

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**  
**CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN**  
**MANEJO DE SUELO Y AGUA**

**CARACTERIZACIÓN FISICOQUIMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS**  
**RIOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUI PARA USO AGROPECUARIO**

**ELIAS GALVEZ FRIAS**  
**CIP: 6-706-507**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL**  
**GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN**  
**MANEJO DE SUELO Y AGUA**

**PANAMÁ, REPUBLICA DE PANAMÁ**

## **DEDICATORIA**

A mis Padres, por haberme formado como la persona que soy actualmente; ya que muchos de mis logros, incluyendo este trabajo, se los debo a ustedes. Mis padres, me formaron con algunas reglas que al final de cuentas, me motivan constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos y sobrinos, que, con sus palabras de alientos, no me dejaban desistir, para seguir adelante, ser perseverante y cumplir con mis ideales.

A mi esposa e hijo, por sus sacrificios, esfuerzos y creer en mi capacidad, que, aunque hemos pasados momentos difíciles, siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor, para luchar por un mejor futuro juntos.

*Eliás Gálvez F.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco mi trabajo de tesis, principalmente a Dios, quien me ha guiado, dándome la fortaleza para seguir adelante.

Este trabajo ha sido de gran bendición en todo sentido y te lo agradezco Padre, no me cansaré de darte gracias por una meta más cumplida.

Gracias, a los docentes del Centro Regional Universitario de Los Santos, por con su apoyo he logrado obtener los conocimientos necesarios para desarrollar Mi Maestría en Ciencias Agrícolas con énfasis en Manejo de Suelo y Agua; de manera especial a la Ing. Sugey Bustamante MSc, por su ayuda, asesoría y aportaciones al desarrollo de mi tesis; igualmente agradezco a los demos asesores por sus valiosos aportes, como lo son: el Ing. David Urriola MSc, y el Ing. José Luis García MSc.

*Eliás Gálvez F.*

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	7
OBJETIVOS.....	11
1. Objetivo General.....	11
2. Objetivo Específico.....	11
I. REVICION DE LITERATURA.....	12
1. CUENCA HIDROGRAFICA.....	12
2. MANEJO Y GESTION INTEGRAL CUENCAS HIDROGRAFICAS.....	13
3. CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	15
4. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN LOS RECURSOS HIDRICOS.....	16
5. CONTAMINANTES DE LAS AGUAS.....	18
6. GOBERNANZA Y GOVERNABILIDAD DEL AGUA.....	21
7. CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRICOLA.....	24



8. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.....	25
8.1 INDICADORES FISICOS.....	26
8.1.1 COLOR.....	26
8.1.2 OLOR.....	27
8.2 INDICADORES FISICOQUIMICOS.....	28
8.2.1 PH.....	28
8.2.2 SALINIDAD.....	28
8.2.3 TEMPERATURA.....	29
8.2.4 OXIGENO DISUELTO.....	30
8.2.5 CONDUCTIVIDAD.....	30
8.2.6 SOLIDOS TOTALES.....	30
9. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	31
10. NORMATIVA DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	32
II. MATERIALES Y METODOS.....	38
1. LOCALIZACION GEOGRAFICA.....	38
2. CARACTERISITICAS MORFOMÉTRICAS.....	39
3. PROCEDIMIENTOS METODOLOGICOS.....	40
4. METODOLOGIA ESTADISTICA.....	41
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
1. CARACTERIZACION DEL USO DE TIERRA, EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS DE LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ, EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA 124....	43

2. DETERMINAR LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA EN LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ Y SU COMPARACIÓN CON LOS VALORES DE LA NORMATIVA QUE ESTABLECE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA FISICOQUÍMICA EN PANAMÁ.....	48
2.1 MONITOREO SECUENCIAL I Y II DE LAS VARIABLES FÍSICO QUÍMICA DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA SUBCUENCAS DEL RÍO GÜERA. AÑO 2015.....	48
2.2 MONITOREO SECUENCIAL I Y II DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ. AÑO 2015.....	53
2.3 MONITOREO ESTACIONAL DE LA ÉPOCA SECA EN LAS VARIABLES FISICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ. AÑO 2015.....	60
2.4 MONITOREO ESTACIONAL DE LA ÉPOCA LLUVIOSA DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ. AÑO 2015.....	64
3. NIVEL TENDENCIAL DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA, EN LA SUBCUENCA DEL RIO GÜERA, AÑO 2015.....	70
IV. CONCLUSIONES.....	73
V. BIBLIOGRAFIA.....	74

# **CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RIOS GUERA, GUERITA Y MARROQUI PARA USO AGROPECUARIO**

## **RESUMEN**

Con el objetivo de contribuir a la gestión integrada del conocimiento, construyendo indicadores claves de gestión que establezcan parámetros veraces para la calidad fisicoquímica de agua y fortalezcan la normativa panameña del recurso hídrico para uso agropecuario se realizaron estudios en tres ríos los cuales corresponden a las microcuencas que forman a la subcuenca del río Güera, conformada por las microcuencas Güera, Guerrita y Marroquí. Se analizaron indicadores convencionales de calidad del agua: pH, Temperatura, conductividad, salinidad, sólidos totales y Oxígeno disuelto, a través del uso del Multiparamétrico; en todo el trayecto de los ríos, georreferenciados empleado un GPS. Se estableció muestreos sistemáticos por fuente, por mes, por época en el año 2015. Se establecieron dos secuencias de monitoreo, la primera secuencia a 2 km ascendiendo desde la desembocadura de cada río, y la segunda secuencia a cada 1 km intermedia a la primera secuencia. Los muestreos se realizaron en la época seca (Marzo, Abril, Mayo y Junio) y en época lluviosa (Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre). El número de muestras se tomó de acuerdo con el muestreo sistemático al azar: Tomando como referencia la longitud total (km) del río, como población total. Al obtener los resultados del estudio, estos mostraron que los niveles de calidad del agua fisicoquímico no resultaron con alteraciones portantes, en los ríos evaluados, aun siendo áreas sometidas a presión de sistemas de ganadería extensiva, colindantes a las zonas riparas, como áreas específicas de muestreo.

**PALABRAS CLAVES:** Indicadores, parámetros, microcuencas, multiparamétrico, calidad del agua

# **PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE QUALITY OF WATER IN THE RIVERS GUERA, GUERITA AND MARROQUI FOR AGRICULTURAL USE.**

## **ABSTRACT**

With the objective of contributing to the integrated management of knowledge, building key management indicators that establish accurate parameters for the physical-chemical quality of water and strengthen the Panamanian regulation of water resources for agricultural use, studies were carried out in three rivers, which correspond to the micro-basins that form the sub-basin of the Güera River, formed by the Güera, Guerrita and Marroquí micro-basins. Conventional indicators of water quality were analyzed: pH, Temperature, conductivity, salinity, total solids and dissolved oxygen, through the use of the Multiparametric; in the whole route of the rivers, georeferenced using a GPS. Systematic samplings were established by source, by month, by time in 2015. Two monitoring sequences were established, the first sequence 2 km ascending from the mouth of each river, and the second sequence every 1 km intermediate to the first sequence. The samplings were carried out in the dry season (March, April, May and June) and in the rainy season (August, September, October and November). The number of samples was taken according to systematic sampling at random: taking as reference the total length (km) of the river, as a total population. When obtaining the results of the study, they showed that the levels of physical-chemical water quality did not result with bearing alterations, in the evaluated rivers, even being areas under pressure from extensive livestock systems, adjacent to the riparian zones, such as specific sampling.

**KEY WORDS:** Indicators, parameters, microwatersheds, multiparametric, water quality.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un bien indispensable, limitado y desigualmente distribuido, tanto en el tiempo como en el espacio. Todas las acciones que puedan encararse para asegurar su uso eficiente y sustentable, desde el ámbito oficial o privado, son fundamentales, porque la disponibilidad de agua será uno de los motores que marcarán el paso en la marcha del mundo.

Crear mayor conciencia sobre la importancia de este recurso de alto valor económico, social y ambiental es crucial para la formación de recursos humanos y para aportar al desarrollo armónico de una sociedad.

El agua, como recurso renovable, finito y vulnerable, debe ser gestionada en forma integral, tomando a la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión.

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos no sólo se construye a través de acciones de planificación y gestión, sino también desde el desarrollo y la aplicación de tecnologías que aseguren el uso productivo y eficiente del agua en todas sus dimensiones y niveles de toma de decisiones (ONU, 2015).

Hallar un equilibrio, entre la demanda y la oferta del agua como recurso, es particularmente importante en los países en desarrollo, donde la agricultura y el entorno natural son con frecuencia los principales "potenciales motores de crecimiento" y constituyen la clave para mitigar la pobreza y reducir el hambre, además se hace urgente

el desarrollo de una normativa legal con estándares aplicables, que ayuden a luchar en contra de la contaminación hídrica.

Si bien la situación, no es la misma en todos los países, el retraso en las normativas existentes y la debilidad de las autoridades ambientales en el proceso de aplicación es un aspecto común en nuestros países. De igual manera, asegura que en Panamá predominan sistemas productivos agropecuarios que contribuyen al cultivo de granos básicos (arroz y maíz), hortalizas, cultivos de poroto y como actividad alternativa la producción ganadera (ANAM, 2007).

Estas actividades han estado causando en el transcurso del tiempo degradación y desequilibrio ambiental; los suelos presentan alto nivel de desmejoramiento, son pobres y están desprotegidos, tienen fuertes pendientes y son cultivados con granos básicos y hortalizas, causan erosión y arrastre de agroquímicos a través de la escorrentía superficial.

A esto se le suma una alta deforestación en las zonas de laderas para el establecimiento de áreas ganaderas y la eliminación, casi completa, de las franjas ribereñas, lo que facilita el arrastre de sedimentos y los residuos químicos de la actividad agropecuaria hacia los cauces de los ríos (ANAM, 2007).

En el área de Azuero, en la provincia de Los Santos, específicamente los ríos Güera, Güerita y Marroquí existen diversas situaciones que han generado un gran limitante para el desarrollo y gestión del cauce de los ríos, principalmente la falta de coordinación entre los diferentes actores institucionales y locales, en relación a la gestión del agua para actividades agropecuarias, lo que afecta negativamente la toma de

decisiones, la elaboración de programas a favor del bienestar de la población, así como para el uso racional del recurso hídrico (ANAM, 2008).

Aunado a esto y en vista de que prevalece la utilización del agua superficial para el consumo humano, siendo estas subcuencas fuentes principal de la cuenca del río Tonosí, deja en evidencia la necesidad de generar información acerca del estado y la calidad de este recurso, a fin de protegerlo y darle un manejo y uso adecuado (ANAM, 2008).

La mayoría de los productores usuarios de las área colindantes a las subcuencas, no cuentan con los conocimientos y recursos necesarios que les permitan tener acceso y aplicación de técnicas de producción avanzadas y conservacionistas; se suman a estos los que utilizan métodos tradicionales, que en algunos casos resultan inapropiados según las condiciones del terreno, ya que generalmente este grupo de agricultores establecen sus parcelas de cultivo sobre áreas de ladera, sin aplicación de prácticas tecnológicas de manejo y conservación de suelos y aguas (MIDA, 2013).

Ante esta situación es necesario considerar la articulación de diferentes tipos de actores, como las instituciones estatales, organismos no gubernamentales (ONG), gobiernos locales y la misma población, a través de sus propias organizaciones, caso al que no escapa la caracterización fisicoquímica de las aguas de los ríos Güera, Güerita y Marroquí , porque aunque han existido proyectos de desarrollo y de conservación de los recursos naturales, son pocos los que se enfocan en la caracterización fisicoquímica del agua para uso agropecuario (ONU, 2009).

Es bajo este escenario productivo, institucional, de gestión y caracterización fisicoquímica de las aguas de los ríos Güera, Güerita y Marroquí que se enmarcó el

presente estudio de tesis. Con el mismo se planteó analizar la situación productiva y caracterización fisicoquímica de las aguas de los ríos como recurso de producción agropecuaria de manera integral, a fin de proponer estrategias y acciones que pueda contribuir a un mejor manejo y gestión sostenible.



## ANTECEDENTES

El agua dulce es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida e indispensable para gran parte de las actividades económicas y productivas del hombre, el cual sólo puede usar un pequeño porcentaje del agua disponible en el planeta (ANAM (2009).

De igual manera plantea que los lagos y ríos corresponden apenas a 93.000 km<sup>3</sup> de agua dulce, es decir, un 0,0067% del total del agua existente en el planeta. El crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, contribuyen al deterioro del medio ambiente, lo que es una amenaza para el hombre contemporáneo. Desde su origen, los grupos humanos se establecieron en las cercanías de los ríos, lagos o áreas costeras, por su dependencia vital del medio acuático, provocando así los primeros indicios del deterioro de la calidad del agua (ANAM, 2009).

La definición de la calidad del agua para los diferentes usos y la utilización que tiene cada curso de agua permitirá tomar las medidas de protección correspondientes en los efluentes contaminantes generados por la actividad del hombre (ZURY, 2004).

La calidad del medio ambiente ha ido empeorando progresivamente en Panamá, llegando a despertar una gran preocupación por compatibilizar los procesos de desarrollo con la protección ambiental. En particular, esta compatibilización requiere conocer el estado de la calidad del agua para determinar el uso que se le puede dar al cauce receptor aguas abajo de las descargas (ANAM, 2009).

