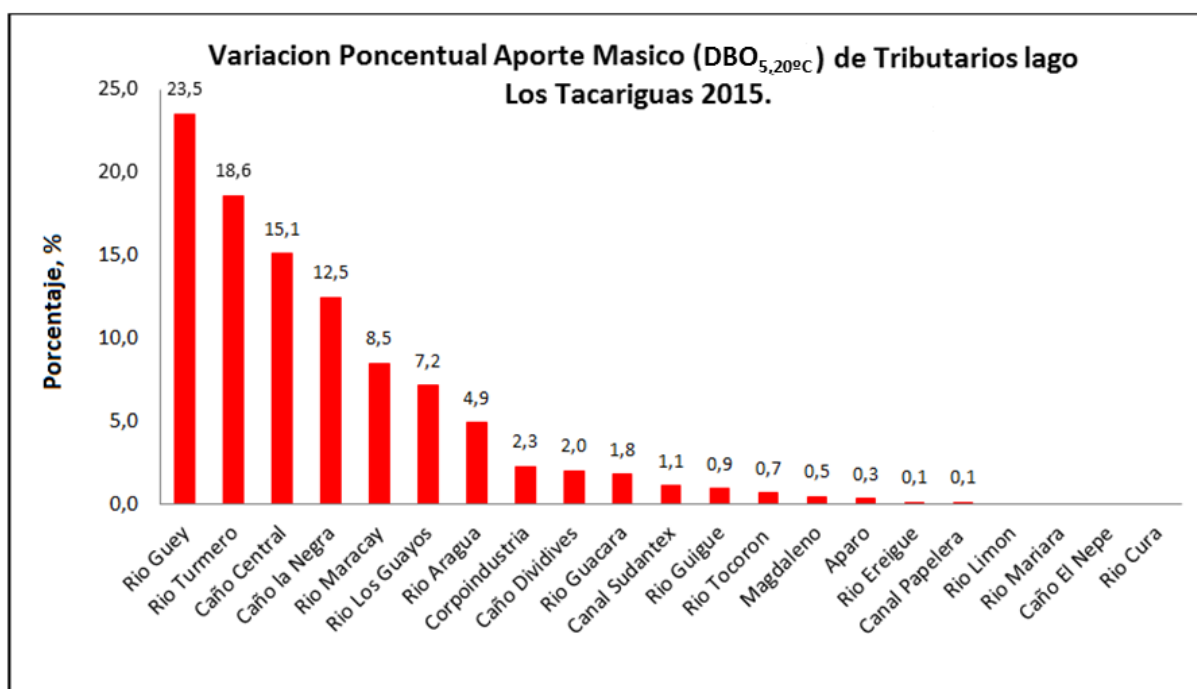
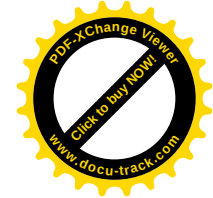
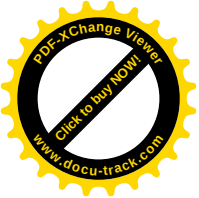


Figura N 9: Variación Porcentual Carga Másica ($DBO_{5,20^{\circ}C}$) tributarios lago Los Tacariguas 2015



IV.5.- ANALIZAR LA TENDENCIA HISTÓRICA DE FOSFORO TOTAL EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS

Al igual que para el objetivo anterior, se procedió a analizar los resultados que forman parte de la base de datos que es llevada a cabo por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la región central del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas, es decir los resultado de los análisis de físico-químicos y bacteriológicos de los ríos y canales industriales tributarios al lago Los Tacariguas.

Para el análisis de la tendencia histórica de carga másica referida al nutriente fosforo, se procedió a comparar los resultados obtenidos con la normativa legal vigente, específicamente con el artículo 31 del Decreto 3219, el cual establece como carga límite de Fosforo Total en el lago, la cantidad $0.3 \text{ g/m}^2/\text{año}$, considerando una superficie de espejo de agua del lago de aproximadamente 370 Km^2 ; utilizando las unidades de conversión es un equivalente a 304 kg/Día .

Los resultados de los cálculos de carga másica de en términos de nutriente Fosforo Total (PT), aportados por cada rio tributario, tanto para los ríos tributarios del estado Aragua como el estado Carabobo, se resumen en las tabla 7. De igual manera es necesario mencionar que para los años 1999, 2002 y 2004 no se consta con información de campañas de muestreo en todos los tributarios de la cuenca del lago, al igual que para el caso de la determinación de las cargas másicas de $(\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}})$, se utilizaron graficas del total de tributarios por estado que constituyen la cuenca del lago Los Tacariguas, es decir (Aragua y Carabobo), y para el análisis de la determinación de la tendencia, se utilizaron la sumatoria del total de tributarios que conforman la cuenca en estudio.

Tabla N 7: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de Fosforo Total (PT) aportados por la Red Hidrológica del lago Los Tacariguas

Rio	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rio Guey	295	472	242	436	462	857	406	292	387	199	153	80	99	236	167	382	318
Canal Sudantex	161	183	N.M	133	0	52	84	81	82	57	56	21	23	8	4	10	10
Canal Papelera	36	15	N.M	14	0	16	14	11	12	24	105	8	10	3	2	1	2
Canal Corpindustria	0	44	N.M	24	10	38	37	16	61	55	53	33	37	79	43	43	32
Rio Maracay	195	137	N.M	109	45	86	192	197	196	109	135	76	494	220	93	242	131
Rio Turmero	160	149	N.M	138	92	93	196	125	159	121	155	252	161	315	109	208	160
Rio Aragua	0	33	N.M	27	11	12	62	321	290	182	198	108	409	332	1	207	123
Rio Limon	38	28	N.M	121	19	32	66	49	40	1	3	15	10	14	13	0	0
Rio Tocarón	40	26	N.M	12	0	12	49	94	79	99	37	23	38	263	46	117	27
Caño Magdalena	5	20	N.M	4	0	2	9	5	10	1	3	4	4	8	1	0	5
Caño Aparó	0	35	N.M	9	0	10	398	18	59	12	114	115	162	149	81	199	9
Los Guayos	884	1337	435	236	0	124	254	323	252	121	58	53	133	75	227	9	87
Caño Central	715	676	1571	556	694	475	643	176	78	326	66	464	167	397	144	45	473
Rio Guacara	21	123	N.M	54*	0	46	75	17	118	64	118	33	54	63	267	6	29
Caño La Negra	30	37	N.M	64	71	60	99	57	68	78	72	81	107	15	24	66	174
Rio Mariara	8	31	N.M	1	0	0	2	1	2	0	5	69	54	22	9	0	0
Rio Ereigue	4	25	N.M	8	0	5	3	4	10	4	67	24	20	13	26	12	14
Rio Guigue	3	10	N.M	61	204	29	31	45	48	17	37	138	35	174	106	20	55
Caño Dividive	2	13	N.M	15	78	15	3	6	5	7	9	59	42	64	97	87	105
Rio Cura	0	0	N.M	0	0	0	1	1	2	0	0	7	5	1	0	0	0
Caño El Nepe	0	0	N.M	96	10	0	68	207	102	45	6	8	0	0	0	0	0
Total PT (Kg/Día)	2596	3394	2248	2121	1696	1964	2693	2048	2061	1525	1451	1672	2064	2452	1460	1653	1754

Fuente: Elaboración propia en base a los Datos suministrados por Laboratorio Calidad Ambiental.

N.M: No Muestreado en el Año.

***:** Valor tomado como ejemplo en Cap III.

Nota: Los Valores de la Tabla N° 7 representan el promedio de carga másica por año en cada cuerpo de aguas en estudio. Considerando el promedio de dos campaña de muestreo al año, es decir, temporada de sequía e invierno en cada tributario.

IV.5.1.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE CARGA MÁSCAS (FOSFORO TOTAL) DE TRIBUTARIOS ESTADO ARAGUA.

En la Figura N° 10 se representa la variación histórica del aporte de cargas másicas de nutriente Fosforo Total aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Aragua y drenan sus aguas al lago Los Tacariguas. A través de la misma se puede observar que el tributario río Guey, resultó ser el que mayor valores de carga másica de Fosforo Total presentó entre los años 1997-2005, con valores en el rango de 240-850 Kg/Día, presentado su valor máximo en el año 2003 con un valor de 857 Kg/Día.

Entre los años 2005-2012 presentó valores variables entre 80-400 Kg/Día de carga másica, los años 2010 y 2011 resultaron ser los valores por debajo de los 100 Kg/Día, lo cual se atribuye a la construcción de colectores de aguas residuales e industriales en el sector de San Vicente estado Aragua, área de incidencia y de recorrido de este importante río tributario. Entre los años 2012 hasta la actualidad, el río Guey presentó valores variables de carga másica en el rango de 150-400 Kg/Día, resultando ser para el año 2015 el tributario del estado Aragua con mayor aporte de carga másica con un valor de 318 Kg/Día.

