



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
“MANUEL FÉLIX LÓPEZ”**

**CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
EN MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA  
DEL RÍO BEJUCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE  
INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

**AUTORA:**

**ANGÉLICA MARÍA REINA MORA**

**TUTORA:**

**Q.F. ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ, MG**

**CALCETA, JULIO 2013**

## **DERECHO DE AUTORÍA**

Yo, Angélica María Reina Mora, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

---

**ANGÉLICA MARÍA REINA MORA**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ana María AveigaOrtiz certifica haber tutelado la tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BEJUCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS”**, que ha sido desarrollada por Angélica María Reina Mora, previa a la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López.

---

**Q.F. ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BEJUCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**”, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Angélica María Reina Mora, previa a la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Sergio Alcívar Pinargote Ing. Flor María Cárdenas Guillén **MIEMBRO DEL TRIBUNAL**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Q.F. Patricio Noles Aguilar  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por iluminarme y bendecirme en todos los momentos de mi vida, por haberme dado la familia y amigos que tengo a mi lado .

A mis queridos padres y hermanos por todo su apoyo, esfuerzo y por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

A mi tutora Q.F. Ana Maria Aveiga, y a los miembros del tribunal el Q.F. Patricio Noles Aguilar , Ing. Flor Maria Cardenas Guillen, Ing Sergio Alcivar Pinargote que con su paciencia, tiempo y conocimientos aportaron a la culminacion de una etapa tan importante en mi vida.

A mis amigas/os Elba Carranza, Nicolas Candela, Guadalupe Loor, Jorge Martinez , Eliana Mera, Maria Lectong y Kenia Barre que me brindaron su amistad incondicional y con los que comparti muchos años juntos y experiencias que nunca seran olvidadas y que de una u otra forma me ayudaron a la culminacion de este proyecto. Un agradecimiento especial a mi pareja Roberto Vera Mora por su compañía y apoyo constante.

---

**ANGÉLICA REINA MORA**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar mi tesis a mis padres Jacinto ReinaReina y Exidalia Mora Zambrano, que con su sacrificio y esfuerzo me ayudaron a llegar a esta instancia de mi vida, por ser mi fortaleza, mi guía y estar a mi lado siempre.

Los Amo.

---

**ANGÉLICA REINA MORA**

## CONTENIDO

CARATULA.....	i
DERECHO DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	Xii
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.    OBJETIVOS.....	5
1.3.1.    OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2.    OBJETIVO ESPECÍFICO .....	5
1.4.    HIPÓTESIS.....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.    FUNDAMENTO DE LA QUÍMICA DEL AGUA.....	6
2.2.    CALIDAD DEL AGUA .....	6
2.2.1.    IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	6
2.3.    CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	7
2.4.    INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA.....	8
2.5.    LA CALIDAD GANADERA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA.....	8
2.6.    LA AGRICULTURA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL AGUA.....	9
2.7.    ACTIVIDADES HUMANAS.....	9
2.8.    INVESTIGACIONES SOBRE CALIDAD DE AGUA EN ECUADOR .....	9
2.9.    PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS .....	10
2.10.    PARÁMETRO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICAS.....	11
2.11.    SELECCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO .....	11
2.11.1.    DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MONITOREO .....	12
2.12.    MONITOREO DE AGUA .....	13
2.12.1.    RECOLECCIÓN DE MUESTRA.....	13
2.12.2.    VOLUMEN DE LA MUESTRA.....	14
2.12.3.    PRESERVACIÓN DE MUESTRAS .....	14
2.13.    TEXTO UNIFICADO LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULSMA) .....	15
2.14.    INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) .....	15

2.14.1. PARÁMETRO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	19
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.2. UBICACIÓN .....	19
3.3. GEOGRAFÍA .....	19
3.4. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.....	20
3.5. POBLACIÓN .....	20
3.6. DURACIÓN DEL TRABAJO .....	20
3.7. VARIABLES EN ESTUDIO .....	20
3.8. PROCEDIMIENTO .....	21
CAPÍTULOS IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1. CONCLUSIONES .....	68
5.2. RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA .....	70
ANEXOS .....	74



## CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO 3.02. Índice de Calidad Ambiental (ICA).....	23
CUADRO 3.03. Escala de Clasificación del Índice de Calidad de Agua en función del uso ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
CUADRO 3.04. Rangos de calificación del ICA según el criterio general .....	24
CUADRO 4.01. Selección de puntos de muestreos georeferenciados para la toma de muestras de agua. Época seca y lluviosa 2011.ESPAM MFL.....	27
CUADRO 4.02. Valores de ph encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	28
CUADRO 4.03. Valores de ph encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	29
CUADRO 4.04. Valores de color verdadero encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	30
CUADRO 4.05. Valores de color verdadero encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	30
CUADRO 4.06. Valores de turbidez encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	31
CUADRO 4.07. Valores de turbidez encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	32
CUADRO 4.08. Valores de solidos totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	32
CUADRO 4.09. Valores de solidos totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	33
CUADRO 4.10. Valores de solidos suspendidos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3 .....	34
CUADRO 4.11. Valores de solidos suspendidos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	34
CUADRO 4.12. Valores de alcalinidad total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	35
CUADRO 4.13. Valores de alcalinidad total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	36
CUADRO 4.14. Valores de nitritos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	36
CUADRO 4.15. Valores de nitritos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	37
CUADRO 4.16. Valores de dureza total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	38

CUADRO 4.17. Valores de dureza total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	38
CUADRO 4.18. Valores de DBO <sup>5</sup> encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	39
CUADRO 4.19. Valores de DBO <sup>5</sup> encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	40
CUADRO 4.20. Valores de coliformes totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.....	41
CUADRO 4.21. Valores de coliformes totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3.....	41
CUADRO 4.22. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	43
CUADRO 4.23. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	44
CUADRO 4.24. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	45
CUADRO 4.25. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	46
CUADRO 4.26. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	47
CUADRO 4.27. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	48
CUADRO 4.28. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	49
CUADRO 4.29. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	50
CUADRO 4.30. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	51
CUADRO 4.31. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	52
CUADRO 4.32. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	53
CUADRO 4.33. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	54
CUADRO 4.34. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	55
CUADRO 4.35. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	56
CUADRO 4.36. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	57
CUADRO 4.37. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	58
CUADRO 4.38. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	59
CUADRO 4.39. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	60
CUADRO 4.40. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	61
CUADRO 4.41. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	62
CUADRO 4.42. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	63
CUADRO 4.43. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	64
CUADRO 4.44. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	65
CUADRO 4.45. Resultado del índice de calidad ambiental (ICA) .....	66

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Bejuco mediante indicadores físicos-químicos y microbiológicos, interrelacionándolos con el índice de Calidad de Agua ICA y TULSMA para establecer sus usos agrícola y doméstico en época seca y lluviosa. Se establecieron tres estaciones de muestreo incluyendo dos puntos en cada estación y realizando dos replicas en la época seca y lluviosa en cada punto de muestreo, en los que se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos, de los cuales la mayoría de los resultados están dentro de los límites máximos permisibles para aguas de uso agrícola y doméstico de acuerdo al TULSMA. Para ello se siguieron los protocolos establecidos en Standard Methods, interrelacionada con la metodología del ICA. Según la clasificación de calidad de agua se encontró de acuerdo a valores entre 50 – 69 considerado como rango apto. En función de sus usos se obtuvo como criterio general que es poco contaminado; según su abastecimiento público es de mayor necesidad de tratamiento; según su recreación es aceptable pero no recomendable; según la pesca y vida acuática es dudosa para especies sensibles y según su uso industrial y agrícola es sin tratamiento para la industria normal. Las actividades humanas que se desarrollan en sus alrededores, no tiene mayor incidencia de contaminación. Se concluye que aún existe un buen medio para la vida acuática y que el agua del río Bejuco puede ser utilizada para cualquier actividad que se requiera, pero con mayor tratamiento.

**PALABRAS CLAVES:** Microcuenca, río, Índice de Calidad del Agua, función de usos.

## **ABSTRACT**

This research determines the quality of the water in Bejucoriver by physical - chemical and microbiological indicators interrelated with the Water Quality Index WQI and TULSMA to establish agricultural and domestic uses in dry and rainy seasons. It established three sampling stations including two points in each season and making two replicas in the dry and rainy seasons at each sampling point, in which analyzes physical, chemical and microbiological conditions, most of the results are within the maximum permissible limits of water for agricultural and domestic uses according to TULSMA. This followed the protocols established in Standard Methods, interrelated with the methodology of WQI. According to the range established was within 50-69 in the classification of water quality. Depending on its use as a general criterion is slightly contaminated, for public supply needs treatment, for recreation is acceptable but not recommended, for fishing and aquatic life is doubtful for sensitive species and for industrial and agricultural uses can be used untreated. Human activities that take place in its surroundings do not increased the incidence of contamination. We conclude that there is still a good way for aquatic life and the water in Bejucoriver can be used for any activity that is required.

**KEYWORDS:** River, Water Quality Index, function uses.

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El agua es parte integrante del medio ambiente y resulta imprescindible para el buen funcionamiento de la biósfera. También es de vital importancia para todos los sectores socioeconómicos, ya que el desarrollo humano y económico es sencillamente imposible si no existe un abastecimiento de agua seguro y estable. Por otra parte, el agua es un elemento de formaciones vivientes en la tierra; sin embargo, es un factor que puede convertirse en un vehículo para la adquisición de diversas enfermedades en el ser humano. Actualmente, se reportan aproximadamente 20 enfermedades en las que el agua actúa directa e indirectamente en su aparición, algunos de ellos con alto impacto en términos de movilidad y mortalidad (Rodríguez, 2007).