En este sentido tras ingresar al siglo XXI, la República de Panamá empezó a enfrentar diversas circunstancias caracterizadas por graves problemas ambientales y nuevas oportunidades para modificar de manera decisiva las relaciones con el medio natural que les dieron origen. Entre esos problemas, destacan la erosión de las tierras agrícolas, ganaderas y forestales; la disminución del caudal de los ríos de la vertiente pacífica del Istmo; el crecimiento urbano desordenado que impera sobre todo en la Región Metropolitana; y el impacto destructivo de la huella ecológica en todo el territorio nacional, los cuales influyen negativamente en la disponibilidad y la calidad de las aguas, y la reducción de la diversidad biológica.

Los monitoreos para determinar la calidad de agua de los cuerpos de aguas superficiales en todo el país establecen una línea base de calidad de agua en las principales cuencas del país. Este monitoreo busca proporcionar información técnica y con respaldo científico, a los tomadores de decisiones, para que puedan ejecutar las acciones necesarias para la conservación y recuperación de los ecosistemas naturales del país.

A través del Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá, años 2002-2008, por ejemplo, se presenta los datos de las evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas realizadas en 35 cuencas hidrográficas de un total de 52 cuencas en todo el país, las cuales han sido monitoreadas durante los últimos seis años, durante la época seca y la lluviosa.

Los resultados presentados en este informe ofrecen una idea general de la calidad del agua de las cuencas monitoreadas a través del tiempo, permiten identificar los cuerpos hídricos más afectados por las presiones antrópicas, evaluando los resultados obtenidos

con las características propias de las cuencas y los factores antropogénicos presentes en ellas.

El anterior informe, arrojó información importante, pero muy puntual, de la cuenca en estudio, afirmando que las presiones sobre esta cuenca son principalmente fumigaciones con producto químico, vertido de lubricante, combustible por bomba de extracción de agua, vertido de agua servida a la fuente y la deforestación. Las potencialidades identificadas se encuentran la investigación, ecoturismo, reforestación, reubicación de vertedero, y los Corredores Biológicos. En relación con la calidad, el estudio solo se enfocó sobre el río Tonosí como principal y el río Quema, resultando que la calidad del agua del río Tonosí es aceptable, con algunos descensos en el índice de calidad hacia calidad de poco contaminada con tendencia a la calidad aceptable. En 2006, se inició el monitoreo de río Quema, cuyos resultados muestran que, por ahora, el río tiene calidad aceptable. Tanto el Tonosí como el río Quema son aceptables para consumo humano, actividades recreativas, pesca, vida acuática, riego y actividades industriales. En el mismo informe, según la Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas de ANAM, esta cuenca está fuertemente intervenida por las actividades agropecuarias, especialmente por la ganadería extensiva y el cultivo de arroz mecanizado, lo que ha provocado degradación y sedimentación directamente al cauce del Río Tonosí, como también en sus afluentes.

Bajo este escenario, el presente estudio, hace énfasis que debido a que los puntos de referencia de los ríos tributarios Güera, Güerita y Marroquí, afluentes de la cuenca 124 (río Tonosí), se cuenta con pocas referencias documentadas de la calidad del agua.

Situación que nos lleva a través del estudio, a formularnos las siguientes interrogantes sobre la calidad del agua para uso del sector agropecuario:

- ✓ ¿La información documentada actualizada, tiene indicadores veraces sobre la calidad agua fisicoquímica en estos tres ríos? ¿Sí o No?,
- ✓ ¿Estamos informados sobre indicadores generados por proyectos I+ D, en la calidad del agua fisicoquímica para uso agropecuario? ¿Sí o No? y ¿Cuál sería su proyección para el sector agropecuario?
- ✓ ¿Existe en Panamá la normativa o patrones sobre la calidad de agua para uso agropecuario?
- ✓ ¿Cómo esta valorizada y ponderada la calidad del agua dentro de esta normativa en Panamá?

## **OBJETIVOS**

### **1. Objetivo general**

- ✓ Contribuir a la gestión integrada del conocimiento, construyendo indicadores claves de gestión que establezcan parámetros veraces para la calidad fisicoquímica de agua y fortalezcan la normativa Panameña del recurso hídrico para uso agropecuario.

### **2. Objetivos Específicos**

- ✓ Caracterizar el uso de la tierra, en actividades agropecuarias, de los ríos Güera, Güerita y Marroquí, afluentes importantes, de la cuenca hidrográfica 124.
- ✓ Determinar la calidad fisicoquímica del agua en los ríos Güera, Güerita y marroquí y su comparación con los valores de la normativa que establece los parámetros de calidad de agua fisicoquímica en Panamá.
- ✓ Determinar la tendencias de las variables fisicoquímicas en los ríos Güera, Güerita y Marroquí

## **I. REVISION DE LITERATURA.**

### **1. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Se puede definir cuenca como un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua; además como sigue indicando el autor, es aquella unidad fisiográfica conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua definidos por el relieve (RAMAKRISHNA, 1997).

La Cuenca Hidrográfica es una zona de la superficie terrestre definida topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida. (ANAM, 1999).

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas (EVERT, K., 2010).

Bajo un enfoque integral e integrado, el concepto de cuenca hidrográfica es mucho más complejo o se refiere a la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano, los recursos naturales, los ecosistemas y el

ambiente, con el agua como recurso que une e integra sistémicamente la cuenca (JIMÉNEZ, A., 2008).

## **2. MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Las acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en sistema natural formado por una cuenca, y la dinámica de dicho sistema, tiene diferentes connotaciones. En general dicha coordinación de acciones ha sido catalogada como el manejo integral de cuencas (JIMÉNEZ, A., 2008).

El manejo integral de cuencas hidrográficas se define como el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo con los enfoques sistémicos, socio ambiental integral, multi e interdisciplinarios, multi e intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca.

Con el tiempo el enfoque de manejo de cuencas se asocia a temas de gestión ambiental de ordenación del territorio, de desarrollo regional y de gestión ambiental integrada y, por último, de todas las acciones orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una cuenca. Cabe recordar que lo que se debe “manejar” primero no es la cuenca en sí, sino las intervenciones que el ser humano realiza en la misma, considerando el efecto que ocasionan en la dinámica de la cuenca (DOUROJEANNI, A., 2005).

Hoy en día el término manejo de cuencas tiene un amplio rango de acepciones por lo que es necesario informarse en cada caso sobre los objetivos de los programas que se desarrollan bajo esta denominación (ANAM, 2007).

Las técnicas de manejo de cuencas están ahora fuertemente orientadas a proteger la calidad del agua. En la región la primera reunión sobre manejo de cuencas fue auspiciada por la FAO y se realizó en Argentina en 1970 (FAO, 2009).

La gestión tiene como base un conjunto de procesos y acciones, denominado ciclo de la gestión de cuencas que incluye el reconocimiento de la cuenca, las identificación y análisis de los actores claves e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión financiera y administración, el sistema de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias (JIMÉNEZ, 2008).

Con base al entendimiento de la gestión de cuencas hidrográficas, la formulación de los planes (de manejo de cuencas hidrográficas), deberían tener en cuenta tanto los atributos de la tierra y los recursos hídricos como los factores socioeconómicos que repercuten en el desarrollo de los seres humanos en esa zona en general, y las prácticas de uso de la tierra en particular. Asimismo, debería contemplarse un apoyo operacional permanente.



### 3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

El componente agua es una parte del ecosistema acuático en el que se desarrollan una serie de comunidades vivas que dependen de las características físicoquímicas del mismo y pueden verse notablemente modificadas al ser alteradas (ONU, 2009).

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede resultar inadecuada para la industria (AROSEMENA, B., 2003).

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas (AROSEMENA, B., 2003).

La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad del agua son de carácter físicoquímico, que no reflejan las posibles alteraciones existentes que hayan podido suceder tiempo atrás. Por este motivo la vigilancia y control de la contaminación del agua se complementa con organismos como bioindicadores (Calvo *et al.* 2007).

Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los

factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos, sugieren los autores.

#### **4. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN LOS RECURSOS HÍDRICOS.**

Los procesos de contaminación hídricos tienen gran impacto en nuestra sociedad, repercutiendo de manera significativa en el ambiente (entre estos es de particular importancia el desarrollo de las actividades agropecuarias) COTO, 1996.

La Organización Mundial de la Salud, enfatiza que el uso de fertilizantes químicos en muchas de las actividades agrícolas ha generado grandes problemas de contaminación ambiental y el agua ha sido el elemento del ambiente que más ha sufrido (ONGLEY, 1997).

Aunque por otro lado sostiene, que los fertilizantes siguen siendo necesarios en la agricultura porque hacen que los suelos produzcan de manera más efectiva, y el mundo cada vez necesita más de la agricultura para alimentarse.

Esta contaminación progresiva de las aguas por causa del abuso en los insumos agrícolas de origen químico puede poner en crisis el equilibrio del ecosistema si se llegan a incorporar en el mismo, principalmente en el agua. La agricultura consume anualmente

el 67% del agua dulce y en los países menos desarrollados, este consumo alcanza hasta un 86%.

Existen una gran cantidad de procesos químicos, físicos y biológicos que ocurren con las sustancias químicas que son aplicadas a los suelos agrícolas, desde su disposición en el terreno, hasta que llegan a las aguas superficiales o subterráneas. Estos procesos son muy complejos y comprenden, entre otros: (COTO, 1996).

- (a). Interacción con la cobertura vegetal.
- (b). Partición por organismos presentes en el terreno.
- (c). Pérdida por acción del viento.
- (d). Existencia de la adsorción con las partículas del suelo y transporte por escurrimiento superficial de las aguas.
- (e). Transporte de los lixiviados vía escurrimientos superficiales y subsuperficiales.

En el caso de las actividades pecuarias, específicamente ganaderas, éstas pueden contribuir a la contaminación mediante dos vías: como fuentes puntuales considerando dentro de esto el agua de los establos, y como fuente no puntual, por arrastre de estiércol dejado en los campos.

Se estima que en Panamá cada kilo de carne producida genera de 7 a 23 kilos de estiércol. Para evitar posibles daños en la salud humana, se han dispuesto de cientos de normas, tanto mundiales como nacionales, que establecen parámetros para el agua de consumo humano y son llamados valores guía (COTO, 1996).

Según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) 2009, existen en Panamá alrededor de 187 mil hectáreas aptas para riego. Aproximadamente, 71,673

hectáreas disponen de agua superficial para riego; es decir, que existe casi un 62% de las áreas aptas para riego que no se están regando (ANAM, 2007).

Los proyectos de riego mal planificados e implementados, que no contemplan un uso adecuado del suelo y del agua, agravados por métodos de desmonte para la siembra afectan la calidad del agua y deterioran los suelos (ANAM, 2009).

## **5. CONTAMINANTES DE LAS AGUAS.**

La contaminación como la generación de residuos en un medio, que se introducen por encima de la capacidad de este. La proliferación de estos residuos supone un desequilibrio grave en el biosistema, hasta el punto de llegar a imposibilitar la vida de las especies existentes. El agua, el aire y el suelo, son los 8 principales medios contaminados (FOSTER, 2002).

El agua es considerada como contaminada cuando sus características naturales están alteradas de tal modo que la hace total o inadecuada para el uso que se destina, por ejemplo, un vertido industrial. En muchas ocasiones, la distinción no es fácil, pues puede que una actividad humana no contaminante (en general, los bombeos), o bien una actividad de origen agropecuario, alteren un equilibrio previo, provocando el deterioro de la calidad del agua (SÁNCHEZ, 2004).

Es importante considerar de manera diferenciada los contaminantes orgánicos e inorgánicos en aguas, así como también la contaminación bacteriológica, así también que otros tipos de contaminantes pueden llegar al medio acuático de fuentes puntuales, como

pueden ser la debida a un vertido fortuito u ocasional, y fuentes permanentes (SÁNCHEZ, 2004).

Unas y otras tienen un impacto diferente en el medio acuático, donde se relacionan las principales fuentes de contaminación de aguas, así como los componentes contaminantes encontrados más frecuentemente. Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

(a). Microorganismos patógenos.

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

(b). Desechos orgánicos.

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno.

Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

(c). Sustancias químicas inorgánicas.

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

(d). Nutrientes vegetales inorgánicos.

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas.

Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

(e). Compuestos orgánicos.

Muchas moléculas orgánicas, como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, entre otros, acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

(f). Sedimentos y materiales suspendidos.

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de

alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

(g). Sustancias radiactivas.

Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

(h). Contaminación térmica.

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

## **6. GOBERNANZA Y GOBERNABILIDAD DEL AGUA.**

Si se abordan los términos de gobernanza y gobernabilidad, primero debemos referirnos a la Gestión Integrada de Recursos hídricos (GIRH), la cual se define como un proceso que fomenta el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000).

La realización de políticas, la planificación, la asignación del agua, el monitoreo, la ejecución y la solución final de conflictos, aún debe ser responsabilidad del gobierno. Estos elementos incluyen: (GWP, 2000).

(a). El ambiente propicio, el marco general de las políticas nacionales, legislaciones y regulaciones y la información del manejo de los recursos de agua para los interesados.