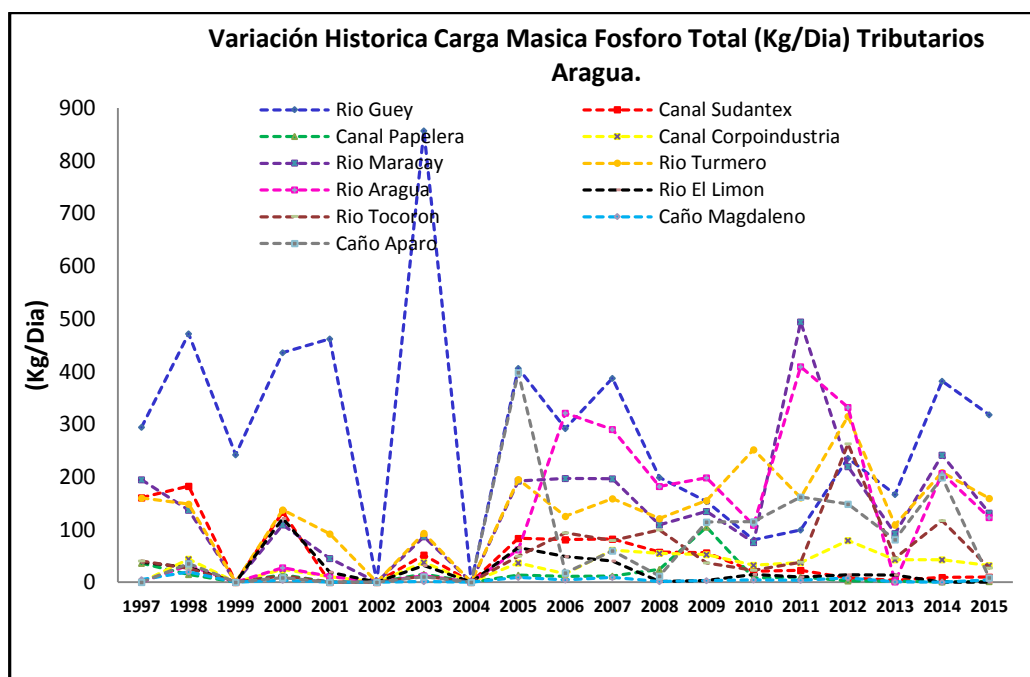
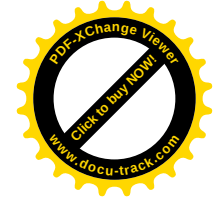
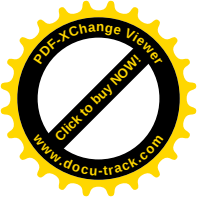


Figura N° 10: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Aragua.



Con respecto a los otros tributarios del estado Aragua, se puede apreciar una tendencia variable a para la mayoría de los ríos en estudio; en donde los tributarios Turmero, Maracay y Aragua, presentaron valores elevados de aporte másicos del nutriente Fosforo; los valores presentaron un rango entre 80-400 Kg/Día; resultando ser el río Maracay con el valor máximo histórico en el año 2011, con un valor de aproximadamente 490 Kg/Día. Es importante señalar que el tributario canal Corpoindustria, ubicado en la zona industrial de San Vicente en la ciudad de Maracay estado Aragua, presentó durante los años de análisis valores en el rango de 30-80 Kg/Día de Fosforo Total, valores relativamente bajos considerando que se encuentra ubicado en un área de constante descargas industriales.

Los aportes del río Tocarón y caño Aparo, presentan valores constante en el rango de los (90-150) Kg/día, para los años en estudio, también se puede observar que los ríos que presentan menor incidencia en términos de aportes másico (PT) resultaron ser Caño Magdaleno, canal Papelera y río El Limón, este último mejorando considerablemente sus aportes posterior a las obras de saneamiento y construcción de colectores de aguas servidas, las cuales son principalmente de origen domésticos durante su recorrido.

IV.5.2.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE CARGA MÁSCAS (FOSFORO TOTAL) DE TRIBUTARIOS ESTADO CARABOBO.

En la Figura N° 11 se representa la variación histórica del aporte de cargas másicas de nutriente Fosforo Total aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Carabobo y drenan sus aguas al lago Los Tacariguas. En la misma se puede observar que los tributarios Caño Central y río Los Guayos, resultaron ser los ríos con mayor aporte de este nutriente durante los primeros años de muestreo, es decir entre los años 1997-2000; sin embargo durante estos años se observa una disminución progresiva en los valores de cargas másicas aportados por ambos ríos, resultando para el río Los Guayos una reducción desde 884 Kg/Día para el año 1997 hasta 220 Kg/Día para el año 2000; esta disminución fue debido principalmente a la construcción de colectores de aguas servidas en los sectores del municipio Los Guayos en el estado Carabobo, y la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Guayos.

De igual manera hay que mencionar que este importante tributario se ha mantenido con comportamientos variables de cargas másicas, y valores en el rango de (60-300 Kg/Día) entre los años 2000-2015, por lo que es recomendable revisar las fuentes generadoras de nutriente para tan importante tributario a la cuenca del Lago Los Tacariguas. Con respecto al tributario Caño Central, se observa una variación similar de disminución de los valores de cargas másicas, sin embargo entre los años 2012 hasta la actualidad, tributario Caño Central presentó valores variables de carga másica en el rango de 45-470 Kg/Día, resultando ser para el año 2015 el tributario del estado Carabobo con mayor aporte de carga másica con un valor de 473 Kg/Día.

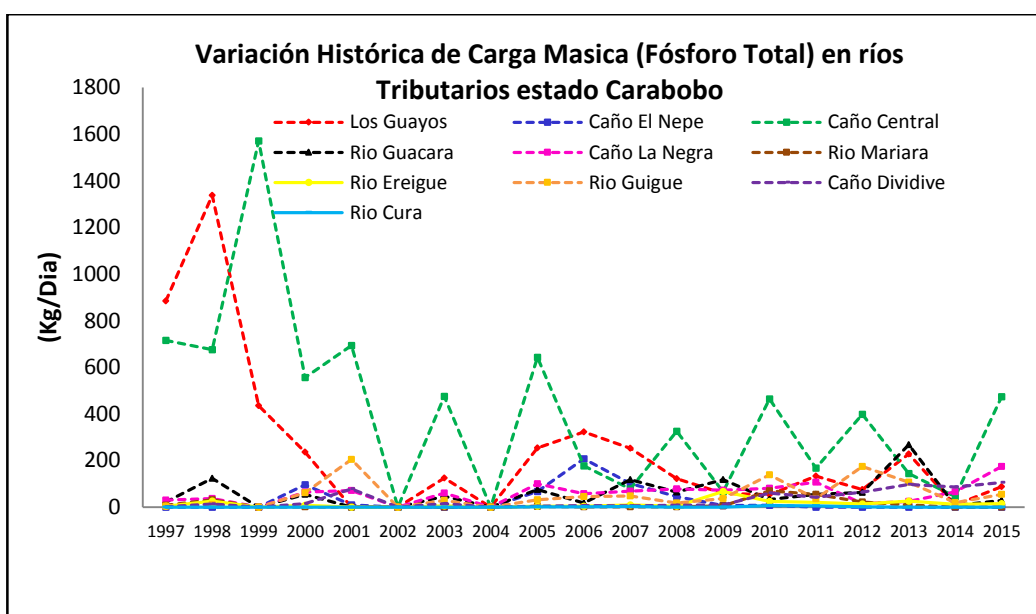
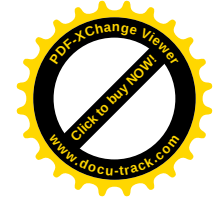
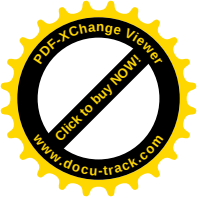


Figura N° 11: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Carabobo.

Con respecto a los otros tributarios del estado Carabobo, se puede apreciar una tendencia variable a para la mayoría de los ríos en estudio; en donde los tributarios Caño La Negra, y los ríos Guacara y Guigue, presentaron valores muy variables en el rango entre 15-250 Kg/Día, sin embargo es necesario mencionar que en la actualidad el tributario Caño La Negra resulta ser el segundo tributario del estado Carabobo con mayor incidencia de nutriente, con un valor de aproximadamente 170 Kg/Día; este tributario ubicado cercano a los sectores Samán Mocho y Los Bucares en el municipio Valencia en el estado Carabobo, presenta una gran incidencia por descargas residuales de las mencionados sectores, convirtiéndose en la actualidad en uno de los principales problemas con respecto a la disposición de aguas residuales de origen domésticos en el estado Carabobo.