En la actualidad el recurso hídrico está sometido a presiones como consecuencia del crecimiento de la población, el incremento de las actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas no adecuadas, lo cual ha llevado a una competencia por los recursos limitados de agua dulce. Asimismo, una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza ha contribuido a que personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua. Las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del líquido vital; la causa de los problemas de su contaminación es la destrucción del bosque por incendios forestales, uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales (Otero, 2002).

Los problemas relacionados con el agua se hacen cada vez más visibles en todo el mundo, la escasez generalizada de este recurso, su destrucción gradual, su

creciente contaminación ,la expansión económica, el crecimiento demográfico, acompañados de los estilos de vida de alto consumo y producción excesiva de residuos han llevado al empleo cada vez mayor de agua (ADTI, 2003).

El uso sostenible del agua es de importancia fundamental para el planeta, es esencial tanto para la producción agrícola como para el buen funcionamiento de los ecosistemas, sin embargo, es común encontrar un uso no sostenible del agua. El aumento de la población y del consumo de agua *per cápita* incrementa la presión sobre la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos y sobre los ecosistemas los cuales constituyen un elemento clave para la regulación y la purificación del agua (Pagiola, 2004).

En Ecuador, la calidad del agua es un tema de importancia en la gestión de los recursos hídricos. Cada día, los niveles de contaminación de los cuerpos de agua superficiales son mayores y se necesita contar con información que sirva para establecer medidas de protección o recuperación de las zonas abastecedoras de agua y de las cuencas donde se desarrollan las actividades agrícolas y ganaderas. Tradicionalmente, la evaluación de la calidad del agua se ha efectuado considerando únicamente parámetros físico-químicos pero en los últimos años se está incluyendo en esta evaluación el uso de indicadores Biológicos (Roldán, 2003).

En la comunidad el Bejuco, el recurso hídrico de la Microcuenca hidrográfica está siendo afectado por la acumulación de sedimentos, debido a la deforestación masiva en zonas con pendientes pronunciadas y en las riberas del río, debido a la expansión agropecuaria, así como también por la descarga de efluentes sólidos y líquidos provenientes de fuentes domésticas y pecuarias, lo que ha conllevado a la alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua. La continua incorporación de materiales ajenos al recurso hídrico, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, si no se toman medidas paliativas urgentes, el riesgo a corto o mediano plazo puede ser mayor.

Por los problemas antes mencionados, se crea la necesidad de realizar una evaluación de la calidad del agua en la Microcuenca del río Bejuco mediante indicadores físicos, químicos y microbiológicos, para determinar el nivel de afectación y de los resultados que se obtengan, sirvan para plantear alternativas de mejoras para la conservación del recurso hídrico y el goce de buena salud por parte de los productores.

Los antecedentes expuestos permiten formular la siguiente interrogante: ¿Las actividades productivas que se desarrollan en la parte media y baja de la Microcuenca del río Bejuco están alterando la calidad del agua, evidenciado en la calidad de los indicadores físicos, químicos y microbiológicos?.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

A lo largo del desarrollo de la humanidad, los ecosistemas de agua dulce han representado elementos indispensables para la vida silvestre de plantas, animales y otras formas de vida; además de brindarles recursos como agua, energía hidráulica, alimentos y lugares apropiados para el desarrollo del turismo al ser humano. Una de las principales problemáticas ambientales es la explotación y el uso inadecuado de los recursos naturales, lo que se debe al desconocimiento de los procesos que operan en los ecosistemas de agua dulce. Para erradicar estos problemas es necesario tomar una serie de medidas para el manejo con vistas a su conservación, recuperación parcial o total y su posible uso sostenible. Esto conlleva a uno de los graves problemas que afectan a escala mundial como lo es la alteración causada por la incorporación de elementos a la biosfera producto de la actividad del ser humano, lo cual se conoce como contaminación (Hernández, 2005).

Las comunidades asentadas en la Microcuenca y zonas de influencia presentan un alto grado de inconsciencia ambiental que repercute en el deterioro de la flora y fauna. La tendencia a la aplicación de agroquímicos, producción de desechos pecuarios, así como la inadecuada disposición de residuos sólidos en los cauces

de las quebradas y ríos, ocasionan alteraciones fisicoquímicas, bacteriológicas, y biológicas.

La agricultura, ganadería comercial y las granjas avícolas, son las fuentes de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales; Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno.

La Microcuenca del río Bejuco posee gran importancia para el desarrollo de todas las actividades de las comunidades que utilizan el agua; la misma que ha sido por muchos años de valor económico para dichas poblaciones, como para el consumo humano, actividades pecuarias, turismo, y conservación de ecosistemas, entre otros.

En la actualidad el recurso hídrico tiene como consecuencia el crecimiento de la población, el incremento de las actividades agropecuarias y el establecimiento de sitios humanos en zonas no adecuadas, lo cual ha llevado a una competencia por los recursos limitados de agua dulce. La carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua; El uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales, y baja escolaridad de los pobladores, casi todos coinciden en la contaminación e insalubridad existente como efecto inmediato de la degradación de los recursos. El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por dicho recurso.

La investigación se enfocó en la evaluación de la calidad del agua en la Microcuenca del río Bejuco mediante indicadores físicos-químicos y microbiológicos, con resultados que permitieron determinar el grado de



contaminación que afecta a la parte media y bajadel río, y a la vez disponer de una base de registro, generando información que es de utilidad para la comunidad en general.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del agua del río Bejuco mediante indicadores físicos-químicos y microbiológicos, interrelacionándolos con el índice de Calidad de Agua (ICA) y el TULSMA para establecer sus usos agrícola y doméstico en la época seca y lluviosa.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- ❖ Identificar los puntos de muestreo en la Microcuenca del río Bejuco.
- ❖ Determinar la calidad del agua en la Microcuenca del río Bejuco mediante el uso de indicadores físicos-químicos y microbiológicos.
- ❖ Realizar un análisis comparativo entre el índice de calidad de agua de acuerdo a normativas ICA y TULSMA.
- ❖ Socializar la investigación con los respectivos organismos institucionales y de control.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La evaluación de la calidad del agua en la Microcuenca del río Bejuco empleando parámetros físico-químicos y microbiológicos permitirá determinar su grado de contaminación y afectación.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. FUNDAMENTO DE LA QUÍMICA DEL AGUA**

El agua puede contener una gran variedad de impurezas, en el ciclo hidrológico que ha experimentado previamente. Cuando las impurezas representan elementos nocivos para el uso que son destinadas el agua las denominamos contaminantes por lo tanto, es el grado de calidad requerido el que determina si una impureza es contaminante o no (Romero,1996).

### **2.2. CALIDAD DEL AGUA**

Calidad del agua, condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. Está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiere. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos (Tincopa, 2005).

#### **2.2.1. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA**

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre sí forman una molécula de agua H<sub>2</sub>O, la unidad mínima en que se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, camanchaca, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos (Gómez, 2002).

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales, la contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal (Siles, 2003).

Según la OMS aproximadamente mil quinientos millones de personas en el mundo carecen de agua potable, y cinco millones mueren anualmente a causa de enfermedades transmitidas por medios de agua. Además se manifiesta que la disponibilidad de agua es desigual en el mundo, en América latina la cantidad de agua por habitante es mucho de la que dispone n otros contenidos: 48.000 m por habitante, comparado con 21.300 en Norteamérica, 9.400 en África, 5.100 en Asia y 4.400 en Europa.

Sin embargo, estos datos no revelan la realidad que se tiene en cada localidad, así, en América latina esta gran cantidad de agua disponible en realidad está concentrada en las zonas húmedas del continente, que ocupa un 39% de la región de América latina y el Caribe, donde se reciben precipitaciones tan abundantes que se forman mucho ríos navegables que finalmente confluyen en el río más grande del mundo, el Amazonas (Peña, 2003).

### **2.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Es incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos

e implica una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica (Rodríguez, 2007).

## **2.4. INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA**

El uso y manejo que se hace del suelo provoca con gran frecuencia una alteración tan profunda de sus propiedades que determina una pérdida gradual de su capacidad productiva, de su fertilidad, de sus posibilidades y aprovechamiento, en ocasiones el suelo puede llegar a experimentar una pérdida de calidad tan acentuada que le incapacite para ejercer las múltiples funciones que puede realizar. La calidad del agua a nivel físico-químico tiene alteraciones importantes debido al cambio de uso de suelo, factor principal que influye en la vulnerabilidad del recurso. A la medida que disminuye la franja ribereña de las Microcuencas y se incrementa el área de ganadería, con el consecuente acceso de los animales al cauce, también aumenta el aporte de materia contaminante (Mitchell ,1991).

## **2.5. LA ACTIVIDAD GANADERA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA**

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico, generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les deprotección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos (Mendoza ,1989).

## **2.6. LA AGRICULTURA Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL AGUA**

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química (Mendoza, 1989).

## **2.7. ACTIVIDADES HUMANAS**

La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran sub productos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico-química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. De igual forma, los acuíferos que son otra fuente de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano (Mendoza ,1989).