(b). Los roles institucionales y las funciones de los varios niveles administrativos y los interesados; y

(c). Los instrumentos de manejo, incluyendo instrumentos operacionales para una regulación efectiva, monitoreo y cumplimiento que permita a los gestores de políticas realizar elecciones informales entre distintas alternativas de acción. Estas elecciones deben basarse en políticas acordadas, recursos disponibles, impactos medioambientales y consecuencias sociales y económicas

Para el caso específico de Panamá, al referirnos al agua, debemos abordar el tema sobre el sistema de leyes ambientales, primero la Ley General de Aguas, la cual fue aprobada en 1996. Esta Ley no posee un enfoque de gestión integrada, sin embargo, la prioridad no consiste en actualizarla, sino más bien en mejorar su aplicación y la coordinación interinstitucional.

Las demás leyes que hacen referencia al agua potable, al riego, a la salud pública y a la generación hidroeléctrica, tienen un carácter sectorial, caso contrario a la Ley del Canal de Panamá, debido a que existe una legislación específica que crea la Autoridad del Canal de Panamá y el Comité Interinstitucional de la Cuenca del Canal de Panamá (BALLESTEROS, 2005).

La Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) se estableció por ley en 1998, con el cometido de guiar la gestión hídrica. Sin embargo, esta responsabilidad está restringida a los aspectos ambientales y no existe agencia alguna que posea un enfoque integrado.



Por lo anterior, recientemente, Panamá generó, el Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos 2010-2030, es el primer esfuerzo a nivel interinstitucional de planeación del recurso hídrico en el país (ANAM, 2011). Dentro del eje de sostenibilidad de la estrategia anexa a dicho plan destacan a corto plazo: el establecimiento de la cuenca hidrográfica como unidad de gestión, la elaboración de nuevos balances hídricos, elaborar más planes de manejo de cuencas, ampliar los planes de monitoreo, actualización de la base de datos de proyectos. A largo plazo destacan: la caracterización de las aguas subterráneas, la incorporación del pago por servicios ambientales y la tasa ambiental por vertido, revisión y actualización de la normativa sobre caudal ecológico, monitoreo de aguas subterráneas. En el eje de agua y desarrollo se planea a corto plazo construir sistemas de riego más eficientes y a largo plazo promover la utilización de aguas residuales tratadas para el riego y la industria, y levantar un inventario sobre calidad de las aguas subterráneas. En cuanto al eje de vulnerabilidad y cambio climático, en el corto plazo se espera fortalecer las redes de observación del clima y establecimiento de alianzas estratégicas, y a largo plazo clasificar zonas según los riesgos ambientales dentro de las cuencas y diagnosticar cuencas en estado crítico. En el eje de institucionalidad y gobernabilidad en el corto plazo se espera reglamentar la Ley de cuencas hidrográficas y actualizar y aprobar la política de recursos hídricos, y a largo plazo el establecimiento de los comités de cuencas y sub-cuencas y desarrollar incentivos e instrumentos económicos para la conservación.

## **7. CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA**

La calidad del agua para diferentes usos está condicionada por las contaminaciones de origen urbano, periurbano y rural, aunque a menudo la fuente de contaminación más importante y difícil de controlar es la agropecuaria.

Al agricultor le importa, por ejemplo: la cantidad de agua con la que puede contar, si está lejos o cerca de la parcela, a una presión suficiente para facilitar su aplicación o a gran profundidad bajo el suelo; si está disponible durante el período vegetativo o, por el contrario, cuando no hay siembras; y si es adecuada o bien está contaminada con gérmenes, sales o compuestos tóxicos. Todos estos factores, que inciden en la capacidad de producción y en el valor de cosecha, no necesariamente se reflejan en las estadísticas, las cuales (para evitar errores) deben utilizarse con la debida reflexión.

Si se habla de calidad de agua para uso agrícola, es importante indicar, en un primer lugar, que la gestión del recurso hídrico se encuentra dispersa en una serie de instituciones con competencias concurrentes; generando muchas veces, traslapes y conflictos entre estas con atribuciones sobre el recurso, pero que al mismo tiempo tienen el deber de velar por la calidad de agua (ANAM, 2000).

La Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés), en el año 2015, diagnosticó que gracias a un control realizado en los ríos de Herrera y Los Santos indica que los cursos de agua son contaminados por la descarga de residuos líquidos domésticos, agrícolas y agroindustriales, el escurrimiento de agroquímicos y sedimentos de las diversas actividades y también por la disposición inadecuada de desechos sólidos

en las cuencas. A esto se debe agregar que la escorrentía superficial provoca erosión, la cual lleva sedimento a las partes bajas de los ríos.

En la cuenca río Santa María (132), del 2008 al 2010, se han realizado monitoreos en los ríos Cañazas, Santa María, Gato y San Juan. En general, los ríos Gato, San Juan y Santa María, el ICA ha estado en rangos de no contaminado hasta aceptable. El río Cañazas ha disminuido su índice de calidad de aceptable a poco contaminado.

## **8. INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA**

Los indicadores de calidad del agua se pueden establecer de acuerdo con el origen de estos. La clasificación más común es en indicadores biológicos, microbiológicos, químicos y físicos. Los indicadores para la calidad del agua en cualquier estudio se definirán en dependencia de los usos actuales y potenciales (BRUGNOLI, 1993).

Además, se catalogan diferentes categorías para usos de agua, para consumo potable, doméstico, comercial, hidroelectricidad, navegación, industrial, agropecuario, agroindustrial, recreación, biodiversidad, entre otras (VITELA, 2003).

Al hablar de los principales indicadores físicos, químicos y microbiológicos de calidad de agua deberían de ser explicados bajo el concepto de sostenibilidad, bajo un marco lógico fusionando los aspectos ecológicos, económicos y sociales. Estos se definen ante una situación única y dentro de un escenario específico (VILLEGAS, 1995).

Los principales parámetros o indicadores de calidad del agua son: pH, temperatura, sólidos totales, conductividad, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, de los cuales, los que se

describen a continuación, serán los evaluados en la propuesta de investigación (MEJÍA, 2005).

## **8.1. INDICADORES FÍSICOS:**

### **8.1.1. Color**

La fuente las aguas superficiales pueden parecer altamente coloreadas debido a la presencia de materia pigmentada en suspensión, cuando en realidad el agua no tiene color (ANAM, 2007).

El material colorante resulta del contacto con detritus orgánico como hojas, agujas de coníferas y madera, en diversos estados de descomposición, está formado por una considerable variedad de extractos vegetales.

#### **Características:**

El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real. En el análisis del agua es importante diferenciar entre el color aparente y el real (ANAM, 2007).

#### **Riesgos para la salud:**

- (a). No permite el paso de la luz para el desarrollo de la biodiversidad.
- (b). Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución.

**Método de análisis:**

Para determinar el color mediante los métodos actualmente aceptados, es necesario eliminar la turbidez antes de proceder al análisis. Tenemos dos métodos que son utilizados: método de comparación visual y método espectrofotométrico.

**8.1.2. Olor****Características:**

El olor se reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable (y de los alimentos preparados con ella) que pueda corromperse con la presencia, de peces y otros organismos acuáticos, y anular la estética de las aguas de instalaciones de recreo.

**Compuestos químicos:**

Presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.

**Riesgos para la salud**

- (a). Malestar, dolor de cabeza, mareos.
- (b). Alergias dependiendo del causante del olor.

## **8.2. INDICADORES FISICOQUÍMICOS**

### **8.2.1. PH:**

Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, indica la concentración de hidrogeniones de una disolución o la concentración de iones o cationes hidrógeno [H<sup>+</sup>] presentes en una determinada sustancia (MITCHELT, 1991).

Típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones menores a 7, y básica las que tienen pH mayores a 7, y pH = 7 indica la neutralidad de la disolución siendo el disolvente agua. La medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales.

### **8.2.2. Salinidad:**

La salinidad de los suelos afecta la producción de alimentos a escala mundial. Esta muestra una tendencia a aumentar en los próximos años a nivel mundial, así como para el territorio panameño en la provincia de Los Santos en los ríos Güera, Güerita y Marroquí, donde este fenómeno medioambiental, independientemente de las condiciones climáticas, ha acarreado procesos de degradación de los suelos, perjudicando los rendimientos de cultivos de gran interés en la economía nacional (CASTELLANOS, J., 2004).

El estrés salino provoca cambios fisiológicos y bioquímicas en el metabolismo de las plantas, que determinan su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones, para lo cual las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia.

El mejoramiento genético, ofrece un aumento, tanto en la recuperación de áreas subutilizadas, como en los rendimientos en aquellas zonas donde la salinidad es un factor limitante, lo cual se trabaja por diversas vías (CASTELLANOS, J., 2004).

Teniendo en cuenta que la selección de plantas tolerantes a la salinidad es un proceso largo, se trabaja en la búsqueda de indicadores eficientes para la selección temprana de genotipos con mejor comportamiento agronómico. Estos aspectos son abordados en este trabajo enfocando el mejoramiento como una herramienta eficaz para la selección de genotipos de diferentes cultivos con mejor comportamiento ante el estrés salino.

### **8.2.3. Temperatura:**

La temperatura se considera un requisito para el pH y la conductividad. Es una medición importante para interpretar los rangos de solubilidad de los parámetros químicos, debido a que influye con las tasas de actividad química y biológica. También afecta la tasa de transferencia de oxígeno y por consiguiente el valor del oxígeno saturado, pues al incrementar la temperatura la solubilidad del oxígeno disuelto disminuye (CHAVIRA, J., 2004).

Al aumentar la temperatura se puede producir malos olores debido a un aumento en la transferencia de gases, dando como resultado así la reproducción de ciertas especies vegetales y animales, acelerando los procesos metabólicos que pueden llegar a cambiar las especies de un río, debido a la intolerancia que muestran ciertas especies a la variación de la temperatura (MITCHELT, 1991).

#### **8.2.4. Oxígeno Disuelto:**

Es un parámetro relevante a la hora de evaluar la calidad del agua debido a que se asocia a la contaminación orgánica. Tiene una relación directa con la temperatura y salinidad debido a que aumenta su concentración al disminuir estos dos parámetros. También posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce.

En condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitrato y fosfato. Una vez consumido todo el oxígeno presente se inicia la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno, entre otros gases (MITCHELL, 1991).

#### **8.2.5. Conductividad:**

Al hablar de conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos, ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio (ONU, 2010).

La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego, afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos (CANTER, 2000).

#### **8.2.6. Sólidos totales:**

Los sólidos totales se definen como la suma de los disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales (CASTELLANOS, J. 2004).



Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por sí sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua. El proceso de tratamiento, entre otros, es la ósmosis inversa.

Los sólidos en suspensión se suelen separar por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación.

## **9. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Siendo la contaminación del agua un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua (BALLANCE, R, 1996).

Existen numerosos métodos e índices que ~~tratan~~ aclaran la situación real, o el grado de alteración de los sistemas acuáticos. Algunos se basan en análisis de las condiciones químicas, y son testigos del entorno por pruebas de las aguas y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento (TORO, 2003). Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evaluación de una carga contaminante y la capacidad resaliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos.

Las variables fisicoquímicas más empleadas para determinar la utilización del agua desde el punto de vista higiénico, alimenticio e industrial son el pH, oxígeno disuelto, fósforo, nitrógeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), turbidez, sólidos

totales y disueltos, conductividad eléctrica y coliformes totales y fecales (SAGASTIZADO, 2001).

A partir de estas variables se han creado índices que constituyen las clasificaciones cualitativas y cuantitativas que tienen el propósito de simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones.

La metodología para el análisis físico químico de la calidad del agua es la propuesta conocida como índice de calidad del agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros e indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua (MITCHEL, 1991).

Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica.

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación.

## **10. NORMATIVA DE LA CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua con destino al consumo humano y para el uso agrícola, tiene implicaciones importantes sobre los aspectos sociales y económicos que actúan indirectamente sobre el desarrollo de un país (CAPRE 1994).

Caracterizar la calidad a través de los límites permisibles de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos es fundamental para la salud pública y para el uso agropecuario de la región.

Con la necesidad de querer normalizar límites nace la importancia de hablar sobre la estructura de la norma, que debe tomar en consideración la importancia sanitaria de los parámetros al analizar la calidad y la sensibilidad de las fuentes utilizadas para la producción de agua para consumo humano y uso agropecuario, lo cual no se hace diferente en la mayoría de nuestros países. Según él los objetivos de la norma son: (CAPRE 1994).

a. Garantizar la salud de los consumidores:

Los parámetros y sus niveles, que representan un peligro para la salud, sean perfectamente conocidos y las exigencias asociadas para la protección del consumidor, sean bien definidas. Basados en los conocimientos científicos y epidemiológicos y a los principios de gestión de riesgo, se deben definir límites permisibles de calidad del agua y proponer una jerarquía en referencia a los riesgos que se presentan.

b. Ser factibles en el contexto del país:

Las recomendaciones deben adecuarse con la situación existente en los laboratorios y en las empresas prestadoras de servicios de agua y alcantarillado, sin poner en riesgo a la salud humana.

c. Ser adaptables:

Existen diferencias naturales y socioeconómicas entre los departamentos y las ciudades. Por eso es necesario dar flexibilidad y gradualidad en los requisitos, para permitir una adaptación a las condiciones locales, sin que ello implique poner en riesgo la salud humana. En Panamá, el decreto ejecutivo No. 58 del 2004, define legalmente los términos relacionados a la normativa de calidad de agua, según

(a). Límites permisibles: Son normas técnicas, parámetros y valores, establecidos con el objeto de proteger la salud humana, la calidad del ambiente o la integridad de sus componentes. Estos límites permisibles, se establecen según las siguientes clases.