Cabe mencionar que los ríos Ereigue, y Caño Dividives presentaron valores variables en aporte de nutrientes Fosforo; observándose un incremento en los últimos años por cada río en el aporte másico del nutriente; este incremento es debido principalmente al crecimiento en el desarrollo habitacional cercano al recorrido de ambos ríos; principalmente en el Caño Dividives en los sectores de Parapará en el municipio Los Guayos, en donde se observa disposición final de descargas residuales de origen domésticos. Por último se puede observar que los ríos tributarios Mariara y Cura presentan en la actualidad condiciones adecuadas en términos de poca influencia de cargas del nutriente Fósforo, el primero debido a la ejecución de colectores de aguas servidas en la zona que permitieron mitigar el impacto sobre la calidad de las aguas de este río tributario, y en el caso del río Cura es importante señalar que este tributario se encuentra poco afectado por desarrollos industriales y habitacionales en su zona de recorrido hasta su desembocadura al Lago Los Tacariguas.

IV.5.3.- DETERMINACIÓN TENDENCIA HISTÓRICA DE FOSFORO TOTAL EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS.

En la Figura N° 12 se observa la variación de aporte de Carga másica del nutriente Fosforo Total (PT) aportados por el total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas, entre los años 1997 al 2015, exceptuando las campañas de muestreos de los años 2002 y 2004, de igual manera se observa el máximo permisible establecido en el Decreto 3219 sobre las *“Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia”*; específicamente el artículo 31, en donde se establece como carga másica límite de nutriente Fósforo Total (PT), provenientes de la suma de las descargas puntuales al lago, la cantidad 304 kg/día.

En la Figura también se refleja la tendencia positiva que representa la reducción del aporte del nutriente Fosforo por parte del total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas; sin embargo de igual manera podemos notar que a pesar de lograr reducir los aportes de este nutriente al lago, durante todos los años de estudio se observan valores sobre el máximo permisible establecido en la norma vigente, de hecho podemos mencionar que para los últimos tres años de estudio, los valores promedio de cargas másicas obtenidos ha sido de aproximadamente 1600 Kg/Día; lo que representa un porcentaje cercano al 500% sobre el máximo permisible.

Los resultados obtenidos que nos permite determinar que los avances en la construcción de colectores de aguas residuales y plantas de tratamientos de descargas industriales y domésticas, no han logrado ser tan eficientes para lograr la remoción del nutriente Fósforo y por consiguiente afectando el saneamiento en la cuenca del Lago de Los Tacariguas.

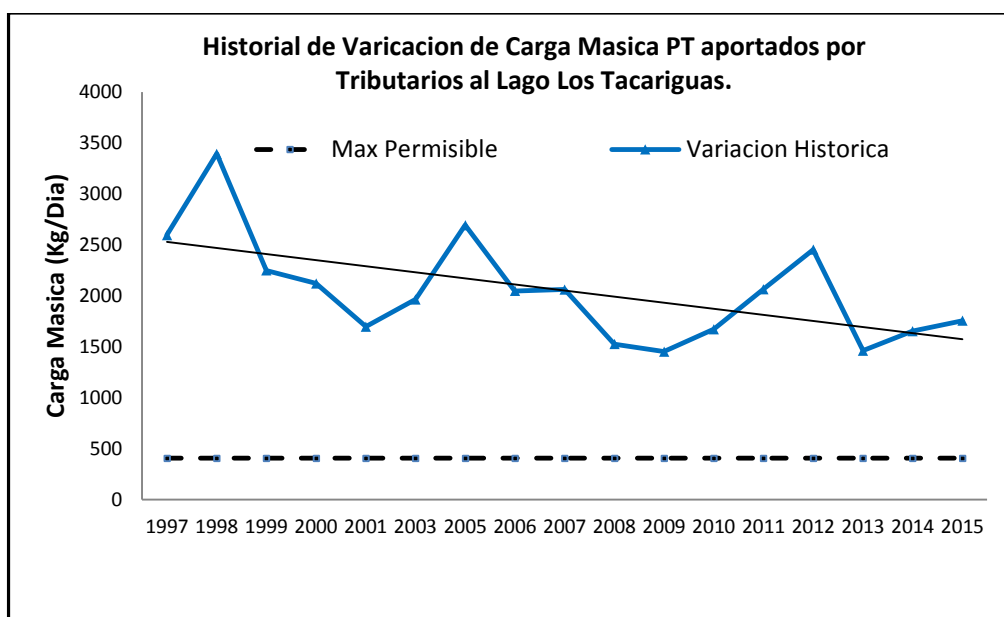


Figura N 12: Variación Histórica Carga Másica (PT) tributarios Lago Los Tacariguas.

De igual manera es importante señalar que para la última campaña de muestreo, es decir 2015, los tributarios Caño Central y Rio Guey, presentaron valores de cargas másicas de nutriente fosforo por encima de la normativa vigente; es decir los valores obtenidos para cada rio fueron de 473 y 318 Kg/Día respectivamente, con respecto a los 304 Kg/Día establecido en la norma; por lo que se considera de gran importancia promover jornadas de supervisión técnica en los tramos correspondientes al recorrido de estos tributarios, con la finalidad de localizar las fuentes generadoras y promover políticas de saneamiento en las zonas afectadas.

Con respecto a la distribución porcentual en términos de aportes másico de nutriente Fósforo Total (PT) que se obtuvieron para cada uno de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas durante el último año en estudio 2015, en la figura N° 13 se puede apreciar dicha distribución, en donde el tributario Caño Central representa el mayor aporte de nutriente Fósforo durante el año 2015, con un 27%, posteriormente le continúan los ríos Guey, Caño La Negra y Turmero con valores entre 9-18%, los ríos Maracay, Aragua, Caño Los Dividives y

Los Guayos presentaron valores de incidencia entre 5-7% sobre el total aportado al lago Los Tacariguas. Posteriormente los tributarios ríos Guigue, Guacara, Tocarón, Ereigue, presentaron valores relativamente bajos, con porcentajes en el rango (1-3%).

Por último es importante señalar el aporte de ríos tributarios por estado, resultando ser el conjunto de ríos del estado Carabobo con mayor incidencia en el aporte de carga másica en el lago Los Tacariguas, con un valor de 53.5% sobre un 46.5% de aporte del conjunto de tributarios del estado Aragua.

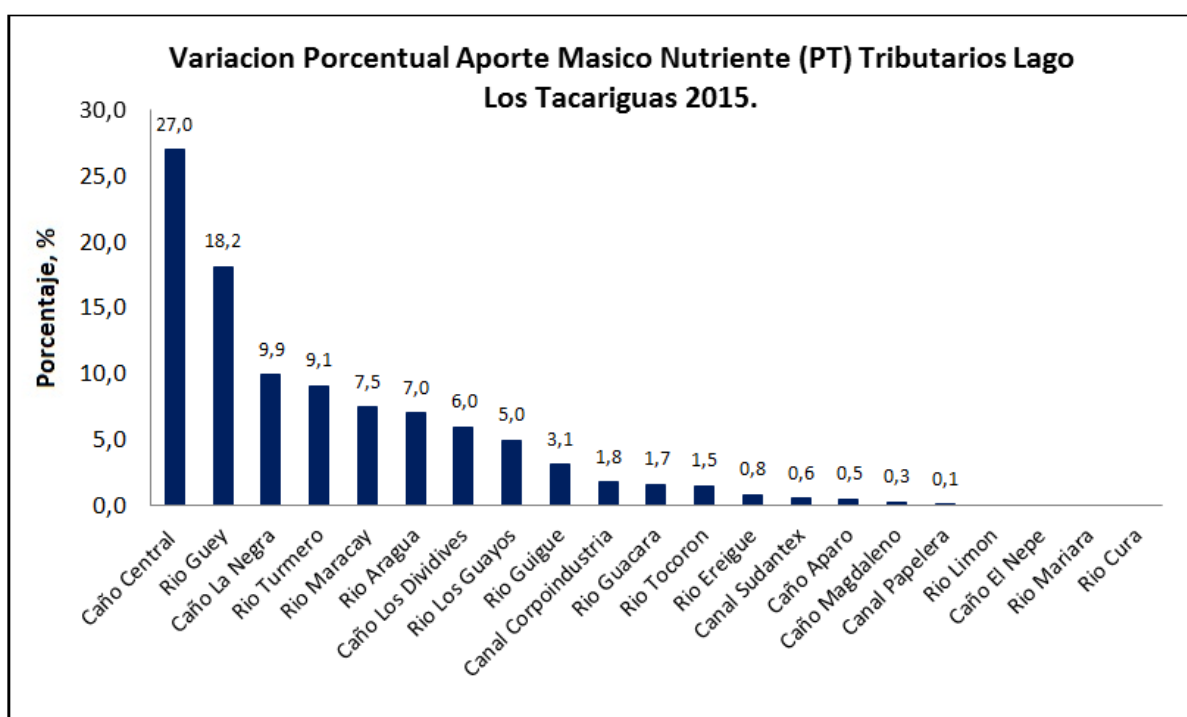
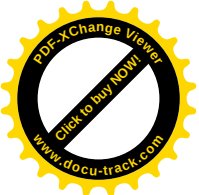


Figura 13: Variación Porcentual Carga Másica nutriente PT tributarios lago Los Tacariguas 2015.