## **2.8. INVESTIGACIONES SOBRE CALIDAD DE AGUA EN ECUADOR**

En los Andes ecuatorianos estas presiones se reflejan en el aumento cada día de conflictos por su uso y por la contaminación del agua. En las Microcuenca de los ríos Ilangama y Alumbre las actividades humanas, tanto agrícolas como ganaderas, han provocado el deterioro de los páramos y la deforestación de los bosques cuya consecuencia se refleja en la disminución de la cantidad y calidad del agua (Calles, 2007).

La contaminación del agua superficial proveniente de fuentes domésticas ocurre alrededor de todo el país, especialmente cerca de las áreas altamente pobladas. Casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de DBO, nitrógeno y fósforo. La contaminación del agua está eliminando muchos

recursos de aguas potenciales y existentes. La mayoría de la contaminación proviene de desperdicios domésticos, químicos agrícolas (especialmente a lo largo de las riberas). Las grandes plantaciones utilizan grandes cantidades de químicos agrícolas; Casi todas las corrientes y los sistemas de agua superficial presentan problemas con pesticidas.

La deforestación y las inadecuadas prácticas del uso del terreno han acelerado la erosión de la tierra, han incrementado las cargas de sedimentos en los ríos y arroyos. Las altas cargas de sedimentos inyectadas en los arroyos han disminuido considerablemente la capacidad de almacenamiento de muchas de las represas y han inducido importantes cambios geomórficos en la mayoría de los arroyos. La Organización del Régimen Institucional del Agua en el Ecuador hasta abril del 2008 era el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), el organismo encargado de conducir y regir los procesos de gestión de los recursos hídricos. A partir de mayo del 2008, mediante Decreto Ejecutivo 1088 se reemplazó al CNRH por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) hasta la actualidad (Paredes 2007).

## **2.9. PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS**

El agua, se comporta como un disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podemos encontrar una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades, y comportamientos como disolvente, lo que la convierte en un sistema complejo sobre el que habrá que realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos con objeto de conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido, y consecuentemente como se encuentran modificadas sus propiedades para usos posteriores. Puesto que la alteración de la calidad del agua puede venir provocada tanto por efectos naturales como por la actuación humana derivada de la actividad industrial, agropecuaria, doméstica o de cualquier otra índole, no es de extrañar que el análisis de los parámetros de calidad del agua se deba realizar a todo tipo de aguas, independientemente de su origen (Bueno *et al.*, 1997).

## **2.10. PARÁMETROS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS**

Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes en el momento de establecer el control de la calidad de la misma sin considerar si tienen su medio natural de vida en el agua o pertenecen a poblaciones transitorias introducidas por el ser humano; Los parámetros microbiológicos se usan como índices de calidad de aguas. Hay muchos seres vivos que se emplean como indicadores de la calidad de agua. Así, según predominen unos organismos u otros, podremos saber el estado de un agua. Además sabemos que, en el caso de un vertido, el contaminante se diluye en el agua y, a veces, se hace difícil su detección, pero el efecto causado al ecosistema perdura durante más tiempo (Mara, 1990).

## **2.11. SELECCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO**

Antes de elaborar un programa de muestreo, es necesario y útil, considerar unos determinados factores que nos definan los objetivos del programa de muestreo, estos factores son por ejemplo los lugares de toma de muestras, los procedimientos de toma, la frecuencia, la duración, el tratamiento de las muestras y los análisis a realizar.

Los principales objetivos del programa de muestra pueden ser:

- 1) Control de calidad
- 2) Caracterización de los parámetros
- 3) Identificación de las fuentes de contaminación

El laboratorio de análisis es quien debe dirigir y orientar el programa de la toma de muestras, tras consultar al destinatario de los resultados del análisis.

En general, si las posibilidades operativas y económicas lo permiten se deberían establecer las siguientes etapas en un programa de muestreo.

- a) Estudios preliminares

- b) N° de muestras a tomar y parámetros a determinar
- c) Tipos de muestras y muestreos
- d) Frecuencia y cantidad de muestra
- e) Técnicas a aplicar en el muestreo

El número de muestras a tomar y los parámetros a analizar dependerán del grado de amplitud que se pretende conseguir, del tipo de agua y de las propias posibilidades e infraestructura del laboratorio (DIGESA,2007).

### **2.11.1. DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MONITOREO**

El programa de monitoreo incluye la definición clara de los objetivos, las autoridades involucradas, responsabilidades y tareas delegadas a cada uno de ellos para su cumplimiento. Para el desarrollo de las actividades de muestreo se debe conocer, la ubicación de los sitios y las rutas de acceso a estos.

La programación del monitoreo debe realizarse con la suficiente anticipación, de tal manera que se efectúen todos los trámites (en caso de ser requeridos) y todas las actividades que demanda su alistamiento; por lo tanto es recomendable realizar paso a paso las actividades que se describen a continuación, ya que en la mayoría de casos los sitios de muestreo quedan alejados del sitio de trabajo, impidiendo el regreso por equipos y materiales olvidados y el reabastecimiento de provisiones y/o repuestos, que son necesarios para las actividades de muestreo.

Antes de realizar el desplazamiento a campo es importante incluir dentro del grupo de muestreo, una persona que tenga pleno conocimiento de la ubicación del sitio o contar con un mapa detallado de la zona. Es necesario determinar la ruta que se va a seguir, con el fin de optimizar el tiempo.

Para los casos en los cuales se vaya por primera vez al sitio de muestreo es aconsejable contactar una persona de la región que sirva de guía. Adicionalmente, se deberá contar con los equipos y materiales necesarios para levantar una estructura (mojón, estaca, entre otras), que permita realizar siempre



en el mismo punto el muestreo, de tal manera que en futuras visitas sea fácilmente identificable, manteniendo la historia del sitio de muestreo (DIGESA,2007).

## **2.12.MONITOREO DE AGUA**

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleado unos de estos casos es la muestras compuestas que en la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo (*time-composite*)" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios. Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica (Garay *et al.*, 1993).

### **2.12.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRA**

Una muestra es tomada de acuerdo al tipo de análisis y al propósito del programa de muestreo; tomando en cuenta si la descarga ocurre en un tiempo específico, durante un cierto periodo, de trabajo un ciclo o un proceso de manufactura en particular.

Si existen más de dos sitios de muestreo, puede ser necesario espaciar el tiempo de obtención de cada muestra. Finalmente, puede darse el caso que sea deseable tomar una muestra al azar en lugar de muestras compuestas y viceversa (Bravo, 1992).

### **2.12.2. VOLUMEN DE LA MUESTRA**

La cantidad de muestra a ser tomada depende del número de parámetros e ser analizados y del tipo de análisis por realizarse, así como también de la concentración deducida del parámetro a determinarse. El volumen de la muestra debe ser lo suficiente para cumplir con todos los requerimientos del análisis, más una cantidad igual como muestra testigo. Se debe consultar al laboratorio analítico que efectúe el análisis sobre la cantidad de la muestra requerida. Para el análisis de rutina, el volumen mínimo de una muestra simple o al azar estará entre 263 litros. Adicionalmente, de acuerdo con las necesidades, se deben tomar muestras por duplicado, periódicamente, para asegurar el control de calidad (Bravo, 1992).

### **2.12.3. PRESERVACIÓN DE MUESTRAS**

Dado que algunos tipos de muestras tienen tiempos de conservación restringidos, la planificación del trabajo diario debe ser hecha con mucho cuidado de manera tal que se pueda asegurar que las unidades muestrales llegaran al sitio de análisis dentro del horario de trabajo y sin exceder el máximo de horas ( días) posibles para ese análisis en particular.

Las muestras bacteriológicas son por lo general empacadas en heladeras, lo cual sirven para propósito siempre y cuando sea utilizadas solo con este objetivo en el futuro , no son reemplazables por bolsas de hielo excepto en emergencias.

Para evitar el deterioro de las muestras se debe tener en cuenta que:

No se debe permitir que las muestras se calienten, ellas deben almacenarse en contenedores que permitan enfriarlas a unos 4°C, por otra parte no se debe permitir que las muestras se congelen a no ser que esto sea parte del protocolo de conservación.

Las muestra biológicas deben ser fijadas con el preservador más adecuadas a la naturaleza de los organismos muestreados lo cual deben ser enviadas al

laboratorio sin demora de manera que estas lleguen preferiblemente dentro de las 24 horas de obtenida (Zaixso, 2002).

### **2.13.TEXTO UNIFICADO LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULSMA)**

Las normas de calidad ambiental es la normativa jurídica vigente, que rigen actualmente en el país con el fin de proteger recursos naturales, es decir los ecosistemas, especies de fauna y flora así como también el agua y suelo, lo cual permita garantizar el respeto al derecho colectivo de todos los habitantes a vivir en un ambiente sanos, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

Los objetivos estratégicos institucionales son los siguientes:

1. Conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad, respetando la multiculturalidad y los conocimientos ancestrales.
2. Prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad ambiental.
3. Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas.
4. Reducir el riesgo ambiental y la vulnerabilidad de los ecosistemas.
5. Integrar sectorial, administrativa y territorialmente la gestión ambiental nacional y local (TULSMA, 2004).

### **2.14.INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)**

El empleo de un índice de Calidad de Agua fue propuesta en el año 1965, sin embargo, los índices no fueron aceptados y utilizados sino a partir de los años setenta cuando los ICA adquieren relevancia para la evaluación del recurso hídrico. Hasta la fecha se ha generado una gran cantidad de índices de Calidad para el agua dependiendo del estado y del cuerpo hídrico que se pretenda estudiar y la utilización que se le quiera asignar. Diversos estudios realizados en los últimos años han revelado que existen a lo menos 30 índices de calidad formulado de acuerdo a sus propios objetivos. Con esta introducción se resalta el hecho que existen innumerables ICA incluso de acuerdo al uso pretendido del

recurso hídrico y que, la asignación de un número determinado para señalar un índice de calidad, es una tarea sumamente compleja (Horton 1965).