Clase 1–C: Aguas destinadas a: a) Abastecimiento para consumo humano con tratamiento simplificado (filtración lenta y desinfección). b) Protección y conservación de las comunidades acuáticas. c) Riego de vegetales que se consumen crudos. d) Recreación de bajo riesgo según la normativa específica. e) Desarrollo de acuicultura.

Clase 2–C: Aguas destinadas a: a) Abastecimiento para consumo humano con tratamiento convencional (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección). b) Protección de comunidades acuáticas. c) Riego de vegetales que sirven de alimento para humanos luego de algún tipo de un procesamiento, o de parques, jardines y campos de deportes cuando exista contacto directo con el público. d) Pesca artesanal. e) Recreación de riesgo medio según la normativa específica. f) Abreviamiento de ganado.

Los estándares para las dos clases antes descritas son las siguientes:

Para la clase 1-C pH: Unidad de pH (6,5-8,5); recomendada para baños por posible afectación ocular Oxígeno Disuelto: mg/L (>6); Se entendió que el valor elegido era muy exigente para las temperaturas de los cuerpos de agua de Panamá y no se justificada. El valor de 6 mg/L es más adecuado para el sostenimiento de vida acuática. Turbiedad: NTU (<50); es un valor recomendado para baños. Temperatura: T °C (<2); en la mayoría de las normas internacionales se recomienda que la temperatura de un efluente no produzca modificaciones mayores de 2°C de la del curso de agua (referencia de Norma Brasileira). Nitrato: mg/L de N (<3); sin bien el valor recomendado normalmente de

nitrato para agua de uso de consumo es de 10 mg/L en nitrato se adoptó el presente valor dado que se establece 6mg/L como estándar de vertido.

Estándares para la clase 2-C pH: Unidad de pH (6,0-9,0); recomendada para prevención de la vida acuática Oxígeno Disuelto: mg/L (>5); Valor adecuado para sostenimiento de la vida acuática. La normativa brasilera usa ese valor para aguas dulces de calidad media. Y la Uruguay lo usa para toda clase con prevención de vida acuática. Turbiedad: NTU (<100); Valor límite para recreación sin contacto directo. Se entiende adecuado, aunque es posible que sea superado (sin riesgo significativo) en época lluviosa.

Temperatura: T °C (<3); se adopta una variación algo menos exigente a las de la clase 1-C Nitrato: mg/L de N (<3); sin bien el valor recomendado normalmente de nitrato para agua de uso de consumo es de 10 mg/L en nitrato se adoptó el presente valor dado que se establece 6mg/L como estándar de vertido.

(b). Normas Ambientales de absorción o normas de calidad ambiental: Normas que establecen los valores de las concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población o para el medio ambiente.

(c). Norma de Referencia: las Normas de calidad ambiental y límites máximos permisibles provenientes de organizaciones internacionales o países extranjeros, que se utiliza con fines comparativos. Con el propósito de evaluar bajo antecedentes objetivos el comportamiento ambiental de actividades, proyectos, servicios o productos, en ausencia de normas nacionales.

El cuadro # 1 muestra por ejemplo las normas de algunos parámetros físicos y químicos de la calidad del agua para América Central.

**Cuadro 1. Normas de calidad de agua para consumo humano para América Central.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor recomendado</b>	<b>Valor máximo admisible</b>
Coliformes fecales	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
pH	Valor pH	6,5 – 8,5	≤ 8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	≤ 2	2,5 – 4
Nitrato	NO <sub>3</sub> mg/L	≤ 5	≤ 10
Fosfato	PO <sub>4</sub> mg/L	≤ 0.01	≤ 5
Temperatura	°C	18 - 30	≤ 30
Turbidez	UNT	≤ 1	≤ 3
Sólidos disueltos totales	mg/L	≤ 300	≤ 1000
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	≥ 5	≤ 4

**Cuadro # 2. Referencias de Normativa de calidad de agua según país (Pa)**

**Panameña), Bra (Brasil), Chi (Chile).**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>NORMATIVA</b>
pH	6 a 9_Pa
Temperatura	<30°C Pa
Conductividad	30-1500 (riego<750) Bra, Chi
Sólidos Totales	<500_Pa
Salinidad	<0.5_Bra, Chi
Oxígeno Disuelto	>90% Pa

## II. MATERIALES Y METODOS

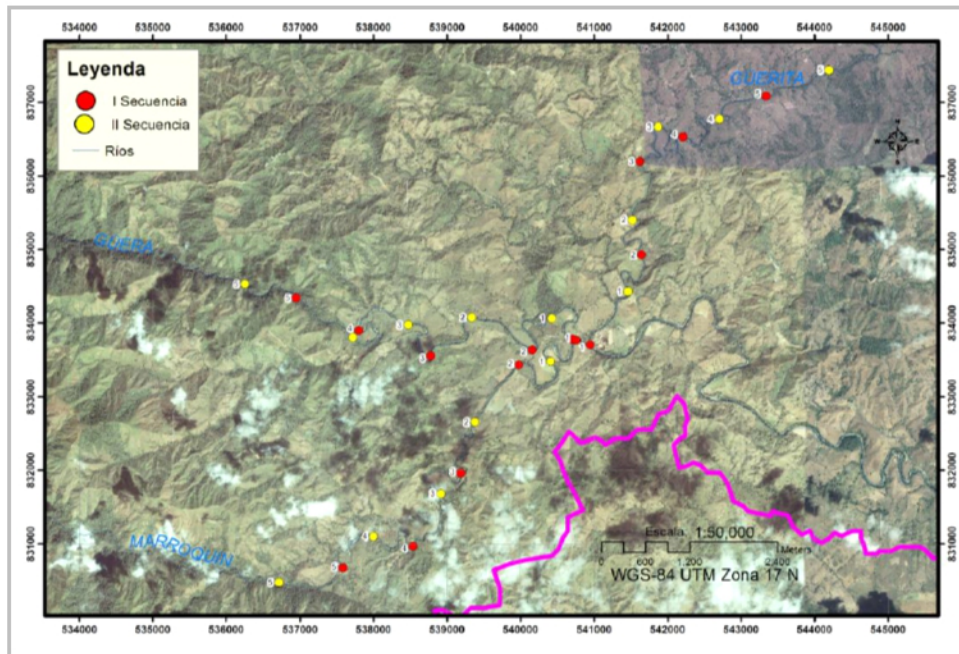
### 1. LOCALIZACION GEOGRAFICA

Los ríos Güera, Güerita y Marroquí, forma parte de la cuenca 124, en República de Panamá. El Ministerio de ambiente (2015) dice que un Esta región se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico en la provincia de Los Santos.



Figura # 1, Ubicación del área de estudio





**Figura 2. Mapa de secuencias de monitoreo, cada dos (2) kilómetros, en los ríos Güera, Güerita y Marroquí.**

## **2. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.**

Según el Ministerio de Ambiente (2015) el área de drenaje de los ríos tributarios a la cuenta 124 es de 16.040 ha o 160,40 km<sup>2</sup>, representando un 12,38% del total de la cuenca. La longitud aproximada desde su nacimiento hasta la salida es de 37,88 kilómetros.

El perímetro de la sub cuenca es de unos 76,74 kilómetros. La forma de esta es rectangular delgada, alargada, corriendo casi en dirección oeste-este al inicio, para luego tomar una dirección noroeste-sureste al unirse a la cuenca No 124.

La región hidrológica de los ríos Güera, Güerita y Marroquí se puede catalogar como pequeña y de tipo exorreica. La altitud máxima de la sub cuenca es de 300.

### **3. PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS**

Los estudios se organizaron en tres etapas (figura 5). La primera etapa consistió en la inducción de la investigación. En primer lugar, se realizó una gira de reconocimiento y establecimiento de los primeros contactos para el reconocimiento de los afluentes tributarios; paralelamente se revisó información secundaria sobre el área de estudio.

Luego con el análisis de la información primaria se lograron establecer las actividades del área de estudio. Además, se determinó a través de los indicadores la calidad del agua del área en estudio.

Mediante un recorrido de campo en los afluentes tributarios, se logró identificar mediante observación directa, con el apoyo además de información previamente georeferenciada, los tipos de contaminación existentes, aquellas que contaminan el agua para uso agropecuario, así como actividades agropecuarias que contaminan el agua de los afluentes tributarios, tanto de las fuentes puntuales (por ejemplo, porquerizas, humano, etc.) o fuentes difusas (por ejemplo, uso de agroquímicos en la agricultura y actividades pecuarias, etc.).

Para determinar la calidad del agua para uso agropecuario, se procedió analizar la información que en efecto han venido generando diferentes instituciones en la zona de estudio, entre ellos: ANAM, MIDA, IDIAP y MINSA.

Inicialmente en el anteproyecto se planteó realizar análisis de agua a nivel de laboratorio, todo dependiendo de la información encontrada referente a los análisis de

agua que hicieran referencia a probables niveles de contaminación en los ríos Güera, Güerita y Marroquí.

Realizada la revisión de toda la documentación en relación con el tema, se encontró que ANAM, hoy Mi Ambiente, monitorearon la cuenca 124 (cause principal río Tonosí) y río Quema en el año 2002 al 2008, por lo tanto, se procedió a recolectar toda la información generada, con la que luego se creó una base de datos, tomando en consideración los parámetros inicialmente planeados.

Se consideró la relación de los parámetros evaluados, que pudiesen estar provocando indirectamente algún tipo de alteración en las principales fuentes hídricas de la cuenca 124, pero no se encontró evaluaciones en los ríos tributarios, como afluente directos a la cuenca.

#### **4. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA**

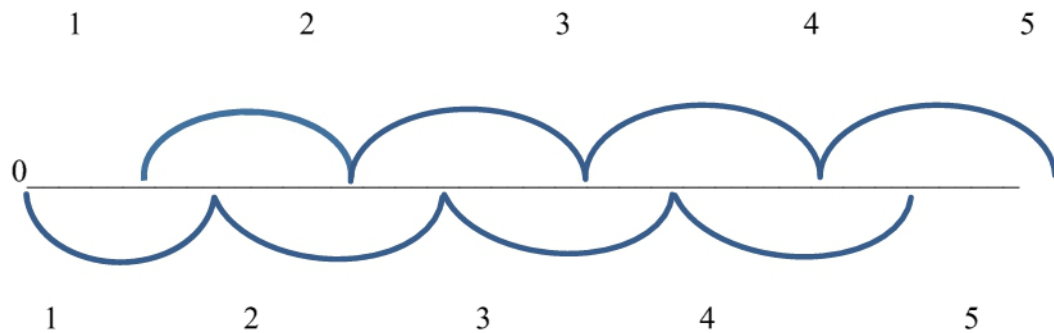
Las áreas de estudio corresponden a las microcuencas que forman a la subcuenca del río Güera, conformada por las microcuencas Güera, Guerrita y Marroquí. Se analizaron indicadores convencionales de calidad del agua: pH, Temperatura, conductividad, salinidad, sólidos totales y Oxígeno disuelto, a través del uso del Multiparamétrico; en todo el trayecto de los ríos, georreferenciados empleado un GPS. Se estableció muestreos sistemáticos por fuente, por mes, por época en el año 2015. La base de datos se analizó usando el programa estadístico INFOSAT y la herramienta Excel 2013.

Uso de Modelo lineal aditivo:

$$Y = a + \beta_{x1} + \beta_{x2}$$

Se establecieron dos secuencias de monitoreo, la primera secuencia a 2 km ascendiendo desde la desembocadura de cada río, y la segunda secuencia a cada 1 km intermedia a la primera secuencia. Los muestreos se realizaron en la época seca (Marzo, Abril, Mayo y Junio) y en época lluviosa (Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre). El número de muestras se tomó de acuerdo con el muestreo sistemático al azar: Tomando como referencia la longitud total (km) del río, como población total.

- Primera Secuencia (I).



- Segunda Secuencia (II).

Las variables, analizadas, a través de estadística descriptiva (media, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

#### 1. CARACTERIZACIÓN DEL USO DE TIERRA, EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS DE LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ, EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA 124.

La figura 3(a), muestra que el mayor porcentaje de las tierra productivas dentro de las subcuencas tienen propiedad (67%), a comparación del 32% en estado de compartir o a medias con otro productor, además as actividades agrícolas que generan el sustento diario, para las comunidades en las subcuencas de Güera y Quema, como se indica en la figura 3(b), son los cultivos: arroz, maíz, fríjol y yuca. De estos, se destacan el cultivo de maíz (20.15) % y arroz (17.76 %), que constituyen la seguridad alimentaria de esta región.