IV.6.- ANALIZAR LA TENDENCIA HISTÓRICA DE NITRÓGENO TOTAL EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS

Al igual que los objetivos anteriores, se procedió a tomar los resultados que forman parte de la base de datos que es llevada a cabo por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la región central del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas. Para el análisis de la tendencia histórica de carga másica referida al nutriente nitrógeno, se procedió a comparar los resultados obtenidos con la normativa legal vigente, específicamente con el artículo 30 del Decreto 3219, en donde se establece como carga límite de Nitrógeno Total en el lago, la cantidad $4,05 \text{ g/m}^2/\text{año}$, considerando una superficie de espejo de agua del lago de aproximadamente 370 Km^2 ; utilizando las unidades de conversión es un equivalente a 4500 kg/Día . Los resultados de los cálculos de carga másica en términos de nutriente Nitrógeno Total (NT), aportados por cada río tributario, se resumen en la Tabla N 8. Al igual que para el caso de la determinación de las cargas másicas de $(\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}})$ y Fosforo Total (PT), se utilizaron graficas del total de tributarios por estado que constituyen la cuenca del lago Los Tacariguas, es decir (Aragua y Carabobo), y para el análisis de la determinación de la tendencia, se utilizaron la sumatoria del total de tributarios que conforman la cuenca en estudio.

IV.6.1.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE CARGA MÁSCAS (NITRÓGENO TOTAL) DE TRIBUTARIOS ESTADO ARAGUA.

En la figura N° 14 se representa la variación histórica del aporte de cargas másicas del nutriente Nitrógeno Total aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Aragua y drenan sus aguas al lago Los Tacariguas. A través de esta figura se puede observar una gran variación en el comportamiento de las cargas másicas de nitrógeno aportado por cada uno de los ríos; sin embargo se puede apreciar que entre los años 1998 al 2005, el tributario río Guey presentó los mayores valores de cargas másicas de nutriente nitrógeno, con valores en el rango entre $1500\text{-}4500 \text{ Kg/Día}$, presentando un valor máximo de 4660 Kg/Día para el año 2003.

Tabla N 8: Historial de Valores de Carga Másica (Kg/Día) en términos de Nitrógeno Total (NT) aportados por la Red Hidrológica del lago Los Tacariguas

Rio	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rio Guey	238	1797	2333	1913	1454	4660	3152	1669	2855	2307	1161	601	994	1153	1272	2142	1968
Canal Sudamtex	726	914	N.M	608	0	228	294	456	482	427	435	86	187	70	34	74	106
Canal Papelera	73	93	N.M	47	0	21	285	73	91	160	762	48	65	10	13	22	12
Canal Corpindustria	0	134	N.M	145	8	112	279	115	213	557	242	378	311	477	257	213	207
Rio Maracay	618	359	N.M	732	187	657	1225	1113	1161	1227	972	402	3935	1415	556	1313	725
Rio Turmero	281	351	N.M	665	361	975	1178	752	778	1210	1143	910	1175	1452	762	1310	1701
Rio Aragua	0	56	N.M	143	57	78	705	2277	1331	1205	1175	583	3100	1659	14	1020	1016
Rio Limon	145	147	N.M	674	85	194	525	461	307	21	30	89	112	66	449	0	0
Rio Tocoron	14	66	N.M	86	0	101	145	320	415	713	125	71	207	464	161	242	60
Caño Magdalena	6	47	N.M	22	0	12	80	26	69	9	45	27	35	67	5	2	37
Caño Aparo	0	101	N.M	22	0	41	1524	352	405	1820	840	2056	794	481	292	937	72
Los Guayos	3482	6843	2177	1308	0	518	2540	3576	1093	1215	397	390	1176	405	2166	161	604
Caño Central	1462	3114	7592	2663	2376	2160	1339	1322	715	910	513	2262	1249	1972	731	383	2559
Rio Guacara	9	937	N.M	399	0	314	359	213	596	254	874	257	532	409	1610	60	294
Caño La Negra	52	226	N.M	314	259	346	790	298	304	1766	475	560	810	104	66	443	784
Rio Mariara	9	145	N.M	31	0	0	21	18	9	4	37	284	302	124	43	0	0
Rio Ereigue	14	31	N.M	70	0	31	41	65	62	53	508	157	189	91	148	129	112
Rio Guigue	27	389	N.M	151	629	475	121	311	477	518	1274	492	108	640	731	195	337
Caño Dividive	6	51	N.M	60	337	82	8	57	28	143	65	409	308	421	642	857	686
Rio Cura	0	2	N.M	5	0	0	3	29	60	0	0	7	53	22	10	0	0
Caño El Nepe	0	0	N.M	562	62	0	382	1253	517	429	34	41	0	0	0	0	0
Total NT (Kg/Día)	7158	15804	12102	10620	5815	11007	14997	14754	11967	14946	11106	10112	15641	11502	9960	9502	11279

Fuente: Elaboración propia en base a los Datos suministrados por Laboratorio Calidad Ambiental.

N.M: No Muestreado en el Año.

Nota: Los Valores de la Tabla N° 8 representan el promedio de carga másica por año en cada cuerpo de aguas en estudio. Considerando el promedio de dos campaña de muestreo al año, es decir, temporada de sequía e invierno en cada tributario.

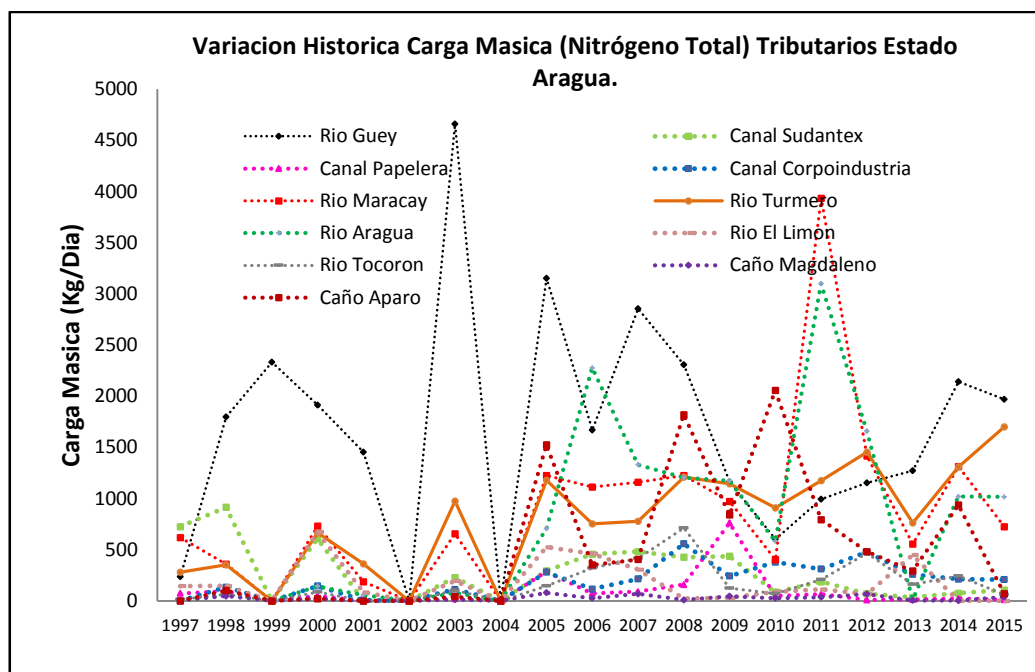
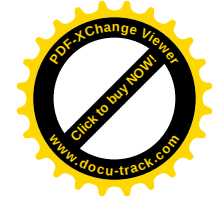
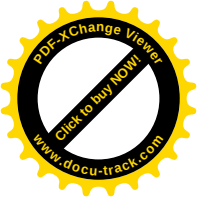


Figura N° 14: Variación Histórica Carga Másica (NT) Tributarios Estado Aragua.

En la misma Figura N° 14 se puede apreciar que la variación del importante tributario río Guey, se mantiene con tendencia positiva, es decir sus valores progresivamente fueron disminuyendo entre los años 2006 al 2010, año en donde se obtuvo el valor mínimo alcanzando en los últimos 15 años con un valor de aproximadamente 600 Kg/Día, debido principalmente a la ejecución de colectores de descargas residuales principalmente de origen doméstica en los sectores de la zona sur de la ciudad de Maracay, sin embargo en los últimos años se ha logrado observar un crecimiento progresivo de nutriente (Nitrógeno), principalmente entre los años 2010 hasta la fecha, con un rango de valores entre 1000 a 2000 Kg/Día, obteniéndose para el año 2015 el máximo valor entre los tributarios del estado Aragua.