### **2.14.1. PARÁMETRO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. Algunos de estos parámetros se utilizan en el control de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta. Además de las definiciones se resume sus efectos más importantes, la forma usual de análisis o medición y el tratamiento adecuado. Los parámetros pueden clasificarse en cuatro grandes grupos: físicos, químicos, biológicos y radiológicos (Romero, 1996).

#### **a. pH**

La acidez de un agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas ( $H^+$ ) presentes en esa agua, expresados como parte por millón de carbonato de calcio equivalente. Se ha demostrado que un equivalente de un ácido ( $H^+$ ) es igual al equivalente de una base ( $OH^-$ ) (Standard Methods, 1989).

#### **b. COLOR**

El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), de humus y turbas, de plancton, de restos vegetales y de residuos industriales. Tal coloración se elimina para adaptar un agua a usos generales e industriales. Las aguas residuales coloreadas suelen requerir la suspensión de color antes del desagüe (Standard Methods, 1989).

#### **c. TURBIDEZ**

La turbidez del agua está relacionada con sustancias que se hallan como dispersiones gruesas. La turbidez no puede ser medida por métodos químicos sino por métodos físicos. La turbidez del agua puede ser medida con equipos específicos (turbidímetro) o con sondas multipropósito. Por lo general la turbidez se mide en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez), si bien existen otras unidades FTU (Unidades Formazina de Turbidez) (Standard Methods, 1989).

**d. SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contienen los líquidos, en nuestro caso, el agua. Para considerarse TDS, las sustancias deben ser lo suficientemente pequeñas como para pasar una criba o filtración del tamaño de dos micras (StandardMethods, 1989).

**e. SÓLIDOS TOTALES**

Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía(StandardMethods, 1989).

**f. NITRÓGENO DE NITRATOS**

Este elemento es una forma de nitrógeno que las plantas necesitan para crecer; en la agricultura se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente los nitratos pueden contaminar las fuentes de agua potable. Altos contenidos de nitrato en el agua pueden causar la enfermedad llamada síndrome del bebé azul. Los nitratos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno a meta hemoglobina, que no lo transporta; el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos(StandardMethods, 1989).

**g. ALCALINIDAD**

La alcalinidad de agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos. También se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos (CNA). La alcalinidad de las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir. Los bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad, puesto que se forman en cantidades considerables por la acción del dióxido de carbono sobre materia básica del suelo. En ciertas condiciones las aguas naturales

pueden ser alcalinas debido a las cantidades apreciable de hidróxido y carbonatos(StandardMethods, 1989).

#### **h. DUREZA TOTAL**

En química, se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son estas las causantes de la dureza del agua y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas(StandardMethods, 1989).

#### **i. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoniaco, sulfuro y cloruros(StandardMethods, 1989).

#### **j. COLIFORMES TOTALES**

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal, por tanto su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura(StandardMethods, 1989).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Se utilizó el método lógico inductivo, mediante el cual, basándose en información técnica generada en las áreas representativas del río Bejuco permitió extrapolar los resultados de la calidad de su recurso hídrico. Finalizada la fase de generación y sistematización de la información primaria, éstas se interrelacionaron aplicando la metodología ICA, diseñada para el análisis de la información temática sobre calidad de agua, a través del cual se pudo interpretar, concluir y recomendar los procesos de mejoramiento de la calidad de agua de la Microcuenca del río Bejuco.

### **3.2. UBICACIÓN**

La investigación se realizó, en la Microcuenca del río Bejuco en el cantón Bolívar (Anexo 1), el cual geográficamente se encuentra en la provincia de Manabí a 0°, 50 minutos, 39 S de latitud Sur y a 80° 9 minutos y 33 S de longitud Oeste. Limita al Norte con el cantón Chone, al Sur con los cantones Portoviejo, Junín y Santa Ana, al este con el Cantón Pichincha y al Oeste con Tosagua. Puntualmente la represa la Esperanza está ubicada en la Parroquia de Quiroga aproximadamente a 12 kilómetros de la cabecera cantonal del cantón Bolívar (Avilés, 2002).

### **3.3. GEOGRAFÍA**

En el cantón Bolívar se puede apreciar una geografía irregular, por la presencia de colinas y cerros, la montaña de Camote, Bejuco, Membrillo y Quiroga; también se encuentra atravesado por el río Carrizal y Mosca. El Carrizal es el principal río del cantón, es navegable y está formado por diversos afluentes como río el Barro, Severino, Tigre, Río Chico, Bejuco, Camarón, Matapalo, Platanales y un sinnúmero de esteros (Avilés, 2002).

### **3.4. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS**

El Cantón Bolívar es un cantón eminentemente agrícola predominando productos como cacao, café y cítricos. Aproximadamente en el Cantón se producen alrededor de 13.000 hectáreas entre cacao y café. Alrededor existen 520 fincas, de las cuales 360 corresponde al cultivo de cacao y 160 al cultivo de café, tomando en consideración un promedio general de 25 hectáreas por finqueros (Avilés, 2002).

### **3.5. POBLACIÓN**

La población del cantón Bolívar, según el Censo 2010 de Población y Vivienda, es de 40.735. La cabecera cantonal cuenta con aproximadamente 25.000 habitantes se ubica en el sector rural perteneciente a las parroquias Membrillo y Quiroga (Avilés, 2010).

### **3.6. DURACIÓN DEL TRABAJO**

El tiempo de duración del estudio corresponde a 12 meses (dos épocas de muestreo seca y lluviosa).

### **3.7. VARIABLES EN ESTUDIO**

#### **Variable independiente**

Calidad del Agua en la Microcuenca del río Bejuco en épocas seca y lluviosa



## **Variable dependiente**

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de análisis

### **Indicadores**

- **Indicadores físicos:** Potencial de hidrógeno (pH), Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Turbidez, Color.
- **Indicadores químicos:** Alcalinidad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), nitritos y dureza total.
- **Indicadores microbiológicos:** Unidades Formadoras de Colonias (UFC-coliformes totales).

## **3.8. PROCEDIMIENTO**

### **FASE 1: IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA MICROCUENCA DEL RIO BEJUCO**

Se identificaron tres estaciones de muestreo en la Microcuenca del río Bejuco y se los dividió en seis puntos de muestreo, los cuales se georeferenciaron a través del uso de un navegador GPS Garmin 60 CX (Anexo 2)

### **FASE 2: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO BEJUCO, MEDIANTE EL USO DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS BAJO LA NORMATIVA STANDARD METHODS(1989)**

Se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos en los sitios definidos (Anexo 3). El monitoreo se efectuó en dos repeticiones (época seca y lluviosa) y para el cumplimiento de esta actividad se utilizó el laboratorio de química analítica y de microbiología de la ESPAM "MFL" con la finalidad de determinar la calidad del agua del río Bejuco en las dos épocas del año, mediante la evaluación de los indicadores especificados en el cuadro 3.1

**Cuadro3.1.** Parámetros, equipos y métodos utilizados en el laboratorio.

<b>Análisis</b>	<b>Equipos</b>	<b>Métodos</b>
<b>Físicos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Color verdadero</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Sólidos totales</li> <li>• Sólidos suspendidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciómetro</li> <li>• NOVA 60</li> <li>• NOVA 60</li> <li>• Estufa, Plancha eléctrica</li> <li>• Bomba de vacío</li> </ul>	STANDARD METHODS ( edi 17 1989)
<b>Químicos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• Alcalinidad</li> <li>• Dureza total</li> <li>• Nitritos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara de DBO</li> <li>• Ninguno</li> <li>• Ninguno</li> <li>• Agitador</li> </ul>	STANDARD METHODS ( edi 17 1989)
<b>Microbiológicos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coliformes totales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto Clave</li> </ul>	NPM

### **FASE 3: REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA(HORTON, 1965) Y LOS PARÁMETROS REGULATORIOS ESTABLECIDOS EN EL TULSMA**

Finalizada la fase de generación y sistematización de la información, los resultados obtenidos fueron llevados a un cálculo establecido para el Índice de Calidad de agua propuesto por la Comisión Nacional del agua de México: para lo cual se realizó una comparación entre el Índice de Calidad de Agua vs. TULSMA. La fórmula del ICA a utilizar es la siguiente:

$$ICA = K \frac{\sum CiPi}{\sum Pi} \quad (3.1)$$

Dónde:

**C<sub>i</sub>** = valor porcentual asignado a los parámetros

**P<sub>i</sub>** = Peso de importancia asignado a cada parámetro

**K** = constante que puede tomar los siguientes valores:

1,00 para aguas claras sin aparente contaminación.

0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.

0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.

0,25 para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

Para la aplicación de la fórmula antes mencionada, se utilizó el Índice de Calidad Ambiental (ICA) para cada parámetro analizado y los rangos de calificación del ICA según el criterio general. A continuación en los cuadros 3.2, 3.3 y 3.4 se detallan el uso de cada uno de ellos.