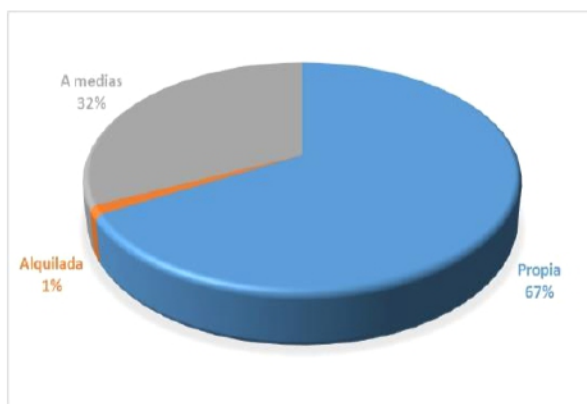


Figura 3(a)

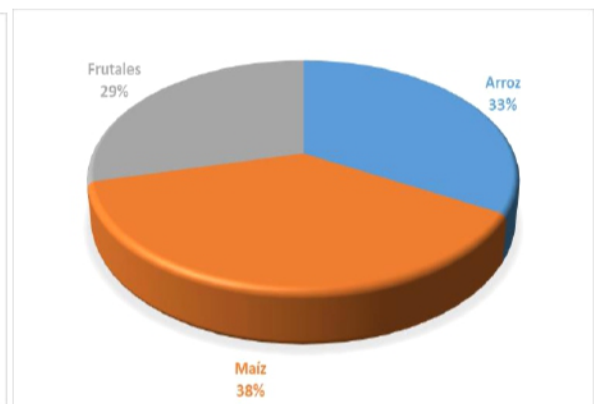
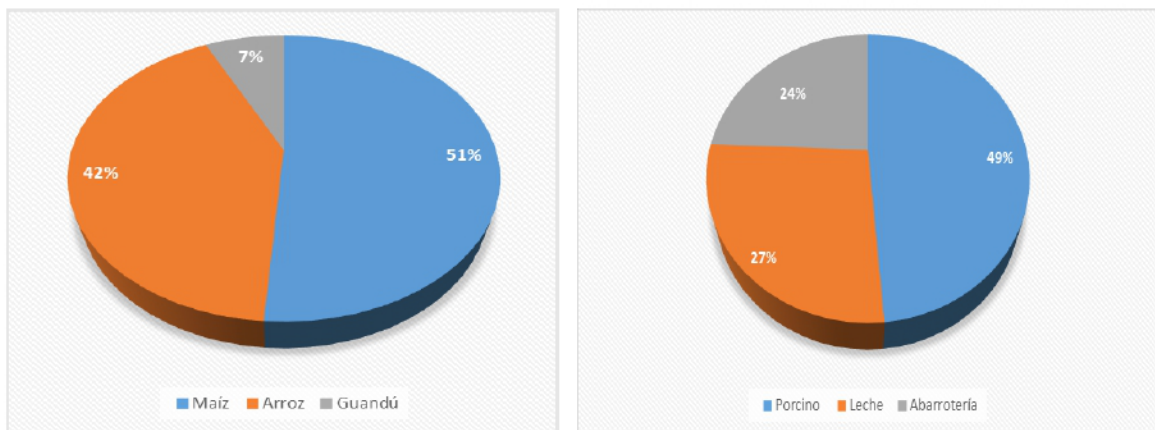


Figura 3(b)

**Figura 3. Tenencia de la tierra (%) de las actividades agropecuarias (a), y actividades que le generan sustento (b) en las subcuencas de Güera y Quema, 2015.**

Los rubros más importantes producidos por los agricultores se ilustran en la figura 4 (a), con el rubro maíz (51 %), seguido por el cultivo de arroz con 42.28 %, lo que significa que son los rubros importantes que están en correspondencia con las actividades agrícolas que generan el sustento diario en estas comunidades. La figura 4(b), muestra que la comunidad, no solo genera para autoconsumo, también realiza venta de otros rubros en un 49, 27 y 24%, a través de la producen porcina, lechera (doble propósito) y abarroterías, respectivamente.

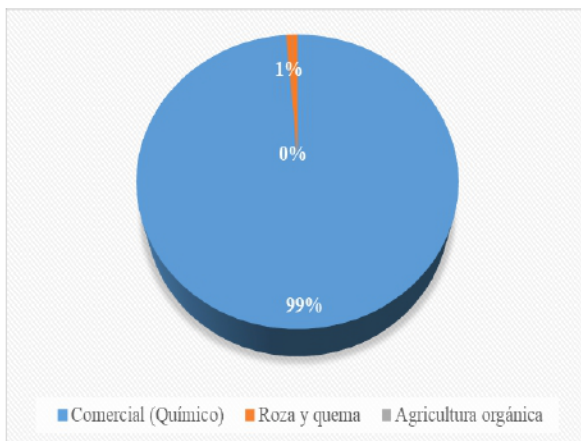


**Figura 4. Principales rubros que generan sustento (a) y Otras actividades que generan ingresos (b), en la subcuenca del río Güera.**

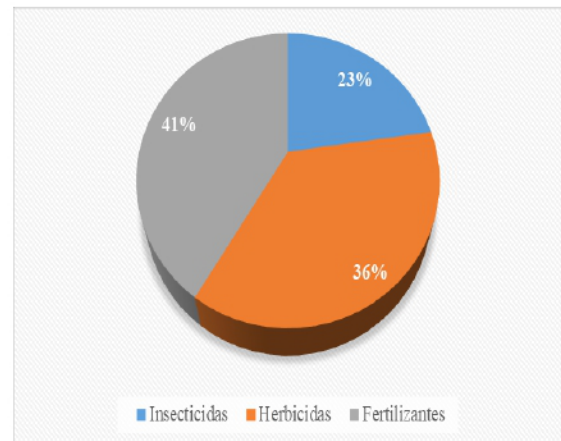
Solamente el 1.39 % de los sistemas de siembra de rosa y quema, utilizan agroquímicos, para la siembra de cultivos agrícolas, producto de los bajos ingresos que no permiten el acceso a estos productos. Resultados similares concuerdan con los proyectos que han caracterizado las áreas de pobreza y pobreza extrema en el país (IDIAP, 2010). Este comportamiento es un mínimo común que denota la falta de desarrollo de tecnologías apropiadas para la agricultura familiar. De hecho, la fortaleza



para reducir rosas y quemas es la agroecología con prácticas basadas en agricultura orgánica (Cuadro 12). Este bajo porcentaje que plantea el cuadro 9, muestra la percepción muy baja de la importancia del sistema de producción orgánico para mitigar contaminación por efecto de las actividades agropecuarias. Más claro, se aprecia la prevalencia (99 %), de la cultura comercial del uso de agroquímicos (figura 5a), que manejada de manera irresponsable contaminan las fuentes de agua y su calidad para uso agrícola. Los trabajos de investigación de los proyectos VIAGRO, (2010) y MIGSA (2015), concuerdan con este tema.



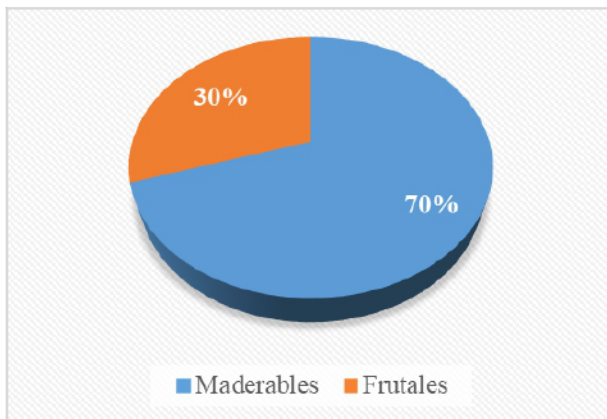
**Figura 5(a)**



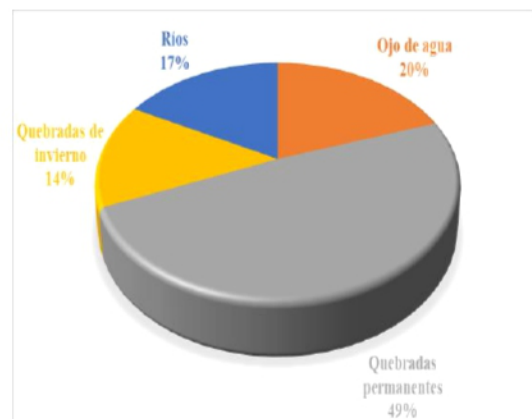
**Figura 5(b)**

**Figura 5. Principales tipo de sistemas de producción de las comunidades(a), porcentaje de productores que utilizan productos agroquímicos (b).**

Como se muestra en la figura 5(b), existe un alto porcentaje de la comunidad que utilizan agroquímicos comerciales para sus cultivos, siendo los herbicidas (35.98%) los más utilizados en orden de importancia, lo que implica el efecto negativo de las actividades agropecuarias colindantes sobre la calidad de aguas en las sub cuencas de los ríos Güera y Quema. Como principal finalidad de reforestación en las fincas, utilizada por las comunidades insertas dentro de las subcuencas, se realizan en un 30% con especies maderable y 70% usan frutales (figura 6 (a), percibiendo las acciones, además de conservación, como un mecanismo proveedor de bienes y servicios ecos sistémicos generador de un valor agregado que le producen la finca.



**Figura 5 (a)**



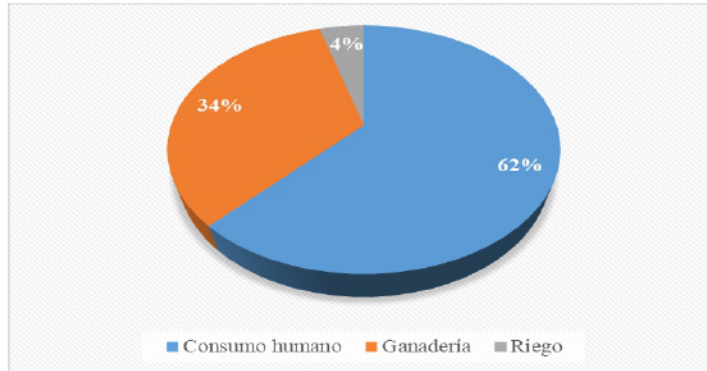
**Figura 5(b)**

**Figura 5. Principales especies para reforestación en fincas y principales usos del agua como recurso en las subcuencas Güera, Güerita y Marroquí.**

Existen varias fuentes de aguas colindantes y bien distribuidas en las áreas de producción, propias de las comunidades, como se indica en la figura 5(b), donde el mayor porcentaje se encuentran en quebradas permanentes (49%), y el 20 %, se encuentra dentro las fincas, como ojos de agua, consideradas como áreas con potencial como zonas

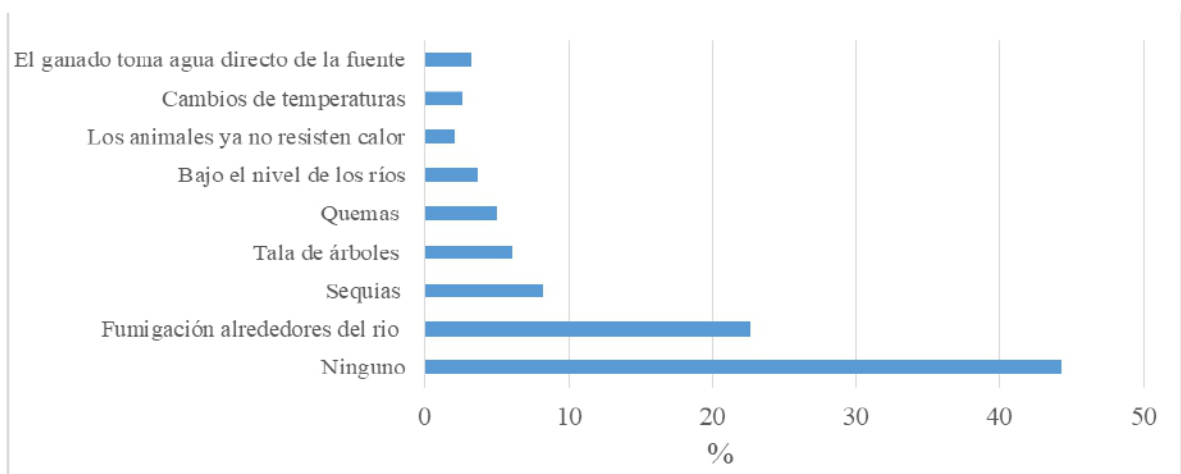


de recarga hídrica, lo que sugiere a la comunidad, conservación, protección y el uso (cosecha de agua, riego, bebederos.



**Figura 6. Principal uso del agua a nivel de las subcuencas Güera, Güerita y Marroquí.**

De acuerdo con la disponibilidad, del recurso hídrico en las subcuencas en estudio, el principal uso (figura 6), el 62 %, es para uso humano. 34%, para uso ganadero y 4% para riego, indicando que la prioridad en el uso de agua es para consumo humano, no de los sistemas de producción.



**Figura 7. Percepción de la comunidad, de los principales problemas ambientales en las subcuencas Güera, Güerita y Marroquí.**

El 44.29 %, de las comunidades usuarias de las subcuencas Güera, Güerita y Marroquí no perciben los problemas ambientales (figura 7). Pero no deja de ser su mayor preocupación, la fumigación (22.69 %), que afecta la salud y sobrevivencia de la diversidad de especies. El menor peligro ambiental de manera individual lo asocian a factores inherentes a la variabilidad y cambio climático y este efecto climático (sequia, tala, bajo caudal de los ríos, altas temperatura y cambios de temperaturas), en general la comunidad no tiene claro el verdadero problema ambiental en las subcuencas.