Analizando el comportamiento de los otros tributarios del estado Aragua, se puede apreciar una tendencia variable a para la mayoría de los ríos en estudio; en donde los tributarios Turmero, Maracay y Aragua, presentaron valores elevados de aporte másicos del nutriente nitrógeno; los valores presentaron un rango entre 50-4000 Kg/Día; resultando ser el río Maracay con el valor máximo en los últimos años, específicamente en el año 2011, con un valor de aproximadamente 3935 Kg/Día.



Con respecto a los tributarios Caño Aparo, Canal Sudantex y río Tocarón, los valores de aporte másico de nitrógeno presentaron un rango entre 50-1800 kg/Día, resultando ser el tributario Caño Aparo en presentar valores variables considerablemente altos, cercanos a los 2000 Kg/Día.

Por último es importante señalar las mejoras en las tendencias positivas que han presentado tributarios como Canal Papelera y río El Limón, los valores de carga de nitrógeno se reducen considerablemente desde el año 2010 para el Canal industrial Papelera, y a partir del 2014 para el río El Limón, debido a la ejecución de obras de saneamiento principalmente colectores residuales domesticas e industriales en las zonas de incidencia de estos tributarios.

IV.6.2.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE CARGA MÁSCAS (NITRÓGENO TOTAL) DE TRIBUTARIOS ESTADO CARABOBO.

La variación histórica del aporte de cargas másicas de nutriente Nitrógeno Total aportados por los ríos tributarios que forman parte del estado Carabobo y que drenan sus aguas al lago Los Tacariguas se representan en la Figura N 15. A través de la figura se puede observar que los tributarios río Los Guayos y Caño Central son históricamente los mayores contribuyentes de nutriente nitrógeno total en el estado Carabobo al lago Los Tacariguas, entre los años 1997 y 1998 resultó ser el río Los Guayos el mayor contribuyente, sin embargo a partir de la inauguración de la planta de aguas residuales los Guayos en el año de 1999, la calidad de sus aguas presentaron tendencia positiva en la reducción de descargas residuales que eran introducidas al río.

Entre los años 1999-2003 el tributario Caño Central presentó los valores más elevados en aporte másicos de nitrógeno, con valores en el rango entre los 2000-7000 kg/Día; sin embargo se observó igualmente una tendencia a la baja en el aporte de este nutriente por parte del tributario Caño Central, tendencia que se mantiene constante hasta el año 2007 en donde se obtiene un valor de aproximadamente 700 Kg/Día. En los últimos años de estudio, es decir entre 2010 al 2015, se observa valores variables en el aporte de nitrógeno, observándose que los ríos tributarios Caño Central, Los Guayos, Guacara y Caño la Negra presentan un aporte considerable con valores en el rango entre 60-2000 Kg/Día, siendo el río Caño Central el

tributario con mayor aporte de nutriente nitrógeno para el año 2015, con un valor de 2560 Kg/Día

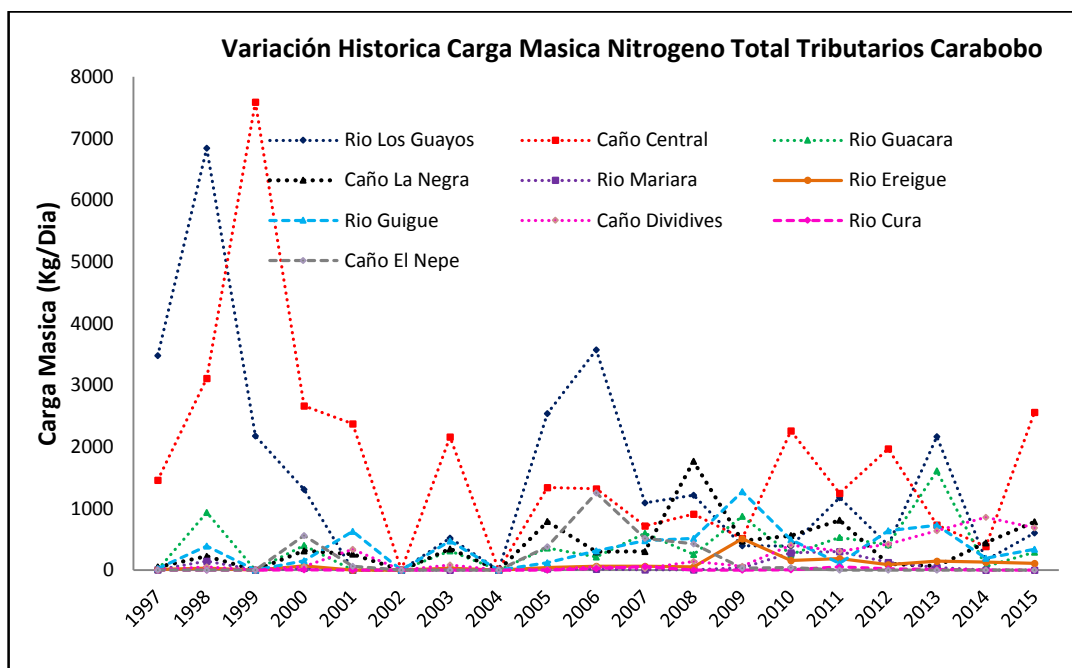


Figura N 15: Variación Histórica Carga Másica (NT) Tributarios Estado Carabobo.

Con respecto a los otros tributarios del estado Carabobo, se puede observar que los ríos Ereigue, Guigue y Caño Dividives presentaron valores variables en aporte de nitrógeno; con rangos muy variables en el rango entre 90-850 Kg/Día. Por último se puede observar que los ríos tributarios Mariara y Cura presentan en los últimos años condiciones adecuadas en términos de poca influencia de cargas del nutriente nitrógeno.

IV.6.3.- DETERMINACIÓN TENDENCIA HISTÓRICA DE NITRÓGENO TOTAL EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS AL LAGO LOS TACARIGUAS.

En la Figura N° 16 se observa la variación y la tendencia histórica referida al aporte de carga másica de nutriente Nitrógeno Total (NT) aportados entre los años 1997 al 2015 por el total de los 21 ríos tributarios al lago Los Tacariguas, de igual manera se observa el máximo permisible establecido en el Decreto 3219 sobre las “*Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia*”; específicamente el artículo 30, en donde se establece como carga másica límite de nutriente Nitrógeno Total (NT), la cantidad 4500 kg/día.

En el análisis de tendencia de la variación histórica de carga másica de nitrógeno total, se puede notar un comportamiento muy variable en los valores obtenidos, generando una tendencia negativa al ligero incremento del aporte de nutriente por parte de los tributarios en estudio al lago Los Tacariguas; todos los años en estudio reflejaron valores por encima del máximo permisible en la normativa legal vigente, de hecho el promedio de los últimos 5 años presenta un valor aproximado de 11500 Kg/Día, representando un porcentaje de 250% sobre el máximo permisible de 4500 Kg/Día.

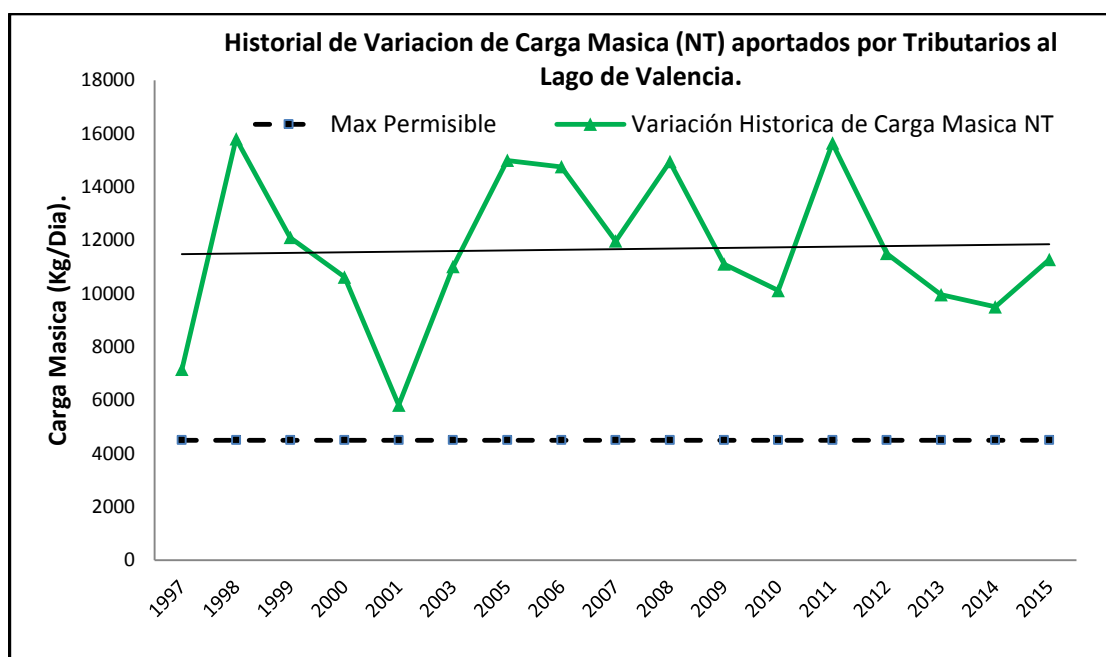


Figura N 16: Variación Histórica Carga Másica (NT) tributarios Lago Los Tacariguas.