**Cuadro 3.2.** Índice de Calidad Ambiental (ICA)

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (ICA)			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (K = 1)			
PARÁMETROS	Peso (P <sub>i</sub> )	Valoración Porcentual (C <sub>i</sub> )	C <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>
<b>TOTAL</b>			
ICA			
CATEGORIA			

**Cuadro3.3.** Escala de Clasificación del Índice de Calidad de Agua en Función del Uso.

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
10	No Contaminado	No Requiere Purificación	Aceptable Para Cualquier Deporte Acuático	Aceptable Para Todos Los Organismos	No Requiere Purificación
95					
90		Aceptable			Sin Tratamiento Para La Industria Normal
85					
80	Dudoso	Solo Organismos Resistentes			
75			Dudoso Para El Contacto Directo	Tratamiento En La Mayor Parte De La Industria	
70	Sin Contacto Con El Agua	Uso Refringido			
65			Señal De Contaminación	No Aceptable	
60	No Aceptable	No Aceptable			
55			No Aceptable	No Aceptable	
50	No Aceptable	No Aceptable			
45			No Aceptable	No Aceptable	
40	No Aceptable	No Aceptable			
35			No Aceptable	No Aceptable	
30	No Aceptable	No Aceptable			
25			No Aceptable	No Aceptable	
20	No Aceptable	No Aceptable			
15			No Aceptable	No Aceptable	
10	No Aceptable	No Aceptable			
5			No Aceptable	No Aceptable	
0	No Aceptable	No Aceptable			

**Cuadro3.4.** Rangos de calificación del ICA según el criterio general

Ica	Criterio general
85-100	No Contaminado
70-84	Aceptable
50-69	Poco Contaminado
30-49	Contaminado
0-29	Altamente contaminado

#### **FASE 4: SOCIALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CON LOS RESPECTIVOS ORGANISMOS INSTITUCIONALES Y DE CONTROL**

Una vez analizado e interpretado los resultados obtenidos, se procedió a planificarla posterior reunión con los integrantes del sitio el Bejuco este acto se llevó a efecto el 29 de septiembre del 2012 a las 17:00 pm, la asistencia a éste evento fue mayoritaria por parte de los comuneros de esta zona, además se contó con la presencia de principales autoridades municipales del Cantón Bolívar, a los cuales se les explicó la metodología utilizada e impartió los resultados obtenidos en el trabajo de investigación( Ver anexo 4)

Se realizó la escritura de un artículo científico el mismo que estará disponible en la Dirección de Carrera de Medio Ambiente de la ESPAM "MFL" y después se efectúa la reunión de sustentación previo a la obtención del título de tercer nivel, lo cual servirá de guía para posteriores trabajos investigativos y formar un mejor criterio en el buen manejo de recursos hídricos.

## CAPÍTULOS IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. SE HA IDENTIFICADO LA ZONA DE ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA MICROCUENCA DEL RIO BEJUCO

Se realizó el recorrido a lo largo de la Microcuenca, se definieron seis puntos de muestreo, los cuales se los dividió en tres estaciones el primer lugar conocido como Majagua 1, y Majagua 2, la segunda estación conformada por la Mariposa y la palmita y la tercera por Boca de Bejuco y Tigrecito.

La Microcuenca del río Bejuco tiene una distribución de 10 kilómetros, esto permitió reconocer la zona de estudio, la realidad social y ambiental por las que atraviesan las comunidades de la Microcuenca del río Bejuco. Los puntos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo a lo observado durante el recorrido que se efectuó, en donde se escogieron los puntos de mayor relevancia de acuerdo de la agricultura y la ganadería ya que fueron los factores predominantes en este caso (Ver anexo 1). Estos resultados se asemejan a lo que dice Sánchez, (2005), quien indica que para seleccionar las estaciones a muestrear se considera fácil acceso a los sitios de muestreo, mayor cobertura del problema y confluencia de ríos. Las coordenadas establecidas de los puntos de monitoreo seleccionados se muestran en el cuadro 4.1:

**Cuadro 4.1.** Selección de puntos de muestreos georeferenciados para la toma de muestras de agua. Época seca y lluviosa 2011. ESPAM MFL.

Estación	Puntos de Muestreo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Altura
1	Majagua 1	616145	9895755	70
	Majagua 2	611866	9896931	66
	La palmita	613757	9896960	64
2	La mariposa	613167	9897232	60
	Boca de bejuco	617844	9897020	59
3	Tigrecito	618385	9895833	55

## 4.2. SE HA REALIZADO ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BEJUCO EN LA ÉPOCA LLUVIOSA Y SECABAJO LA NORMATIVA ESTÁNDAR MÉTODOS 1989

### 4.2.1. ANÁLISIS FÍSICOS

Los resultados de los análisis físicos de los diferentes indicadores se muestran a continuación:

#### 4.2.1.1. PONTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

##### a. EPOCA LLUVIOSA

Al ser realizado el análisis de pH se evidenció que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para aguas de uso agrícola y doméstico en todas sus estaciones en época lluviosa de acuerdo al TULSMA, 2004)

**Cuadro 4.2.** Valores de pH encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica	Segunda replica	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
		04/04/12	25/04/12		
Primera estación	Majagua 1	7,6	7		
	Majagua 2	7,8	7,98		
Segunda estación		11/04/12	02/05/12		
	La mariposa	8,1	7,23	6-9	6-9
	La palmita	8,23	8,54		
Tercera Estación	Boca de bejuco	18/04/12 8,36	09/05/12 7,91		
	Tigrecito	7,55	7,51		

## b. ÉPOCA SECA

El resultado de los análisis de pH realizados determina que están dentro de los límites máximos permisibles para aguas de uso agrícola y doméstico en todas sus estaciones en época seca, de acuerdo alTULSMA(2004).

**Cuadro4.3.** Valores de pH encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	7	7		
	Majagua 2	7,5	7,6		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	7,4	7	6-9	6-9
	La palmita	8,2	7,3		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	7	7,5		
	Tigrecito	7,23	7		

### 4.2.1.2 .COLOR VERDADERO

#### a. ÉPOCA LLUVIOSA

Luego de haber realizado el análisis de color en las tres estaciones determinadas (Cuadro 4.4), se observó que los resultados obtenidos se encuentran dentro del límite máximo permisible para aguas de uso doméstico en época lluviosa de acuerdo a TULSMA(2004).



**Cuadro 4.4.** Valores de color verdadero encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	18,4	18,2		
	Majagua 2	18,8	18,4		
		11/04/12	18/04/12		
Segunda estación	La mariposa	25,1	19,23	----	100
	La palmita	19,9	19,3		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	18,5	18,9		
	Tigrecito	17,8	18,1		

## b. ÉPOCA SECA

El análisis de color en las tres estaciones determinadas (Cuadro 4.5), muestra que los resultados se encuentran dentro del límite máximo permisible para aguas de uso doméstico en época seca de acuerdo a TULSMA(2004).

**Cuadro 4.5.** Valores de color verdadero encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	16,8	15,0		
	Majagua 2	18,8	18,23		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	24,0	21,2	----	100
	La palmita	19,9	19,24		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	19,12	19,0		
	Tigrecito	18,3	18,1		

### 4.2.1.3. TURBIDEZ

#### a. ÉPOCA LLUVIOSA

Como se muestra en el (cuadro 4.6) los valores determinados están dentro de los límites máximos permisibles para aguas de uso doméstico en todas sus estaciones en época lluviosa de acuerdo a TULSMA(2004).

**Cuadro4.6.** Valores de turbidez encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	15	14		
	Majagua 2	100	98		
Segunda estación		11/04/12	18/04/12		
	La mariposa	20	18	-----	100 NTU
	La palmita	17	17		
Tercera Estación		18/04/12	09/05/12		
	Boca de bejuco	18	18		
	Tigrecito	20	20		

#### b. ÉPOCA SECA

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 4.7) mediante la realización del análisis de turbidez se pudo observar que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para aguas de uso doméstico en todas sus estaciones en época seca de acuerdo a TULSMA (2004).

**Cuadro 4.7.** Valores de turbidez encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Primera replica 11/09/12</b>	<b>Segunda replica 17/09/12</b>	<b>Límite máximo permisibles de uso agrícola</b>	<b>Límite máximo permisible de uso domestico</b>
Primera Estación	Majagua 1	12	99		
	Majagua 2	49	30		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	11	9	-----	100 NTU
	La palmita	19	10		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	8	3		
	Tigrecito	26	17		

#### **4.2.1.4. SOLIDOS TOTALES**

##### **a. ÉPOCA LLUVIOSA**

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro4.8) mediante la realización de análisis de sólidos totales para aguas de uso agrícola se determinó que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en todas sus estaciones en época lluviosa, de acuerdo a TULSMA(2004).

**Cuadro4.8.** Valores de sólidos totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	100	100		
	Majagua 2	190	187		
		11/04/12	18/04/12		
Segunda estación	La mariposa	190	188	3000,0 mg/l	-----
	La palmita	160	165		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	170	170		
	Tigrecito	165	167		

## b. ÉPOCA SECA

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 4.9) mediante la realización de análisis de sólidos totales para aguas de uso agrícola se pudo observar que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en todas sus estaciones en época seca, de acuerdo a TULSMA(2004)

**Cuadro4.9.** Valores de sólidos totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	470	100		
	Majagua 2	910	169		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	580	390	3000,0 mg/l	-----
	La palmita	980	970		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	710	800		
	Tigrecito	390	370		

#### 4.2.1.6. SÓLIDOS SUSPENDIDOS

##### a. ÉPOCA LLUVIOSA

Los resultados obtenidos (cuadro 4.10) mediante la realización de análisis de sólidos suspendidos para aguas de uso agrícola y domésticas se pudo observar que los valores no se encuentran en la normativa de TULSMA(2004).