## **2. DETERMINAR LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA EN LOS RÍOS GÜERA, GÜERITA Y MARROQUÍ Y SU COMPARACIÓN CON LOS VALORES DE LA NORMATIVA QUE ESTABLECE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA FISICOQUÍMICA EN PANAMÁ.**

### **2.1 Monitoreo secuencial I y II de las variables Fisicoquímica de la calidad de agua en la Subcuencas del río Güera. Año 2015.**

Los valores medios obtenidos de los monitores secuenciales I y II, de las variables fisicoquímicas en la subcuencas del río Güera, se muestra en la tabla 1. Los valores medios de las secuencias I y II, muestran desviaciones estándares menores al promedio en cada secuencia, por variables fisicoquímicas evaluadas. Esto demuestra la veracidad y confiabilidad de la distribución normal de la información.

### Secuencia 1

PH	Temperatura (°C)	Conductividad ( $\mu$ Scm)	Solidos Totales (ppm)	Salinidad (ups)	% Oxígeno Disuelto (OD)
8.582 $\pm$ 0.163	26.24 $\pm$ 0.88	271.76 $\pm$ 13.43	119.36 $\pm$ 10.33	0.13 $\pm$ 0.01	146.47 $\pm$ 4.63
Secuencia 2					
PH	Temperatura (°C)	Conductividad ( $\mu$ Scm)	Solidos Totales (ppm)	Salinidad (ups)	% Oxígeno Disuelto (OD)
8.81 $\pm$ 0.05	25.67 $\pm$ 0.60	306.88 $\pm$ 17.77	153 $\pm$ 8.81	0.14 $\pm$ 0.01	53.36 $\pm$ 2.82

**Tabla 1. Valores medios de las variables fisicoquímicos, del monitoreo secuencial, en los ríos Güera, Güerita y Marroquí, año 2015.**

En contraste, la tabla 2, muestra los valores máximos encontrados en las variables de respuestas, para la secuencia I (PH, temperatura (°C), conductividad ( $\mu$ Scm), Salinidad (ups) y oxígeno disuelto (%), están dentro de lo establecido por la norma panameña, Brasil y Chile. El oxígeno disuelto, fue la única variable en la secuencia II (tabla 3), en presentar valores máximos por debajo del porcentaje establecido en la norma panameña, sugiriendo que la cantidad de oxígeno disuelto está asociada a la acumulación de sedimento producto de la escorrentía (estancamiento de sedimento), situación similar a la reportada por (Martínez et al. 2001), donde la disminución del OD está asociada a su consumo por parte de los organismos heterótrofos aerobios durante el proceso de oxidación de las materia orgánica. De igual manera los altos niveles de nutrientes

también contribuyen a la disminución del OD, dado que inducen la eutrofización de los cuerpos de agua y la proliferación, muerte y descomposición de los productores primarios, lo cual conduce a una marcada disminución del OD (Camargo & Alonso 2007), en los caudales de los ríos afluentes en la subcuenca del río Güera, lo que podría afectar su uso para consumo humano y agrícola.

En término general, los afluentes de la subcuenca del río Güera presentan valores aceptables en la calidad fisicoquímica de agua según las normas panameñas y las de referencias para uso humano de Brasil y Chile. Bustamante, (2009); caracterizó la calidad de agua en la subcuenca del río Gato según la normativa panameña para uso agrícola, como clase 2-C, destinada a riego de vegetales que sirven de alimento humano, luego de algún tratamiento; pesca artesanal y abreviamiento de ganado. Aunque estos estándares 2-C, se establecen como referencia en la nomenclatura panameña de uso agropecuario, son valores más aceptados para la vida acuática que para la agricultura. Por ejemplo, el caso de pH, (6.5-8.5), se considera como agua pesada que afectan la efectividad de los agroquímicos en la agricultura, La importancia de este valor radica en que por encima del pH 7, la mayoría de los macro y micronutrientes se hace de menor absorción, lo que representaría una disminución en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, según Romero et al., 2009, el pH óptimo para suelos agrícolas debe variar entre 6.5 y 7.5 para obtener mejores rendimientos y una mayor productividad.

Los valores de pH oscilan entre 7,3 y 7,5 lo que representan un riesgo de obturación en los emisores de los sistemas de micro irrigación, según la clasificación de Nakayama y Bucks (1991) que plantea que valores de pH entre 7 y 8 existe peligro de obturaciones.

En cuanto a la dureza estas fuentes de agua, según la clasificación de calidad de agua para riego de la FAO (2009), expresada en grados hidrotimétricos franceses (°F), en todos los casos superiores a 50 °F se consideran muy duras.

Para el caso de oxígeno disuelto, la normativa de Brasil y Uruguay señalan valores ( $>5$  mg/L), como sostenimiento y prevención de la vida acuática y uso ganadero, y la normativa Panameña sugiere porcentaje de  $>90\%$ , reportándose como se indica en la tabla 3, en la segunda secuencia, valores promedios entre 50% como mínimo y 56% como máximo, asociada a errores mecánicos del equipo multiparamétrico, y también a la concentración de oxígeno disuelto ya que éste depende directamente de la altitud, temperatura y a los procesos de producción primaria y descomposición de la materia orgánica, resultante en el entorno al momento puntual de muestreo.

En conclusión, los estándares sustentan la normativa de la calidad de agua fisicoquímica son más aplicables para la vida acuática y consumo humano, que para uso agropecuario.

En este sentido, al analizar la calidad del agua como recurso, desde un sistema como es la cuenca hidrográfica, es necesario establecer las normas y reglas clara de esta normativa, que reflejen a la percepción local a nivel de la subcuenca, de que a pesar de contar con la presencia de representantes de las entidades gubernamentales encargadas de impartir y de hacer cumplir las leyes ambientales, se debe estructurar un marco conceptual regulado, concertado y entendido por todas las partes, así mismo instancias de concertación, a fin de que dentro de la zona, se permitan los arreglos sociales que posibiliten el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en especial el agua para uso agropecuario, acción contraria a la actual, en donde se percibe un

paulatino deterioro de los recursos naturales producto de reglas medianamente conocidas y comprendidas por los diferentes actores presentes en el área y que en la mayoría de las veces, se sienten ofendidos, ya que consideran que aun conociendo las autoridades sobre la situación de subsistencia, en que se enmarca la subcuenca, las leyes impartidas se hace flexible para unos e inflexible para otros, lo que ha provocado con el tiempo un incumplimiento de las mismas por parte de la mayoría de estos actores locales (Bustamante 2009).

**Tabla 2. Comparación de las variables fisicoquímicas por secuencias I con las normativas de Panamá, Brasil y Chile.**

**Secuencia I**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor medio</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor Normativa Panameña</b>
<b>pH</b>	8.419	8.582	8.745	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	25.36	26.24	27.12	< 30
<b>Conductividad (µScm)</b>	271.00	271.76	272.52	30 – 1500 (riego<750) Brasil, Chile
<b>Solidos totales (ppm)</b>	109.03	119.36	129.69	< 500
<b>Salinidad (ups)</b>	0.12	0.13	0.14	< 0.5 Brasil, Chile
<b>% OD</b>	141.84	146.47	151.10	> 90%

**Tabla 3. Comparación de las variables fisicoquímicas en la secuencia II con las normativas de Panamá, Brasil y Chile.**

**Secuencia II**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor medio</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor Normativa Panameña</b>
<b>pH</b>	8.76	8.81	8.86	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	25.07	25.67	26.27	< 30
<b>Conductividad (µScm)</b>	289.11	306.88	324.65	30 – 1500 (riego<750) Brasil, Chile
<b>Solidos totales (ppm)</b>	144.19	153.00	161.81	< 500
<b>Salinidad (ups)</b>	0.13	0.14	0.15	< 0.5 Brasil, Chile
<b>% OD</b>	50.54	53.36	56.18	> 90%

**2.2 Monitoreo secuencial I y II de las variables fisicoquímica de la calidad de agua en los ríos güera, güerita y marroquí. año 2015.**

La tabla 4, muestra la distribución normal de las muestras de calidad de agua monitoreadas para cada río de manera secuencial, para el año 2015. La distribución de la data presenta una simetría aceptable (desviación estándar menor al valor promedio),

facilitando veracidad y confiabilidad de la información obtenida para la secuencia I, de los ríos Güera, Güerita y marroquí. Solamente, el oxígeno disuelto, presentó una distribución asimétrica de los valores medios (desviación mayor al valor medio de OD), debido a daños presentado en los sensores del equipo multiparamétrico durante el monitoreo de la secuencia II. En otras palabras, los datos que se muestran en la tabla 4, compara los valores máximos obtenidos en el ensayo, con respecto a las normativas panameñas para el sector agropecuario citadas por Bustamante (2009), en la caracterización de la subcuenca del río Gato. En general, las variables fisicoquímicas están dentro de lo estipulado por las normativas de referencia de la calidad de agua para uso humano y agrícola. Para el caso específico del oxígeno disuelto la primera secuencia está dentro de los patrones de referencia. El monitoreo de la secuencia II, para el oxígeno disuelto (OD); el equipo presentó problemas con este sensor, por tal razón, obviamos esta data para no inducir sesgos en el análisis. Para este parámetro en específico, la normativa Panameña de calidad de agua, especifica igual valores tanto para la clase 1C ( $>6$  mg/L)), aguas destinadas a protección y conservación de las comunidades acuáticas como la clase 2C ( $>5$ mg/L), protección de comunidades acuáticas, riego de vegetales que sirven de alimento para humanos y abreviamiento de ganado, considerando que entre más oxígeno tenga el agua, mejor será su calidad para cualquiera de sus usos.



**Tabla 4. Valores medios del monitoreo secuencial de variables fisicoquímicas, en los ríos Güera, Güerita y Marroquí, año 2015.**

<b>Secuencia 1</b>						
<b>Rio</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Conductividad (μScm)</b>	<b>Solidos totales (ppm)</b>	<b>Salinidad (ups)</b>	<b>% OD</b>
<b>Güera</b>	8.40±0.12	25.20±1.32	263.2±94.32	110.12±16.86	0.12±0.04	150.31±10.54
<b>Marroquí</b>	8.71±0.22	25.47±1.37	264.85±70.36	117.45±13.93	0.13±0.03	141.32±2.04
<b>Güerita</b>	8.64±0.19	27.20±0.76	287.25±48.44	130.52±5.68	0.14±0.02	147.77±3.18
<b>Secuencia 2</b>						
<b>Rio</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Conductividad (μScm)</b>	<b>Solidos totales (ppm)</b>	<b>Salinidad (ups)</b>	<b>% OD</b>
<b>Güera</b>	8.75±0.3	25.20±1.32	307.75±6.25	152.5±5.42	0.14±0.00	56.54±53.45
<b>Marroquí</b>	8.83±0.2	25.45±1.6	288.7±38.75	144.45±19.30	0.13±0.02	51.14±59.47
<b>Güerita</b>	8.84±0.02	26.34±1.2	324.2±20.22	162.05±10.11	0.15±0.01	52.4±53.03

**Tabla 5. Comparación de las variables fisicoquímicas secuencial (I y II), de los ríos Güera, Güerita y Marroquí con las normativas de Panamá, Brasil y Chile.**

Parámetro	MONITOREO SECUENCIAL I									VALOR NORMA PANAMEÑA
	Río Güera			Río Marroquí			Río Güerita			
	V. Min	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	
<b>PH</b>	8.28	8.40 ± 0.12	8.52	8.49	8.71 ± 0.22	8.93	8.45	8.64 ± 0.19	8.83	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	23.88	25.20 ± 1.32	26.52	24.10	25.47 ± 1.37	26.84	26.44	27.20 ± 0.76	27.96	< 30
<b>Conductividad (µScm)</b>	168.88	263.2 ± 94.32	357.52	194.49	264.85 ± 70.36	335.21	238.76	287.25 ± 48.44	335.64	30 – 1500 (riego<750) Brasil, Chile
<b>Solidos totales (ppm)</b>	93.26	110.12 ± 16.86	126.98	103.52	117.45 ± 13.93	131.38	124.84	130.52 ± 5.68	136.20	< 500

<b>Salinidad (ups)</b>	0.08	0.12 ± 0.04	0.16	0.10	0.13 ± 0.03	0.16	0.12	0.14 ± 0.02	0.16	< 0.5 Brasil, chile
<b>% OD</b>	139.77	150.31 ± 10.54	160.85	139.28	141.32 ± 2.04	143.36	144.59	147.77 ± 3.18	150.95	> 90%

Parámetro	MONITOREO SECUENCIAL II									Valor Norma Panameña
	Río Güera			Río Marroquí			Río Güerita			
	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	
<b>PH</b>	8.45	8.75 ± 0.3	9.05	8.63	8.83 ± 0.2	9.03	8.82	8.84 ± 0.02	8.86	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	23.88	25.20 ± 1.32	26.52	23.85	25.45 ± 1.6	27.05	25.14	26.34 ± 1.2	27.54	< 30
<b>Conductividad (µScm)</b>	301.50	307.75 ± 6.25	314.00	249.95	288.7 ± 38.75	327.45	303.98	324.2 ± 20.22	344.42	30 – 1500 (riego<750) Brasil, Chile
<b>Solidos totales (ppm)</b>	147.08	152.5 ± 5.42	157.92	125.15	144.45 ± 19.30	163.75	151.94	162.05 ± 10.11	172.16	< 500
<b>Salinidad (ups)</b>	0.14	0.14 ± 0.00	0.14	0.11	0.13 ± 0.02	0.15	0.14	0.15 ± 0.01	0.16	< 0.5 Brasil, chile