A través de los resultados obtenidos es posible inferir que, al igual que para el caso del nutriente Fosforo, los avances en la construcción de colectores de aguas residuales y plantas de tratamientos, no han logrado ser tan eficientes para la remoción del nutriente Nitrógeno, y por consiguiente los programas de saneamiento promovidos hasta la actualidad no han logrado la reducción de parámetros de control, como lo son los nutrientes Fosforo y nitrógeno Total, conllevando a la afectación de las aguas del lago de Los Tacariguas, a través de la incorporación de estos compuestos a través del aporte de los tributarios.

Con respecto a la distribución porcentual en términos de aportes másico de nutriente Nitrógeno Total (NT) que se obtuvieron para cada uno de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas durante el último año en estudio 2015, en la Figura N° 17 se puede apreciar dicha distribución, en donde el tributario Caño Central representa el mayor aporte de nutriente

Nitrógeno durante el año 2015, con un 22,7%, posteriormente le continúan los ríos Guey, Turmero y Aragua con valores entre 9-17%, los ríos Caño La Negra, Maracay, Caño Los Dividives y Los Guayos presentaron valores de incidencia entre 5-7% sobre el total aportado al lago Los Tacariguas. Posteriormente los tributarios ríos Guigue, Guacara, Canal Corpoindustria y Ereigue, presentaron valores relativamente bajos, con porcentajes en el rango (1-3%). Por último es importante señalar el aporte de ríos tributarios por estado, resultando ser el conjunto de ríos del estado Aragua con mayor incidencia en el aporte de carga másica en el lago Los Tacariguas, con un valor de 52.3% sobre un 47,7% de aporte del conjunto de tributarios del estado Carabobo.

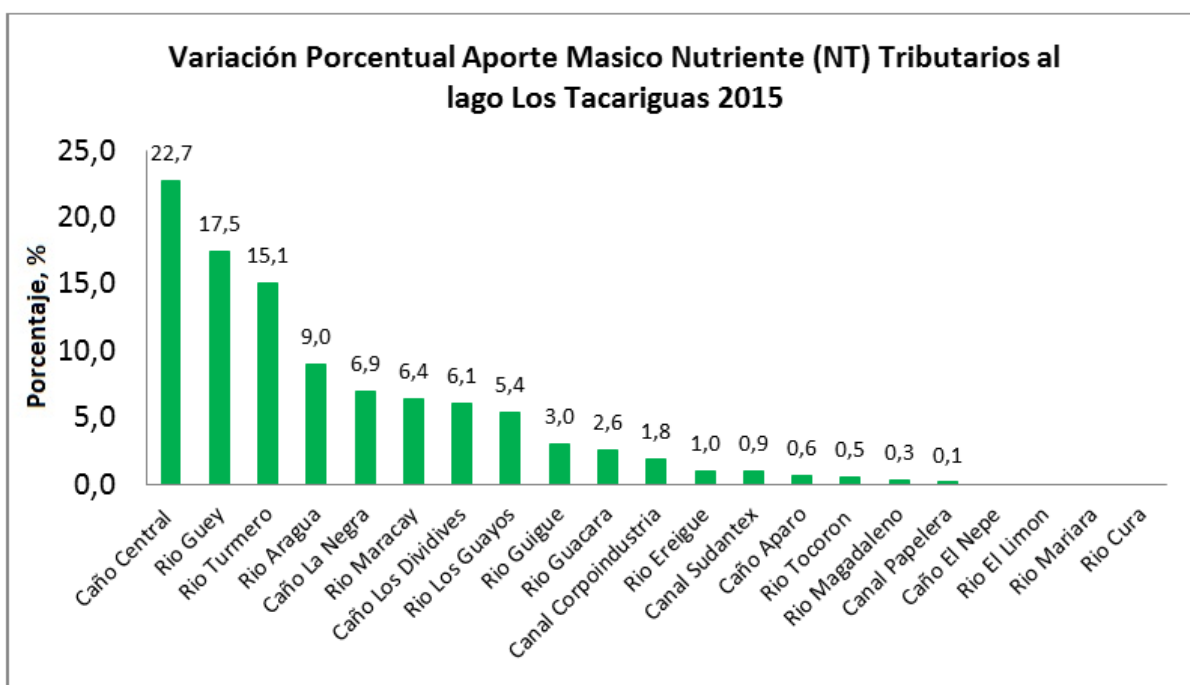
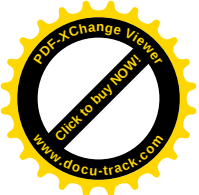


Figura N 17: Variación Porcentual Carga Másica nutriente NT tributarios lago Los Tacariguas 2015.

IV.7.- ANALIZAR LA EFECTIVIDAD DE LAS OBRAS DE SANEAMIENTO EN EL LAGO LOS TACARIGUAS Y DE LA APLICACIÓN DE LA NORMATIVA ACTUAL

A través de los resultados obtenido se puede apreciar que la mayoría de los ríos tributarios a la cuenca del Lago Los Tacariguas presentan afectación de la calidad de sus aguas debido principalmente a descargas residuales de tipo doméstico e industrial en los ríos con recorrido por las principales centros urbanos de la región, además gran parte de estos cuerpos de aguas son aprovechados aguas abajo para actividades agrícolas en las zonas



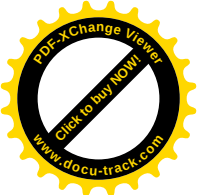
cercanas a su desembocadura al lago, lo cual conlleva a que se generen otras fuentes de aportes de nutrientes a estos cuerpos de agua, debido a la incorporación de estos elementos vía escorrentía principalmente en temporadas de lluvia, producto del uso de fertilizantes en las mencionadas actividades.

Del análisis de los resultados se puede determinar que el parámetro materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, ha logrado tener una tendencia positiva en términos de la disminución de las cargas másicas aportadas por el total de los ríos tributarios al Lago Los Tacariguas; sin embargo, dichos valores en su mayoría se ubicaron por encima de los 25000 Kg/Día establecido en la normativa legal vigente: Solo en los años 2008, 2009 y 2015 se logró cumplir con el máximo permisible, y dichos valores presentaron un rango muy cercano a lo establecido en la norma.

Para el caso de los nutrientes Fósforo y Nitrógeno se obtuvieron resultados durante todas las temporadas de muestreo por encima de los máximos permisibles, obteniéndose valores en los últimos años cercanos el 500% para el caso del parámetro Fósforo y 250% para el Nitrógeno, sobre la normativa legal vigente.

A través de estos resultados se puede afirmar que los esfuerzos emprendidos para el control de estos parámetros no han logrado alcanzar los objetivos propuestos inicialmente, por tal motivo los ríos tributarios siguen siendo una fuente importante de aportes de materias orgánicas y nutrientes al lago Los Tacariguas, y por consiguiente contribuyendo al proceso de eutrofización actual que presenta el lago. De igual manera es importante señalar que los ríos tributarios Guey por el estado Aragua y Caño Central por el estado Carabobo, son los que mayor aporte proporcionan en cargas másicas de materia orgánica y nutrientes al Lago Los Tacariguas, representando en conjunto para cada parámetro en estudio, un valor cercano al 40% del total aportado por los 21 ríos tributarios en estudio, dicho valor nos indica que las obras de saneamiento planteadas en ambos ríos deben consolidarse, además de plantearse nuevas estrategias para la reducción de las fuentes contaminantes en estos dos importantes tributarios.

Del análisis de la efectividad de las obras de saneamiento en los ríos tributarios, se deriva que se han logrado mejoras considerables en las condiciones del río El Limón en el

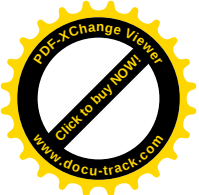


estado Aragua, y del río Mariara en el estado Carabobo, logro que ha sido posible debido a la construcción de colectores en los márgenes de los ríos, los cuales permiten evitar la incorporación principalmente de aguas residuales de origen domesticas a los ríos: De hecho las mejoras son tan significativas que permiten que estos cuerpos de agua sólo tengan caudal en las temporadas de lluvia ó invierno.

De igual manera debemos mencionar que se han logrado realizar avances en la construcción de colectores en los márgenes de los ríos Maracay, Aragua, Turmero y Guey en el estado Aragua, y en los ríos Los Guayos y Guácara en el estado Carabobo, sin embargo en los resultados obtenidos se aprecia que estos cuerpos de agua requieren de la ejecución de nuevos proyectos de obras civiles que permitan minimizar el efecto negativo que representa la disposición de efluentes residuales durante su recorrido por las principales ciudades del centro del país.