**Cuadro 4.10.** Valores de sólidos suspendidos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisible de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso doméstico
Primera estación	Majagua 1	92	100		
	Majagua 2	836	587		
		11/04/12	18/04/12		
Segunda estación	La mariposa	150	140	-----	-----
	La palmita	135	165		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	110	115		
	Tigrecito	125	167		

##### b. ÉPOCA SECA

Los resultados obtenidos (cuadro 4.11) mediante la realización de análisis de sólidos suspendidos para aguas de uso agrícola y domésticas se pudo observar que los valores no se encuentran en la normativa de TULSMA (2004).

**Cuadro 4.11.** Valores de solidos suspendidos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Primera replica 11/09/12</b>	<b>Segunda replica 17/09/12</b>	<b>Límite máximo permisibles de uso agrícola</b>	<b>Límite máximo permisible de uso domestico</b>
Primera estación	Majagua 1	75	60		
	Majagua 2	208	200		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	18	23	-----	-----
	La palmita	136	130		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	128	120		
	Tigrecito	90	85		

### 4.3. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los resultados de los análisis químicos de los diferentes indicadores se muestran a continuación:

#### 4.3.1 ALCALINIDAD TOTAL

##### a. ÉPOCA LLUVIOSA

Los análisis de alcalinidad Total (cuadro 4.12) muestran que los resultados obtenidos tanto para aguas de uso agrícola y doméstico no se encuentran establecidos en la normativa de TULSMA (2004).

**Cuadro 4.12.** Valores de alcalinidad total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3.

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera estación	Majagua 1	0,098	0,078		
	Majagua 2	0,077	0,134		
		11/04/12	18/04/12		
Segunda estación	La mariposa	0,065	0,090	----	-----
	La palmita	0,445	0,180		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	0,170	0,102		
	Tigrecito	0,228	0,341		

## b. ÉPOCA SECA

Los análisis de alcalinidad Total(cuadro 4.13)muestran que tanto para aguas de uso agrícolas y domésticas no se encuentran establecidos en la normativa deTULSMA (2004).

**Cuadro 4.13.** Valores de alcalinidad total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera estación	Majagua 1	0,032	0,033		
	Majagua 2	0,065	0,070		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	0,098	0,101	----	-----
	La palmita	0,033	0,040		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	0,019	0,020		
	Tigrecito	0,024	0,020		

### 4.3.2. NITRITO

#### a. ÉPOCA LLUVIOSA

De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 4.14) mediante la realización de análisis de Nitrito para aguas de uso doméstico se pudo observar que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en todas sus estaciones en época lluviosa, de acuerdo a TULSMA (2004).

**Cuadro 4.14.** Valores de nitritos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	0,05	0,06		
	Majagua 2	0,11	0,12		
		11/04/12	18/04/12		
Segunda estación	La mariposa	0,06	0,06	-----	1,0 mg/l
	La palmita	0,06	0,07		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	0,06	0,06		
	Tigrecito	0,13	0,11		

#### b. EPOCA SECA

De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 4.15) a través de la realización de análisis de Nitrito para aguas de uso doméstico se pudo determinar que los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en todas sus estaciones en época seca TULSMA(2004).



**Cuadro 4.15.** Valores de nitritos encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	0,09	0,10		
	Majagua 2	0,10	0,11		
Segunda estación		12/09/12	18/09/12		
	La mariposa	0,14	0,12	-----	1,0 mg/l
	La palmita	0,09	0,10		
Tercera Estación	Boca de bejuco	13/09/12 0,08	19/09/12 0,11		
	Tigrecito	0,12	0,10		

### 4.3.3. DUREZA TOTAL

#### a. ÉPOCA LLUVIOSA

Una vez realizados los análisis de Dureza Total (cuadro 4.16) se pudo observar que los resultados obtenidos tanto de la primera como de la segunda replica de las tres estaciones de muestreo establecidas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para agua de uso doméstico en época lluviosa de acuerdo a TULSMA (2004).

**Cuadro 4.16.** Valores de dureza total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera estación	Majagua 1	120	70		
	Majagua 2	111	95		
		11/04/12	02/05/12		
Segunda estación	La mariposa	130	130	-----	500 mg/l
	La palmita	80	100		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	60	70		
	Tigrecito	115	100		

### b. ÉPOCA SECA

Los resultados muestran que los análisis de Dureza Total (Cuadro 4,17), tanto de la primera como de la segunda replica de las tres estaciones de muestreo establecidas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para agua de uso doméstico en época seca, de acuerdo a TULSMA (2004).

**Cuadro 4.17.** Valores de dureza total encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	134	60		
	Majagua 2	73	234		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	120	100	-----	500 mg/l
	La palmita	92	65		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	130	86		
	Tigrecito	170	65		

#### 4.3.4.DBO<sup>5</sup>

##### a. ÉPOCA LLUVIOSA

De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 4.18) mediante la realización de análisis de DBO<sub>5</sub> para aguas de uso doméstico se pudo verificar que todos los resultados están fuera de los límites máximos permisibles excepto los valores en Majagua 1 en sus dos réplicas se encuentran normales, de acuerdo a TULSMA (2004).

**Cuadro 4.18.** Valores de DBO<sup>5</sup> encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 04/04/12	Segunda replica 25/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	2	2		
	Majagua 2	4	6		
		11/04/12	02/05/12		
Segunda estación	La mariposa	6	7	-----	2,0 mg/l
	La palmita	7	6		
		18/04/12	09/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	8	7		
	Tigrecito	8	8		

##### b. ÉPOCA SECA

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante (cuadro 4.19) la realización de análisis de DBO<sub>5</sub> para aguas de uso doméstico se pudo verificar que los valores se encuentran fuera de los límites máximos permisibles en todas sus estaciones con sus respectivas replicas, de acuerdo a TULSMA(2004).

**Cuadro 4.19.** Valores de DBO<sup>5</sup> encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera estación	Majagua 1	6	5		
	Majagua 2	4	6		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	8	7	-----	2,0 mg/l
	La palmita	8	8		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	8	8		
	Tigrecito	7	8		

### 4.2.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis microbiológicos de las diferentes variables se muestran a continuación:

#### 4.2.3.1. COLIFORMES TOTALES

##### a. EPOCA LLUVIOSA

Una vez obtenidos los resultados de Coliformes Totales (cuadro 4.20) mediante la realización de análisis en el laboratorio se observó que en la primera estación, en ambas replicas realizadas los resultados obtenidos en época lluviosa están dentro del límite máximo permisibles tanto para uso agrícola como para uso doméstico.

**Cuadro 4.20.** Valores de coliformes totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época lluviosa. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 10/04/12	Segunda replica 19/04/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera Estación	Majagua 1	400	350		
	Majagua 2	1000	900		
		13/04/12	23/04/12		
Segunda estación	La mariposa	320	320	1000 Nmp/100 ml	3000 nmp/100 ml
	La palmita	200	200		
		16/04/12	26/05/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	390	350		
	Tigrecito	300	120		

## b. ÉPOCA SECA

Una vez obtenidos los resultados de Coliformes Totales (Cuadro 4.21) mediante la realización de análisis en el laboratorio se observó que en la primera estación, en ambas replicas realizadas los resultados obtenidos en época seca están dentro del límite máximo permisibles tanto para uso agrícola como para uso doméstico.

**Cuadro 4.21.** Valores de coliformes totales encontrados para calidad de agua en el río Bejuco en época seca. Estación 1, 2 y 3

	Puntos de muestreo	Primera replica 11/09/12	Segunda replica 17/09/12	Límite máximo permisibles de uso agrícola	Límite máximo permisible de uso domestico
Primera estación	Majagua 1	372	234		
	Majagua 2	156	129		
		12/09/12	18/09/12		
Segunda estación	La mariposa	567	378	1000 Nmp/100 ml	3000 nmp/100 ml
	La palmita	395	467		
		13/09/12	19/09/12		
Tercera Estación	Boca de bejuco	330	235		
	Tigrecito	140	98		

### **4.3. INTERRELACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS LOGRADOS APLICANDO LA NORMATIVA ICAPARAESTABLECERSUUSO AGRÍCOLA Y DOMÉSTICO, EN LA ÉPOCA LLUVIOSA Y SECA.**

#### **4.3.1.ÉPOCA LLUVIOSA**

Para el cálculo del índice de calidad del agua se lo realizo con base a las fórmulasde los cuadros.3.1, 3.2, 3.3, y 3.4. Sus resultados se presentan en la primera estación en los cuadros 4.22 a 4.25, y de la segunda estación 4.30 a 4.33, la tercera estación en 4.38 a 4.41

Efectuando el análisis de resultados de acuerdo a cada estación con su respectiva replica luego de haber aplicado el Índice de Calidad del Agua (ICA) se evidenció que de acuerdo al criterio general es Poco contaminado, según su abastecimiento es de mayor necesidad de tratamiento, según su recreación esdudoso para el contacto directo, según su pesca y vida acuática es dudoso para especies sensibles y para su uso industrial y agrícola essin tratamiento para la industria normal. Lo que evidencia que el agua del río Bejuco pese a que es afectado por la deforestación y con ello deslaves de tierras en las riberas del rio acompañadas de químicos a causa de la agricultura lo cual influye negativamente acompañada de las actividades humanas que se despliegan en sus alrededores, porque en este sector se observan descargas de aguas servidas que van directa al río. Estos resultados se asemejan a los encontrados Broockset *el.* (1991), quien dice que generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua.