<b>% OD</b>	3.09	56.54 ± 53.45	109.99	- 5.33	51.14 ± 59.47	107.61	- 0.63	52.4 ± 53.03	105.43	> 90%
-------------	------	------------------	--------	--------	------------------	--------	--------	-----------------	--------	-------

### **2.3. Monitoreo estacional de la época seca en las variables Fisicoquímica de la calidad de agua en los ríos Güera, Güerita y marroquí. Año 2015.**

Estadísticamente los valores medios de las variables fisicoquímica presentan una distribución normal de la data. Esto se demuestra con las desviaciones estándares que indican la simetría aceptable de la distribución en la data en los tres ríos (tabla 6). Las variaciones (desviación estándar), que explican el comportamiento estacional en la época seca fueron notoria: conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en el río Güera, comportamiento que explica la tabla 6, por ejemplo en la distribución normal de los valores en la conductividad eléctrica donde los valores oscilan entre 168.87 a 357.56 ( $\mu\text{Scm}$ ), que representan el mínimo y máximo encontrado y que están dentro de la normativas de referencia para uso de riego en la agricultura, parámetro determinante, considerando que la conductividad, como medida del grado de mineralización y carga iónica presente en las aguas. Este parámetro no es reportado por la normativa Panameña, pero si por la noma Chilena y Brasilera (30 a 1500  $\mu\text{Scm}$ ), como rango aceptable, para consumo humano y máximo de <750  $\mu\text{Scm}$  para aguas de uso para riego agrícola.

Concluyendo, que a pesar de los aumentos que pudieran darse de la temperatura, y que inciden directamente sobre el aumento de los demás parámetros, caso específico de la conductividad eléctrica, donde entre más alta la temperatura, más alta resulta la conductividad en el agua.

**Tabla 6. Comparación de las variables fisicoquímicas de la calidad de agua en la estación seca con las normativas de Panamá, Brasil y Chile.**

Parámetro	Güera			Marroquí			Güerita			Norma Panameña
	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	
<b>PH</b>	8.28	8.40 ± 0.12	8.52	8.49	8.71 ± 0.22	8.93	8.45	8.64 ± 0.19	8.83	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	25.30	26.10 ± 0.80	26.90	24.10	25.50 ± 1.4	26.90	26.40	27.20 ± 0.80	28.00	< 30
<b>Conductividad (µScm)</b>	168.87	263.20 ± 94.33	357.53	194.49	264.85 ± 70.36	335.21	238.81	287.25 ± 48.44	335.69	30 – 1500 (riego < 750) Brasil, Chile
<b>Solidos totales (ppm)</b>	93.26	110.12 ± 16.86	126.98	103.52	117.45 ± 13.93	131.38	124.84	130.52 ± 5.68	136.20	< 500

<b>Salinidad (ups)</b>	0.07	0.12 ± 0.05	0.17	0.10	0.13 ± 0.03	0.16	0.12	0.14 ± 0.02	0.16	< 0.5 Brasil, chile
<b>% Oxígeno Disuelto</b>	139.77	150.31 ± 10.54	160.85	139.28	141.32 ± 2.04	143.36	144.59	147.77 ± 3.18	150.95	> 90%



De acuerdo con la clasificación de aguas basada en la concentración de sales y sensibilidad de las plantas a la salinidad (Keren, 2000), señala, que la mayoría de las muestras de aguas para riego que logró clasificar en un estudio, resultaron en categoría de aguas con alta salinidad (CE entre 1,2 y 2,25 dS m<sup>-1</sup>), por lo que el uso de estas aguas es más conveniente en suelos bien drenados y con cultivos tolerantes a la salinidad y que solo el 10% de las muestras correspondió a la clase de agua moderadamente salina (CE entre 0,4 y 1,2 dS m<sup>-1</sup>), pero que aun así, permite el crecimiento de plantas con moderada tolerancia a las sales, sin necesidad de prácticas de control de la salinidad, sin ser el caso específico de los resultados arrojados en nuestro estudio (tabla 6), donde tanto los máximos 0.17 y mínimos 0.16 se encuentran aptos para cualquiera de los usos.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de los ríos va a depender principalmente de la altitud, la temperatura los procesos de producción primaria y descomposición de la materia orgánica. En general, la menor presión de oxígeno existente a grandes altitudes se compensa con temperaturas medias más bajas y viceversa, por lo que estos factores no son adecuados para diferenciar grupos o tipos de estaciones en función de la concentración de oxígeno disuelto ((Margalef, 1983), corroborados por los resultados donde la temperatura máximo fue de 28°C y con un oxígeno disuelto máximo de 150%, valores totalmente dentro de los sugeridos por las normativas de calidad de agua, para cualquiera de sus usos.

Asociado a este parámetro, se encuentran otros como los sólidos totales y los nutrientes, ya que su concentración en las aguas va a depender mucho de los arrastres provocados por las crecidas y las aguas de escorrentía en las cuencas tras sucesos de fuertes precipitaciones.

Por el contrario, como ya se ha expuesto anteriormente, otras variables como el pH, alcalinidad, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura o la concentración de iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , muestran patrones de variación temporal mucho menores, siendo variables más constantes y representativas de la tipología fisicoquímica de los ríos estudiados.

En la mayoría de los transeptos muestreados a lo largo de los ríos resultaron valores de conductividad inferiores ( $< 150 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que sugiere predominio de substratos ácidos o silíceos, características atribuidas a las cuencas de montaña ((CEDEX, 1989-2001). Es importante mencionar que, asociado a este parámetro, se encuentran otros como los sólidos totales en suspensión, así como otros nutrientes, ya que su concentración en las aguas va a depender mucho de los arrastres provocados por las crecidas y las aguas de escorrentía en las cuencas tras sucesos de fuertes precipitaciones.

En general, como se ha expuesto, en las tablas, variables como el pH, conductividad, oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, sólidos totales, muestran patrones de variación temporal mucho menor, siendo variables más constantes y representativas de la tipología fisicoquímica de los ríos estudiados.

#### **2.4 Monitoreo estacional de la época lluviosa de las variables Fisicoquímica de la calidad de agua en los ríos Güera, Güerita y marroquí. Año 2015.**

La tabla 6, presenta una distribución normal para la época lluviosa. Los valores medios de las variables fisicoquímica (Ph, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\mu\text{Scm}$ ), sólidos totales (ppm) y salinidad (ups)), que presentan desviaciones menores al promedio, que significa reducción del error con respecto al promedio en la data de los tres ríos evaluados. La única variable que presenta asimetría en la distribución es el oxígeno

disuelto (DO), lo que sustenta la apreciación antes mencionada de causar sesgo en la distribución normal de esta data. Es por ello, que se sustentó no tomar en cuenta este error por defecto del equipo multiparamétrico. La tabla 7, compara los valores máximo, esperado de estas variables fisicoquímicas situándolas en el contexto de lo que expresa las normativas referenciadas para uso agropecuario en Panamá. Ejemplo, de manera general la distribución normal de los valores de las variables evaluadas está dentro de las normas establecida por las normativas para uso agropecuario.

**Tabla 6. Comparación de las variables fisicoquímicas de la calidad de agua en la estación lluviosa con las normativas de Panamá, Brasil y Chile.**

PARAMETRO	GUERA			MARROQUI			GUERITA			NORMA PANAMEÑA
	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	V. Min.	V. medio	V. Max.	
<b>pH</b>	8.44	8.75 ± 0.31	9.06	8.63	8.83 ± 0.20	9.03	8.82	8.84 ± 0.02	8.86	6 a 9
<b>Temperatura (°C)</b>	23.9	25.20 ± 1.3	26.5	23.85	25.45 ± 1.6	27.05	25.14	26.34 ± 1.2	27.54	< 30
<b>Conductividad (µS/cm)</b>	301.51	307.75 ± 6.24	313.99	249.95	288.70 ± 38.75	327.45	303.98	324.20 ± 20.22	344.42	30 – 1500 (riego < 750) Brasil, Chile
<b>Solidos Totales (ppm)</b>	147.08	152.5 ± 5.42	157.92	125.15	144.45 ± 19.30	163.75	151.94	162.05 ± 10.11	172.16	< 500

<b>Salinidad (ups)</b>	0.145	0.15 ± 0.005	0.155	0.11	0.13 ± 0.02	0.15	0.14	0.15 ± 0.01	0.16	< 0.5 Brasil, chile
<b>% Oxígeno Disuelto</b>	3.09	56.54 ± 53.45	09.99	- 8.32	51.15 ± 59.47	110.62	- 0.63	52.40 ± 53.03	105.43	> 90%

Como se puede observar en las tablas 6 y 7, para todos los muestreos, durante ambas épocas, en el caso del pH del agua permaneció neutro, cumpliendo los requerimientos de concentración entre 6,5 y 8,5, para agua de consumo humano y para la conservación y estabilidad de los ambientes acuáticos (MINAE, 2003).

La variación en el pH puede atribuirse a la erosión que se incrementa con las actividades pecuarias que tienden a elevarlo (Wang 2000; Lemly 1982).

El ligero incremento del pH, resultante en la tabla 7, pudo ser por efecto de la concentración del nitrógeno y fósforo asociado a los sedimentos debido al pastoreo continuo, característico de estas áreas con uso de ganadería extensiva, que se incrementó en la época lluviosa. Esto se asocia a estudios realizados por Lemly (1982) en donde se registró un pH elevado en zonas ganaderas con pastoreo permanente.

En cuanto a la variación de la temperatura entre épocas, la época lluviosa registró la temperatura más baja del agua (25,20 °C) y la época seca la más alta (27,20 °C). Sin embargo, las diferencias no fueron muy grandes, indicando que la variación pudo ser producto de la temperatura ambiental que caracteriza a cada época climática, más no, a un efecto de contaminación que se reflejaría en el incremento de la temperatura del agua.

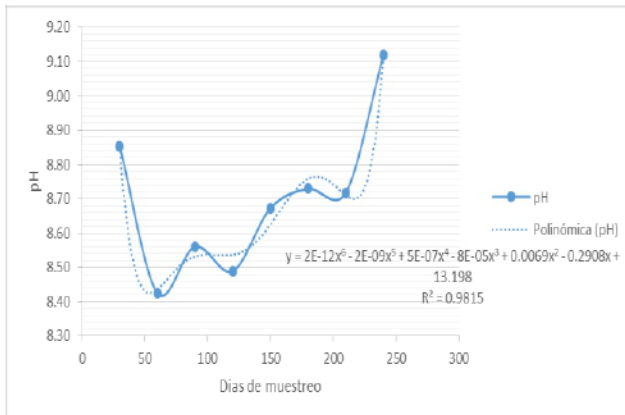
**Tabla 7. Valores medios de las variables fisicoquímicas en la calidad de agua en la estación lluviosa. Año 2015.**

<b>Variable</b>	<b>Rio Güera</b>	<b>Río Marroquí</b>	<b>Río Güerita</b>
<b>pH</b>	8.75 ± 0.31	8.83 ± 0.20	8.84 ± 0.02
<b>Temperatura (°C)</b>	25.20 ± 1.3	25.45 ± 1.6	26.34 ± 1.2
<b>Conductividad (µScm)</b>	307.75 ± 6.24	288.70 ± 38.75	324.20 ± 20.22
<b>Salinidad</b>	0.15 ± 0.005	0.13 ± 0.02	0.15 ± 0.01
<b>Oxígeno disuelto (%)</b>	56.54 ± 53.45	51.15 ± 59.47	52.40 ± 53.03

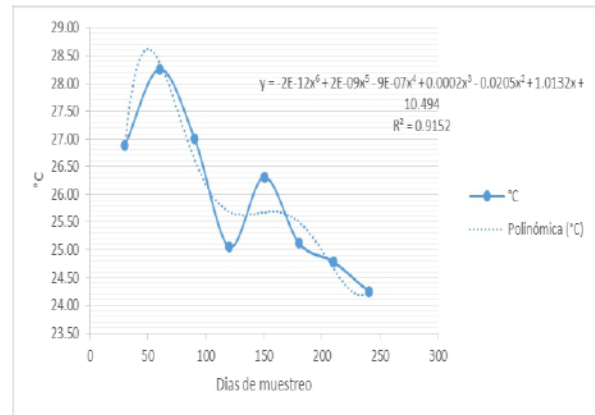
La mayor concentración de oxígeno, observando los valores medios, para la época lluviosa, se puede atribuir al efecto de mayores corrientes y el incremento de caudales en las quebradas según lo indica Bonada *et al.* 2002, considerando que las cuencas muestreadas están a una altitud, por encima de 200 msnm. Por otra parte, la concentración de los sólidos suspendidos en las pasturas pudo reducir la capacidad de atrapar oxígeno aunado a la disminución de las corrientes rápidas y lentas y a las rocas presentes en menor proporción en el cauce de estos sitios.