Asimismo es necesario mencionar que los tributarios Caño Los Dividives, Caño la Negra y los ríos Guigue y Ereigue en el estado Carabobo, así como los canales industriales Papelera, Corpoindustria y Sudamtex, y los ríos Tocarón y Caño Aparo en el estado Aragua, requieren de la aplicación de plan de identificación de fuentes generadoras de descargas e industriales, dado que en la actualidad se encuentran muy afectados por fuentes puntuales principalmente de origen doméstico. Del mismo modo se recomienda retomar los proyectos de ejecución de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales, principalmente en los municipios Carlos Arvelo, Diego Ibarra y San Joaquín en el estado Carabobo, y el municipio Zamora en el estado Aragua.

Con respecto al análisis general de las obras de saneamientos emprendidas en la cuenca del lago Los Tacariguas, se puede decir que a pesar de llevarse a cabo la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, estaciones de bombeos y colectores de aguas residuales en gran parte de los ríos tributarios al lago, los esfuerzos emprendidos requieren consolidarse en términos del mantenimiento de preventivo y correctivo de los equipos y unidades de tratamiento en las plantas edificadas, la revisión actual de las estaciones de bombeos realizadas, así como el plantearse nuevas estaciones en lugares que las requieran, y por último, la necesaria coordinación entre las instituciones que hacen vida en la región con la finalidad de la aplicación de un desarrollo urbano organizado que permita garantizar una

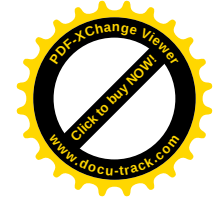
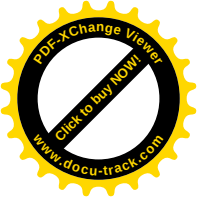


disposición adecuada de las aguas residuales domesticas e industriales, sin afectar los cuerpos de aguas que drenan sus aguas al lago, lo que permitirá un mayor aprovechamiento de sus aguas en las labores agrícolas desarrolladas en la región.

En lo que se refiere el cumplimiento de los objetivos planteados en el Decreto 3219 referidos a las *“Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de valencia”*, se puede afirmar que en materia de obras civiles se han cumplido gran parte de los proyectos planteados; sin embargo, los resultados de análisis del comportamiento de cargas másicas de materia orgánica y nutrientes (Fosforo y Nitrógeno) muestran el incumplimiento de lo establecido en los artículos 30 y 31, sección VI sobre las descargas al lago Los Tacariguas y a la red hidrográfica tributaria; por consiguiente se recomienda considerar lo establecido en los párrafos primero y segundo del artículo 34 del mismo decreto, que le permita al Ministerio de Ecosocialismo y Aguas tomar las medidas adicionales de control necesarias, que garanticen el cumplimiento de los artículos 30,31 y 32 del decreto arriba mencionado.

Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos con las normas de cumplimiento de otros países latinoamericanos, cabe mencionar que en Argentina el ente Provincial del Agua y Saneamiento regulan a través de la Resolución N° 35/96 sobre las *“Normas de Calidad de Aguas y Efluentes”*, establece como máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua para $DBO_{5,20^{\circ}C}$ un valor máximo de 50 mg/L, dependiendo del cuerpo receptor, y valores máximos de 0,5 y 10 mg/L para los casos de Fosforo y Nitrógeno total respectivamente. Es importante señalar que esta normativa específica que en el caso de descargas en cuencas, lagunas ó ambientes vulnerables a la eutroficación, se podrán fijar cargas totales diarias en términos de Kg/Día para los nutrientes Fosforo y Nitrógeno de ser necesarios.

Igualmente se puede hacer mención a la *“Norma Oficial Mexicana que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminación en las Descargas de Aguas Residuales y en Bienes Nacionales”*, del año 1996, en donde se fijan como máximos permisibles para descargas a ríos para $DBO_{5,20^{\circ}C}$ un valor máximo de 30 mg/L, y valores máximos de 5 y 15 mg/L para los casos de Fósforo y Nitrógeno total respectivamente, estos parámetros están

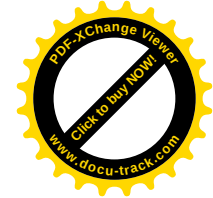
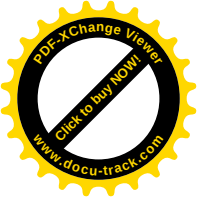


acondicionados al promedio mensual de los mismos, en la normativa no se especifica lo referente a los máximos permisibles en termino de cargas másicas.

En Ecuador se fijan valores máximos permisibles para descarga a ríos y cuerpos de aguas, los valores establecidos para $DBO_{5,20^{\circ}C}$ es de un máximo de 100 mg/L, y v máximos de 10 y 15 mg/L para los casos de Fósforo y Nitrógeno total respectivamente, valores altos comparados con la normativa establecida en la cuenca del lago Los Tacariguas.

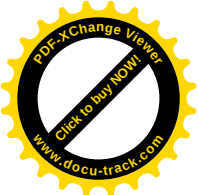
Otra normativa importante a considerar es la referente al uso de las aguas tratadas para riego, esto debido a la actividad agrícola desarrollada cercano a la desembocadura de los ríos tributarios al lago Los Tacariguas, para este caso podemos decir que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos establece un máximo de 30 mg/L de $DBO_{5,20^{\circ}C}$ para aguas destinadas a riego con incidencia de largo plazo en el suelo destinado a cultivo. Caso similar establece la Organización Internacional para la Alimentación FAO, la cual establece un máximo de 5 mg/L de nitrógeno para aguas destinadas a riego con incidencia de largo plazo en el suelo.

Considerando los resultados obtenidos para los ríos tributarios del lago Los Tacariguas y comparando con lo establecido en las normas internacionales, se recomienda la revisión de la normativa vigente y campañas de inspección técnica en los ríos destinados para actividades de riego, con la finalidad de plantear políticas de preservación de los suelos y garantizar la calidad desde el punto de vista sanitario de los rubros cosechados.

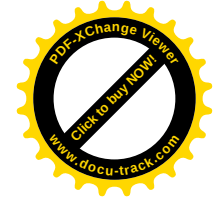
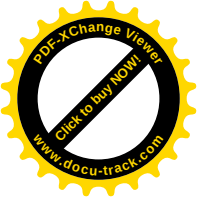


CONCLUSIONES

- Los ríos tributarios a la cuenca del Lago Los Tacariguas presentan afectación de la calidad de sus aguas debido principalmente a descargas residuales de tipo doméstico e industrial durante su recorrido por los principales centros urbanos de la región.
- El comportamiento histórico de cargas másicas de materia orgánica en términos de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, ha logrado tener una tendencia positiva en términos de la disminución de las cargas másicas aportadas por el total de los ríos tributarios al Lago Los Tacariguas, sin embargo dichos valores en su mayoría se ubicaron por encima a lo establecido en la normativa legal vigente.
- Se obtuvieron resultados durante todas las temporadas en estudio por encima de los máximos permisibles establecidos en la normativa vigente para las cargas másicas de los nutrientes Fósforo y Nitrógeno aportados por la red hidrográfica de ríos tributarios del lago Los Tacariguas.
- Los ríos tributarios Guey y Caño Central, son los que mayor aporte proporcionan en cargas másicas de materia orgánica y nutriente al lago Los Tacariguas, representando en conjunto para cada parámetro en estudio, un valor cercano al 40% del total aportado por los 21 ríos tributarios en estudio.
- El río Guey en el estado Aragua resultó ser el tributario con mayor aporte de materia orgánica y de nutriente fosforo y nitrógeno, solo superado en las cargas másicas de nutrientes por el tributario Caño Central del estado Carabobo.
- El tributario Caño Central en el estado Carabobo resultó ser el río de la red hidrográfica del lago Los Tacariguas con mayor aporte de cargas másicas de nutrientes, solo superado en aporte de materia orgánica por el río tributario Guey del estado Aragua.
- Los ríos tributarios Maracay, Aragua, Turmero en el estado Aragua, y Los Guayos, Guácara, Caño La Negra y Caño Central en el estado Carabobo, requieren de la ejecución de proyectos complementarios de obras civiles que permitan minimizar el efecto negativo que representa la disposición de efluentes residuales e industriales durante su recorrido por centros urbanos hasta su desembocadura al lago Los Tacariguas.
- Los tributarios Caño Los Dividives, Caño la Negra y los ríos Guigue y Ereigue en el estado Carabobo, así como los canales industriales Papelera, Corpoindustria y Sudantex, y los ríos Tocarón y Caño Aparo en el estado Aragua, requieren de la aplicación de planes de identificación de fuentes generadoras de descargas, dado que en la actualidad se encuentran muy afectados por fuentes puntuales principalmente de origen domésticas.