**Cuadro4.22.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 primera repetición época lluviosa (04/04/12) majagua 1			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	80	160
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	100	300
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	10	20
Alcalinidad total	1	90	.90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	70	70
DBO5	4	90	360
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1690</b>
<b>ICA</b>			<b>73.47</b>
Criterio			
Criterio General		Aceptable	
Abastecimiento publico		Ligera purificación	
Recreación		Aceptable pero no recomendable	
Pesca y vida acuática		Aceptable excepto para especies sencibles	
Industrial y agrícola		Ligera purificación para algunos procesos	

**Cuadro4.23.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 primera repetición época lluviosa (04/04/12) majagua 2			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	10	160
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	60	300
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	20
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	50	70
DBO5	4	70	360
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1310</b>
<b>ICA</b>			<b>56,95</b>
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la industria normal



**Cuadro4.24.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 primera repetición época lluviosa (04/04/12) majagua 2			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	10	160
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	60	300
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	20
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	50	70
DBO5	4	70	360
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1310</b>
<b>ICA</b>			<b>56,95</b>
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la industria normal

**Cuadro 4.25.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 primera repetición época lluviosa (04/04/12) majagua 2			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	80	160
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	100	300
Sólidos Totales Suspendedos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	80	80
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	50	200
<b>Total</b>	23		1470
<b>ICA</b>			63,91
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

#### 4.3.2. ÉPOCA SECA

Desarrollando el análisis a cada uno de los resultados de cada estación con su respectiva réplica en época seca y luego de haber aplicado el Índice de Calidad del Agua (ICA) se obtuvo que los resultados coinciden con los de la época lluviosa (Cuadros 4.26 a 4.29 de la primera estación y 4.34 a 4.37 de la segunda estación y el 4.42 a 4.45 de la tercera estación); por lo tanto de acuerdo al criterio general es poco contaminado; según su abastecimiento es de mayor necesidad de tratamiento, según su recreación es dudoso para el contacto directo, según su pesca y vida acuática es dudoso para especies sensibles y para su uso industrial y agrícola es sin tratamiento para la industria normal.

Estos resultados determinan que el agua de la Microcuencadel río Bejuco es poco contaminada, a pesar a que es afectada por la deforestación en los alrededores del río y por la presencia de comuneros que tienen como actividad la ganadería y agricultura, al uso de agroquímicos tanto para la agricultura como la captura de especies acuáticas por parte de los habitantes de estos sectores. Estos resultados se asemejan a los señaladas por Wagner *et al.*, (1996), quien indica que la agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, minerales, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad.

**Cuadro 4.26.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 segunda repetición época seca (11/09/12) majagua 1			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	100	200
Turbidez	2	80	160
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	20	40
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1270
<b>ICA</b>			55,21
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro4.27.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 segunda repetición época seca (11/09/12) majagua 2			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	30	60
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	70	280
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1250</b>
	<b>ICA</b>		<b>54,34</b>
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro4.28.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 1 segunda repetición época seca (17/09/12) majagua 1			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	100	200
Turbidez	2	10	20
Color real	1	40	40
Sólidos Totales ST	3	90	270
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	30	60
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1430
<b>ICA</b>			62,17
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro4.29.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

<b>Índice de calidad ambiental (Ica)</b> <b>estación 1 segunda repetición época seca</b> <b>(17/09/12) majagua 2</b>			
<b>Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Peso (Pi)</b>	<b>Valoración porcentual (Ci)</b>	<b>Ci * Pi</b>
pH	2	90	180
Turbidez	2	50	100
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	60	180
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1320</b>
<b>ICA</b>			<b>57,39</b>
<b>Criterio</b>			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

### 4.3.3. ÉPOCA LLUVIOSA

**Cuadro 4.30.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 primera repetición época lluviosa (11/04/12) la mariposa			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	20	20
Sólidos Totales ST	3	60	180
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1350</b>
<b>ICA</b>			<b>58,69</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro4.31.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

<b>Índice de calidad ambiental (Ica)</b> <b>estación 2 primera repetición época lluviosa</b> <b>(11/04/12) la palmita</b>			
<b>Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Peso (Pi)</b>	<b>Valoración porcentual (Ci)</b>	<b>Ci * Pi</b>
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	270
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	20	20
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1350</b>
<b>ICA</b>			<b>58,69</b>
<b>Criterio</b>			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	



**Cuadro4.32.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 primera repetición época lluviosa (02/05/12) la mariposa			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	60	180
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1320
<b>ICA</b>			57,39
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro4.33.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 primera repetición época lluviosa (02/05/12) la palmita			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	80	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	70	70
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	50	200
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1420</b>
<b>ICA</b>			<b>61,73</b>
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

#### 4.3.4. ÉPOCA SECA

**Cuadro 4.34.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 segunda repetición ÉPOCA SECA (12/09/12) LA MARIPOSA			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	80	160
Color real	1	20	20
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	70	140
Alcalinidad total	1	90	90
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	50	200
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1240</b>
<b>ICA</b>			<b>53,91</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro4.35.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

<b>Índice de calidad ambiental (Ica)</b>			
<b>estación 2 segunda repetición época seca</b>			
<b>(12/09/12) la palmita</b>			
<b>Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Peso (Pi)</b>	<b>Valoración porcentual (Ci)</b>	<b>Ci * Pi</b>
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1180
<b>ICA</b>			51,30
<b>Criterio</b>			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro4.36.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 segunda repetición época seca (18/09/12) la mariposa			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	100	200
Turbidez	2	90	180
Color real	1	20	20
Sólidos Totales ST	3	20	60
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	60	120
Alcalinidad total	1	80	80
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1390
<b>ICA</b>			60,43
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro 4.37.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 2 segunda repetición época seca (18/09/12) LA PALMITA			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	90	180
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendedos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	80	320
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1380
<b>ICA</b>			60,00
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

### 4.3.5.ÉPOCA LLUVIOSA

**Cuadro4.38.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 primera repetición época lluviosa (18/04/12) boca de bejuco			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	70	70
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	23		1360
<b>ICA</b>			59,13
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro4.39.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 primera repetición época lluviosa (18/04/12) tigrecito			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	50	50
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1340</b>
<b>ICA</b>			<b>58,26</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	



**Cuadro4.40.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 primera repetición época lluviosa (09/05/12) boca de bejuco			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	80	80
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1370</b>
<b>ICA</b>			<b>59,56</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro4.41.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

<b>Índice de calidad ambiental (Ica)</b> <b>estación 3 primera repetición época lluviosa</b> <b>(09/05/12) tigrecito</b>			
<b>Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Peso (Pi)</b>	<b>Valoración porcentual (Ci)</b>	<b>Ci * Pi</b>
pH	2	100	200
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	70	210
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	40	40
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1380</b>
<b>ICA</b>			<b>60,00</b>
<b>Criterio</b>			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

### 4.3.6. ÉPOCA SECA

**Cuadro 4.42.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 segunda repetición época seca (13/09/12) boca de bejuco			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	100	200
Turbidez	2	90	180
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	80	240
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	80	240
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	60	240
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1380</b>
<b>ICA</b>			<b>63,04</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro4.43.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 segunda repetición época seca (13/09/12) tigrecito			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	50	100
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	20	60
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	70	210
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1170</b>
<b>ICA</b>			<b>50,86</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

**Cuadro 4.44.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 segunda repetición época seca (19/09/12) boca de bejuco			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	90	180
Turbidez	2	100	200
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	0	0
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	50	50
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	70	280
<b>Total</b>	23		1270
<b>ICA</b>			55,22
Criterio			
Criterio General			Poco contaminado
Abastecimiento publico			Mayor necesidad de tratamiento
Recreación			Dudoso para el contacto directo
Pesca y vida acuática			Dudoso para especies sensibles
Industrial y agrícola			Sin tratamiento para la Industria normal

**Cuadro 4.45.** Resultado del índice de calidad ambiental (ICA)

Índice de calidad ambiental (Ica) estación 3 segunda repetición época seca (19/09/12) tigrecito			
Constante para aguas claras sin aparente contaminación (k=1)			
Parámetros	Peso (Pi)	Valoración porcentual (Ci)	Ci * Pi
pH	2	100	200
Turbidez	2	70	140
Color real	1	30	30
Sólidos Totales ST	3	20	60
Sólidos Totales Suspendidos SST	2	0	0
Alcalinidad total	1	100	100
Dureza total	3	90	270
Nitrito	1	60	60
DBO5	4	40	160
Coliformes Totales	4	80	320
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>1340</b>
<b>ICA</b>			<b>58,26</b>
Criterio			
Criterio General		Poco contaminado	
Abastecimiento publico		Mayor necesidad de tratamiento	
Recreación		Dudoso para el contacto directo	
Pesca y vida acuática		Dudoso para especies sensibles	
Industrial y agrícola		Sin tratamiento para la Industria normal	

#### **4.4 SOCIABILIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CON LOS RESPECTIVOS ORGANISMOS INSTITUCIONALES Y DE CONTROL.**

La respectiva reunión con las autoridades del Cantón Bolívar e interesados de la Microcuenca El Bejuco, se realizó en el sitio La Mariposa, donde se hicieron presente moradores del sector y representantes de las autoridades quienes previamente fueron invitados para que sean parte de esta investigación y de esta manera dieron realce a la reunión que se efectuó el día sábado 29 de septiembre de 2012 a las 17:00 pm en la casa del señor Cruz Edilberto