### 3. NIVEL TENDENCIAL DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA, EN LA SUBCUENCA DEL RIO GÜERA, AÑO 2015.

La grafica 1(a), muestra un incremento de los niveles de pH a partir de los 150 días de muestreo, influenciada por la época lluviosa. Los menores valores pH, son encontrados entre 30 a 90 días (época seca). El año 2015, los valores fueron menores e inestables para el pH, mostrando mayor variabilidad en la tendencia. La gráfica 1(b), muestra para el mismo año, un comportamiento periódico en la temperatura: máximas 28 °C a 60 días y disminuyo a 30 grados °C a 260 días. Es decir, bajo tres grados centígrados asociado a factores biofísicos como la cobertura riparias del rio y la altitud.



**grafica 1 (a)**



**grafica 1(b)**

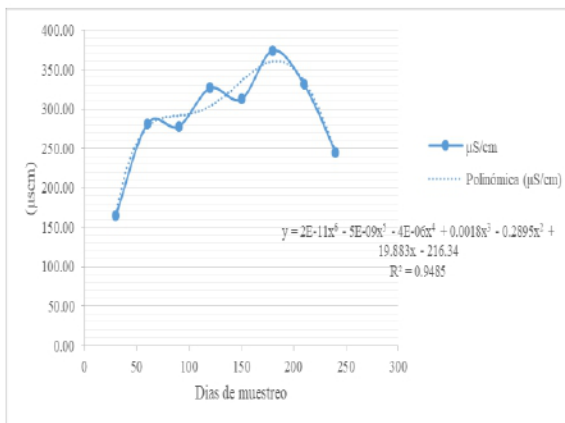
**Gráfica 1. Nivel tendencial de la variable pH (a), y nivel tendencial de la variable temperatura (b).**

El año 2015, el  $R^2$  del modelo explica el 94.85 % del comportamiento de la variable conductividad eléctrica (gráfica 2(a), la misma muestra el ajuste de la curva al polinomio ortogonal de sexto grado, con tendencia de aumentar la conductividad eléctrica

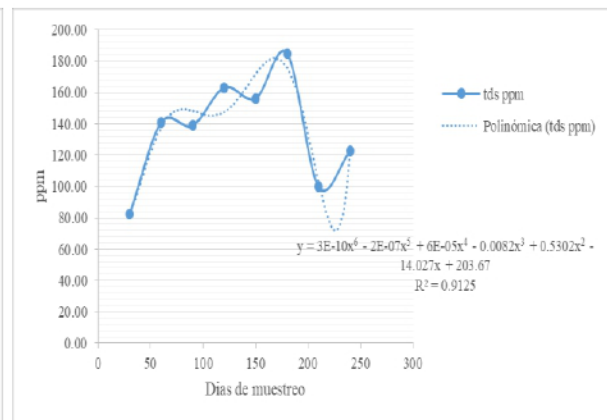


(50 hasta 200 días), para luego disminuir drásticamente a los 250 días. La conductividad eléctrica está asociada con la cantidad de sólidos disueltos (arrastre de sedimento), que contienen compuestos iónicos de calcio y magnesio (ONU, 2010). También al uso excesivo de fertilizante nitrogenado, y al incremento de la materia orgánica.

En la gráfica 2 (b), el modelo explica el 91.25 % de la variabilidad de los sólidos totales, y ajusto la variable de respuesta para año 2015, con la curva de tendencia polinómica de sexto orden, que de forma periódica presenta a los 70 días el primer máximos de sólidos totales (150 ppm) y 125 días el mínimos (145 ppm). Para el segundo periodo el máximo se presentó a los 175 días (180 ppm), para disminuir su concentración a los 225 días (100 ppm).



**gráfica 2 (a)**

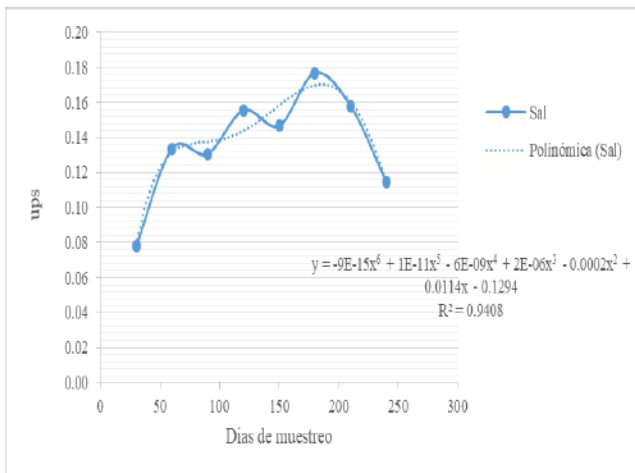


**gráfica 2(b)**

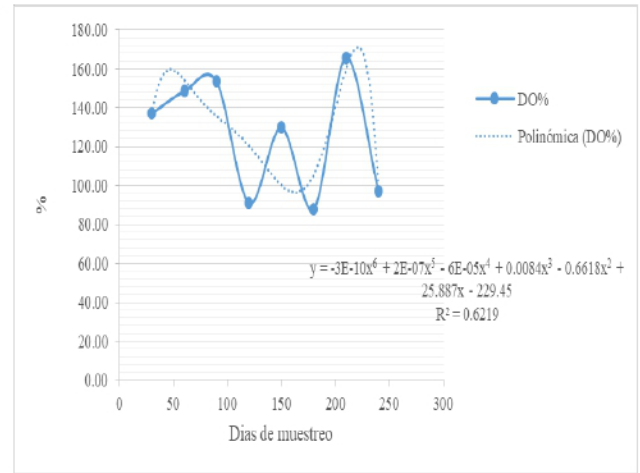
**Gráfica 2. Nivel tendencial de la variable conductividad (a), y nivel tendencial de la variable sólidos totales (b).**

Ambas graficas (2 a y 2 b) muestran la tendencia a incrementas la conductividad y los sólidos totales en los tres ríos estudiados de las dos subcuencas del río Güera.

Para el año 2015, la gráfica 3(a), la salinidad tiende a mantener el aumento de los valores hasta un máximo de 0.18 a los 180 días, por lo tanto, se incrementó en el nivel de concentración de la salinidad en la subcuenca del río Güera. La tendencia del Oxígeno disuelto, gráfica 3(b) fue variable, disminuyó porcentualmente su nivel hasta los 180 días de muestreo, para incrementarse hasta 170%, a 200 días. En general, la variable DO %, tienden a mantener niveles porcentuales bajos a los 180 días



**Grafica3(b)**



**Grafica 3(a)**

**Grafica 1. Nivel tendencial de la variable salinidad (a), y nivel tendencial de la variable oxígeno disuelto (b)**

#### IV. CONCLUSIONES

- ✓ Los niveles de calidad del agua fisicoquímico no sostuvieron alteraciones importantes, en los ríos evaluados, aun siendo áreas sometidas a presión de sistemas de ganadería extensiva, colindantes a las zonas riparas, áreas específicas de muestreo.
- ✓ Se atribuye la buena calidad de agua encontrada en los muestreos, a la buena cobertura vegetal, a la altitud del río, y al limitado acceso de los animales a consumo del agua, directo de la fuente.
- ✓ Los parámetros resultaron con valores dentro de los permisibles por la normativa, a excepción de la variable Oxígeno disuelto, que, por problemas técnicos con el equipo multiparamétrico, resultó por debajo de los valores recomendado por las normativas, de calidad de agua, para uso humano, pero óptimo como abrevadero de ganado, y para uso de riego d cultivos.
- ✓ En futuras campañas de monitoreo de estos ríos, debería ampliarse los años y secuencia de muestreo, y los parámetros como: Fosforo, nitrato, amonio, coliformes fecales y totales.

## V. BIBLIOGRAFÍA

ANAM. 1999. Cuencas Hidrográficas, suelo y agua de Panamá, Análisis de la situación actual. 68 p.

ANAM. 2004. Informe del estado del ambiente. GEO Panamá, 201 p. 109

ANAM. 2001: Estudio sobre el Manejo de los Recursos Hídricos en Panamá, Informe de Actividades y Análisis de Marco Institucional. BID.

Arroyo, M. Gobernabilidad

Asamblea Legislativa de la república de Panamá. 1998: Ley general de ambiente de la República de Panamá. Ley 41 de 1ro. de julio de 1998.

Arosemena B. 2003. La responsabilidad objetiva por daño ambiental en la nueva Ley general del ambiente, Universidad de Panamá, Panamá, p.1, 4, 30, 35.

Ballancer, Mario (1996) Monitoreo de la Calidad del Agua: PNUMA/OMS.

Ballester, M., Brown E., Kuffner U., Zegarra E. 2005. Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Santiago, CL, CEPAL. 62 p.

Baron, J. S., Poff, N., Angermeier, P. L. Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston Jr, N. G., Jackson, R. B., Johnston, C. A., Richter, B. D. y Steinman, A. D. 2003.

Belsky, A.J; Matzke, A; Uselman, S. 1999. Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the Western United States. *Journal of Soil and Water Conservation* 54 (1): 419-431.

Brugnoli, E. 1999. Guía para el estudio de la calidad del agua en Centroamérica, una aproximación de la armonización de las normas de calidad. San José, CR. 95 p.  
Bustamante, S. 2008.

Castellanos, Javier (2004) Manual de Análisis de Suelos y Aguas, Editorial Limusa, México.

Chavira, J.G. (1987) Sales Solubles; la Fertilidad del Suelo, México

Ministerio de Ambiente (2015) Norma de Calidad Ambiental.

Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology* 10 (21): 65-79.

ANAM, 2007. Política Nacional de Recursos Hídricos.

Bonada, n., n. prat, a. Munné, m. Rieradevall, j. Alba-tercedor, m. Álvarez, j. Avilés, j.  
Casas, p. Jáimez-Cuéllar, a. Mellado, g. Moyá, i. Pardo, s. Robles, g. Ramón, m. L.

Suárez, m. Toro, m. r. Vidal-Abarca, s. Vivas & c. Zamora Muñoz. 2002. Criterios para la selección de condiciones de referencia en los ríos mediterráneos.

Bustamante, S. 2009. Gestión del agua, para uso agrícola y pecuario en la subcuenca alta y media del río Gato, provincia de Herrera, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 147p.

**ANAM.** 2011. *Plan nacional de gestión integrada de recursos hídricos de la República de Panamá 2010-2030.* Autoridad Nacional del Ambiente.

Brugnoli, E. 1999. Guía para el estudio de la calidad del agua en Centroamérica, una aproximación de la armonización de las normas de calidad. San José, CR. 95 p.

CAPRE. 1994. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Normas de calidad del agua para consumo humano. San José, Costa Rica. 27 p.

Calvo, G. y Mora, J. 2007. Evaluación y clasificación preliminar de la calidad de agua de la cuenca del Río Tárcoles y el Reventazón. Parte III.: Calidad de cuerpos receptores de agua, según el Sistema Holandés de Valoración, 20(4), 59-67.

Camargo JA, Alonso A (2007) Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medio ambientales, criterios de la calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. Ecosistemas vol. XVI (2): 1-12.

CEDEX. 1989-2001. *Informes técnicos de estudios de indicadores biológicos en diferentes cuencas españolas (Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar y Ebro) para la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (MIMAM).*

Decreto ejecutivo no. 58 (De 16 de marzo del año 2000) " Por el cual se reglamenta el procedimiento para la elaboración de Normas de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles".

FAO: Análisis de Aguas, interpretación de datos y clasificación de agua para riego.

Copyright © 1999-2012 Mercado Libre S.R.L., Roma, Italia, 2009.

Lemly, D. 1982. Modification of benthic insect communities in polluted streams: combined effects of sedimentation and nutrient enrichment. *Hidrobiología*. 87: 229-245.

MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Barcelona: Ed. Omega.

MINAE, 2003. (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). Propuesta de reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales de Costa Rica. San José, CR. 22 p.

**MIDA**. 2009. *Inventario de sistemas de riego*. Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Decreto ejecutivo, mediante Resolución No. 352 del 26 de julio de 2000, Artículo 22, Reglamento Técnico DGNTI –

COPANIT 472000. Agua. Usos y disposición final de lodos (en línea). Consultado 24 de nov. 2017. Disponible en

<http://www.anam.gob.pa/CALIDAD/normas%20en%20consultas.htm>.

- NAKAYAMA, F.S. & D.A. BUCKS: Water quality in of filters and emitters with secondary effluent, Micro irrigation, Florida, USA, 1991.
- KEREN R. 2000. Salinity. p. G-3:G-21. En: Sumner M. E. (Ed.) Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Asociación Mundial para el Agua (GWP). 2015. Situación de los Recursos hídrico en Centro América. 38p.
- Rivera, N.R.; Encina, F.; Muñoz-Pedrerros, A.; Mejía, P. 2004. La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile (en línea). Inf. Tecnol. 15(5): 89-101. Consultado 21 sept. 2017. Disponible en:  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071807642004000500013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642004000500013&lng=es&nrm=iso).
- Vilela, E. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal de Brasil. Brasil. Tesis de Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 135 p.
- Wang, X. 2000. Integrating water quality management and land use planning in a watershed context. Journal of Environmental Management. 61:2