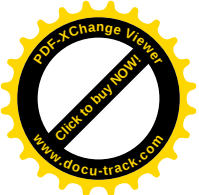


- Las obras de construcción de colectores de aguas residuales permitió el saneamiento por completo del río El Limón en el estado Aragua, y del río Mariara en el estado Carabobo.
- Se incumple con lo establecido en los artículos 30 y 31 del Decreto 3219 sobre las *“Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia”*, específicamente lo referido en la sección VI sobre las descargas al lago Los Tacariguas y a la red hidrográfica tributaria.



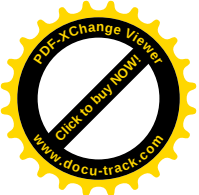
RECOMENDACIONES

- Considerar la revisión de los límites permisibles en la normativa legal vigente, en especial a lo establecido en los párrafos primero y segundo del artículo 34 del Decreto 3219 sobre las *“Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia”*, que le permita al Ministerio de Ecosocialismo y Aguas tomar las medidas adicionales de control necesarias, que garanticen el cumplimiento de los artículos 30,31 y 32 del mencionado decreto.
- Promover jornadas de supervisión técnica en los tramos correspondientes al recorrido de los ríos tributarios, principalmente el río Guey en el estado Aragua y Caño Central en el estado Carabobo, con la finalidad de localizar las fuentes generadoras y promover políticas de saneamiento en las zonas afectadas.
- Revisar la normativa vigente y campañas de inspección técnica en los ríos destinados para actividades de riego, con la finalidad de plantear políticas de preservación de los suelos y garantizar la calidad desde el punto de vista sanitario de los rubros cosechados.
- Implementar jornadas de inspecciones técnicas en el sector industrial y sector residencial, que presenten sistemas de tratamiento de aguas residuales e industriales, con la finalidad de evaluar los procesos de tratamiento y constatar la eficiencia en la remoción de parámetros controles como $DBO_{5,20^{\circ}C}$, Fosforo Total, Nitrógeno Total y Sólidos Suspendidos.
- Se recomienda a las autoridades ambientales de la región programas de vigilancia y control de los proyectos urbanísticos en desarrollo en la zona de Parapara municipio Los Guayos del estado Carabobo.
- Plantear políticas de saneamiento en el sector del cauce del tributario Caño La Negra, específicamente en materia de construcción de colectores para la recolección de las aguas servidas de los sectores Los Bucares y Flor Amarillo en el estado Carabobo, y direccionarlos a procesos que permitan su tratamiento, y de esta manera mitigar su impacto negativo al medio ambiente.
- Promover trabajos de saneamiento ambiental en los tributarios del estado Aragua, específicamente los ríos Turmero, Maracay, Aragua; del mismo modo deberá considerarse el sector de Turagua para jornadas de identificación de fuentes generadoras de descargas residuales.
- Considerar el desarrollo de proyectos de saneamiento en términos de plantas de tratamiento de aguas residuales, en los municipios Zamora en el estado Aragua y en el municipio San



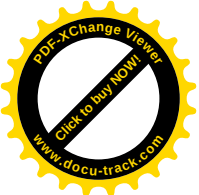
Joaquín en el estado Carabobo, con la finalidad de mitigar el impacto de estas fuentes en los ríos tributarios y permitan sean aprovechados aguas abajo en labores agrícolas.

- Implementar jornadas y estudios de investigación con las universidades, centros de investigación y fundaciones de investigación en la región que permitan obtener información útil para la promoción de proyectos de saneamiento ambiental en los ríos tributarios en la cuenca del lago Los Tacariguas.

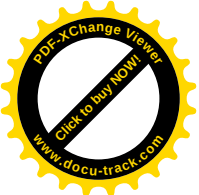


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apmann, R (1979). Estudio Ambiental del Lago de Valencia. Instituto de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Simón Bolívar.
- Atlas Práctico de Venezuela. (1999). Publicación de el Nacional y Cartografía Nacional del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Estado Carabobo y Aragua.
- Atlas del Agua de la cuenca del Lago de Valencia. (2005). Editor Fundación Tierra Viva, Caracas Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999, 30 de diciembre). Gaceta Oficial de la República N° 5.453. [Extraordinaria].
- Decreto 3219. (1999, 01 de febrero). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Agua de la Cuenca del Lago de Valencia. Gaceta Oficial de la República N° 5.305 [Extraordinaria].
- Instituto nacional de Meteorología e Hidrología. (INAMEH) (2015). Página Oficial: <http://www.inameh.gob.ve/>.
- Ley de Aguas. (2007, 02 de enero). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595.
- Ley Orgánica del Ambiente. (2006, 22 de diciembre). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.883.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. MARN (1982). Estudio Hidrogeológico Preliminar cuenca del Lago de Valencia. Serie informe Técnico DGSII. Caracas Venezuela.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. MARN (1990). Análisis de la Calidad de las aguas de los Ríos tributarios del Lago de Valencia. Periodo (1971-1988).
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. MARN (2000). Estudio Integral de los tributarios de la Cuenca del Lago de Valencia. Periodo (1997-2000). Convenio MARNR-JICA.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. MARN (2004). Estudio Integral de la Cuenca del Lago de Valencia. Periodo (2000-2003). Cumbre Ecológica Industrial.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2014). Página Oficial: <http://www.minamb.gob.ve/>.



- Padrón, A. (2014). Impacto Ambiental de la Actividad Porcina sobre la Calidad de las Aguas del Río Noguera, en el Eje El Trompillo-Las Colonias, Municipio Carlos Arvelo, Estado Carabobo.
- Romero, R.J (1999). Calidad del Agua. México: Alfaomega. Edición 2. México.
- Sampieri, H. (2008) Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
- SIAGUA (2015). Sistema Iberoamericano de Información sobre el Agua. Disponible en <http://www.siagua.org>.
- Rojas O. (2006) Manual Básico para Medir Caudales. Fondo para la Protección del Agua FONAG. Pag 8-10.
- Valles A., 2012. Estudio Integral Hídrico de la Cuenca del Lago de Valencia o Tacarigua 2.001 – 2.011. Ministerio Del Poder Popular Para El Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. Documento no publicado.



APENDICES

Tabla B1 (APENDICES): Valores Fisicoquímicos y Bacteriológicos de la Calidad de las Aguas de los Tributarios del lago de Los Tacarigua campaña de Muestreo 2015.

Rio	Caudal Q (m³/S)	Oxígeno Disuelto O.D (mg/L)	Conductividad Eléctrica C.E (µsm)	DBO _{5,20°C} (mg/L)	Fosforo Total PT (mg/L)	Nitrógeno Total NT (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP)*	Coliformes Totales (NMP)
Rio Guey	0,67	0,15	746	99	5.5	34	ND	ND
Canal Sudamtex	0,025	2,60	995	126	4.5	49	1,6X10 ⁶	3,5X10 ⁶
Canal Papelera	0,050	4,95	446	6	0.38	3.0	2,4X10 ⁵	9,2X10 ⁵
Canal Corpindustria	0,040	2,73	1001	162	9,2	60	35X10 ⁶	54X10 ⁶
Rio Maracay	0,60	2,29	562	40	2.5	14	2,4X10 ⁶	5,4X10 ⁶
Rio Turmero	0,55	0,13	686	96	3,4	36	3,5X10 ⁶	5,4 X10 ⁶
Rio Aragua	0,29	0,18	1204	47	4,8	40	35 X10 ⁶	160 X10 ⁶
Rio Limón	0,00							
Rio Tocarón	0,12	1,10	1083	16	2,7	6	2,4X10 ⁶	2,4X10 ⁶
Caño Magdalena	0,027	4,13	738	47	1,9	16	3,5 X10 ⁶	16 X10 ⁶
Caño Aparó	0,020	4,50	1557	41	4,5	36	2,4X10 ⁵	2,4X10 ⁵
Los Guayos	0,26	0,29	829	78	3,9	27	16X10 ⁶	2,4X10 ⁶
Caño Central	1,85	1,48	723	23	3,0	16	2,4X10 ⁶	2,4X10 ⁶
Rio Guacara	0,13	0,60	667	40	2,7	27	24X10 ⁶	160X10 ⁶
Caño La Negra	0,57	0,30	935	62	3,6	16	5,4X10 ⁶	16X10 ⁶
Rio Mariara	0,00							
Rio Ereigue	0,08	0,70	536	5	2,2	17	2,4X10 ⁶	9,2X10 ⁶
Rio Guigue	1,30	6,00	345	< 2	0,49	3	2,4X10 ⁶	2,4X10 ⁶
Caño Dividive	0,38	2.00	877	15	3,2	21	24X10 ⁶	92X10 ⁶
Rio Cura	0,00							
Caño El Nepe	0,00							

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental Aragua Ministerio de Ecosocialismo y Aguas.

ND: No Determinado, muestra de agua con muchas interferencia que imposibilitaron la cuantificación por el método utilizado.

*: NMP Numero Más Probable, Metodología para Análisis Microbiológica de Cuerpos de Agua, a través de diluciones.