Zambrano Loor , donde se expuso los resultados obtenidos en este trabajo investigativo (VER ANEXO 27)

Se realizó la escritura de un artículo científico el cual reposa en la Jefatura de Investigación Académica de la ESPAM M.F.L. y sirvió de constancia del aporte que este trabajo de investigación representa en el Cantón Bolívar. Posteriormente se ejecutó la reunión de sustentación previa a la obtención del título de tercer nivel en un evento solemne y público, donde se recapituló la tesis de grado exponiendo los resultados obtenidos del trabajo de investigación. Por ultimo todas las actividades que se realizaron en el resultado 4 sirvieron para facilitar información esencial a la ESPAM "MFL" y a las personas interesadas, de tal manera ampliar los criterios en el manejo y preservación del recurso hídrico de la Microcuenca del rio Bejuco.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La determinación de la zona de estudio, permite evidencia que es indispensable tomar en cuenta al momento de seleccionar las estaciones de muestreo los factores que predominan en las riberas del río ya que intervienen de manera relevante en el muestreo de agua en el recurso hídrico e interfieren en los resultados al momento de los análisis en el laboratorio.
- Los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua del río Bejuco, indicaron que el análisis de DBO<sub>5</sub> en las estaciones 1, 2, 3 tanto de la época seca y lluviosa en las dos réplicas sus valores están fuera de los límites máximos permisibles, excepto en la estación uno, punto 1 (Majagua 1) de la época seca donde sus valores están dentro de lo establecido para agua de uso doméstico (TULSMA, libro VI anexo I).
- Los resultados obtenidos mediante análisis en el laboratorio coinciden tanto en época seca y lluviosa en las tres estaciones de muestreo y luego de ser interrelacionados con el índice de calidad de agua (ICA) evidencian que el agua de la Microcuenca Bejuco es poco contaminada a pesar de que el factor agrícola influye directamente en su contaminación.
- La socialización del trabajo científico a la comunidad La Mariposa y las autoridades del Cantón Bolívar, logró atraer el interés en el mejoramiento de este capital natural y la sensibilización con la calidad de agua de la Microcuenca del río Bejuco consiguiendo que se comprometieran al cuidado de este recurso hídrico.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- Mejorar los resultados de este trabajo investigativo monitoreando temporalmente los sitios de muestreos que se utilizaron en esta investigación y de esta manera fortalecer este tipo de investigación.
- Continuar con investigaciones relacionadas a calidad de agua en otros recursos hídricos del Cantón y en diferentes épocas del año, interrelacionando los resultados obtenidos en el laboratorio con la metodología índice de calidad de agua (ICA).
- Capacitar de manera continua a los habitantes que se asientan en las riveras del río El Bejuco por medio del departamento de vinculación con la comunidad de la ESPAM “MFL” y formar en los moradores la responsabilidad de cuidar los recursos hídricos mediante la educación ambiental.

## BIBLIOGRAFIA

- ADTI.(Friends of the Earth International).2003.Agua para la vida y el sustento. (En línea). Consultado 7 nov. Disponible en [http://www.foei.org/esp/publications/pdfs/water\\_briefing\\_esp.pdf](http://www.foei.org/esp/publications/pdfs/water_briefing_esp.pdf).
- Avilés Pino, Efren. 2002. "Historia del Ecuador", fascículos. Guayaquil: Diario El Universo.
- Avilés Pino, Efren. 2010. "Historia del Ecuador", fascículos. Guayaquil: Diario El Universo.
- Bravo, J. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de agua Potable y Residuales. Madrid (APHA-AWWA-WPCF)
- Brooks, KN; Gregersen, H, Thames, J 1991. Hydrology and the management of watershed. Iowa, USA. 392 p.
- Bueno, J.L.; Sastre, H.; Lavin, G.: 1997.Contaminación e Ingeniería Ambiental: Contaminación de aguas. Ed. FICYT, Oviedo.
- Calles, J. 2007. Bioindicadores terrestres y acuáticos para las Microcuenca de los ríos Illangama y Alumbre, provincia Bolívar. Ecociencia. Quito-Ecuador. 30 pp.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental).2007. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, Dirección de Ecología y Protección del Ambiente, Área de Protección de los Recursos Hídricos, MINISTERIO DE SALUD.
- Garay, J., Panizzo, L., Lesmes, L.,ramirez, G., Sanchez, J. 1993. Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos. Tercera edición. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas.

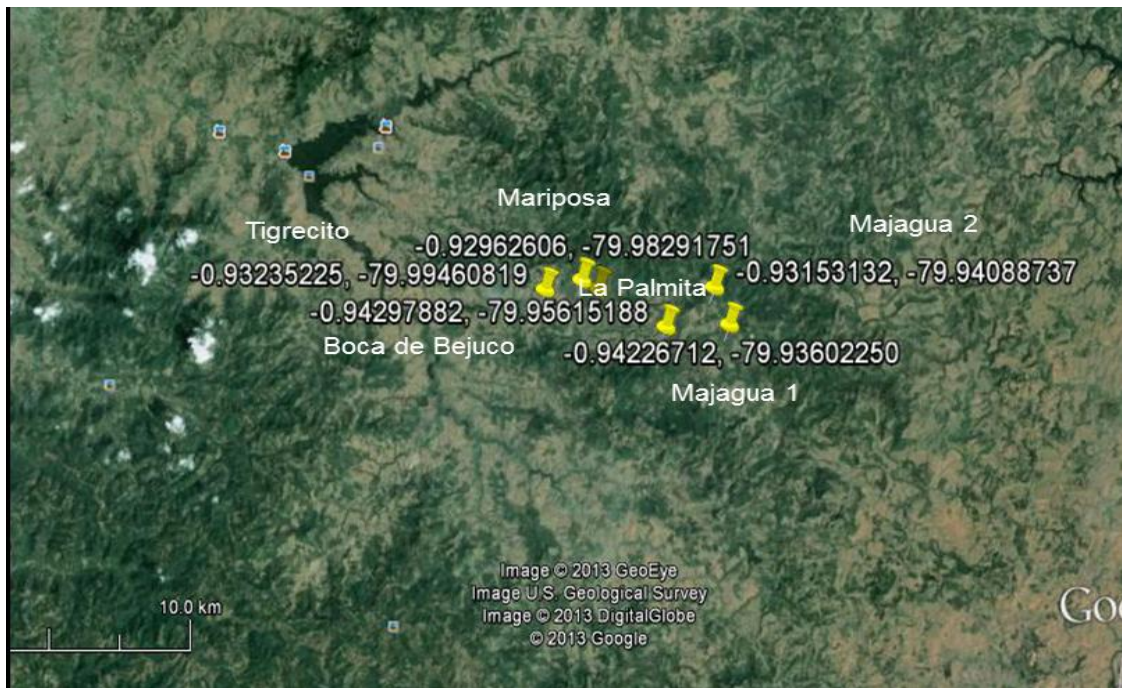
- Gómez S, 2002, "Estudio de Vulnerabilidad en Sequía en la Subcuenta Aguas Calientes", Tesis Msc, Turrialba Costa Rica, 140 Pág.
- Hernández, D. 2005. Calidad de las aguas del río Sevilla, Municipio Niquero. Vol. 3, pp.66- 67.
- Horton R.K. 1965. An Index Number System for Rating Water Quality., en Jr. of WPCF, Vol. 37.
- Mara, D.; Cairncross, S.; 1990. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Mudroch A.M. y Azcue J.M., Manual of aquatic Sediment Sampling, Lewis Publishers, 1995.
- Mendoza, A. 1989. Análisis de la problemática de la calidad del agua y formulación de recomendaciones para su manejo en la cuenca alta de Río Chiriqui Viejo. Panamá. Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 242 p.
- Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. 1991. Manual de campo de proyecto de río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo. Nuevo México. MX. 200 p.
- Otero Carvajal, SA. 2002. Creación y diseño de organismo de cuencas en la Sub Cuenca Rio Copan Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATI
- Pagiola, S. 2004. Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. Environment Department Paper No. 96. World Bank.
- Paredes, P. 2007. Calidad de las aguas. Guayaquil, EC.

- Peña, H., y Solanes, M. 2003 La gobernabilidad efectiva del agua en las América.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Romero, J. 1996. Contaminantes del agua. Acuaquímica. Escuela colombiana de Ingeniería. Bogotá\_ Colombia.
- Rodríguez Vásquez, Eduardo, P. 2007 .problema por la contaminación del agua EPSA-Mc Graw Hill-Nueva Edición (1999). Jissel Urbieto.
- Sánchez, j. 2005. Determinación de glifosato en muestras de agua en la Cuenca del Río Catatumbo. Facultad Experimental de Ciencias, La Universidad del Zulia, Maracaibo 4001-A, Venezuela. p 4. E-mail: jsanchez@ICLAM.gov.ve
- Siles, J; Soares, D. 2003. La fuerza de la Corriente: Gestión de Cuencas Hidrográficas con Equidad de Género. San José, CR. Hivos/IUCN. 266 p.
- Tincopa, J.C. 2005. Manejo integral de la calidad de agua en Colombia método bmwp/col. Editorial de Antioquia. Colombia.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA, 2004), Libro VI Anexo 1, Límites permisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario de la Ley de gestión Ambiental, 302.
- Wagner; Shillings y Libra, 2000. Contaminacion causa y efecto. México, DF. Edicion GARNIKA. 124p.
- Wagner, 1996; Shillings y Libra, 2000. Contaminacion causas y efectos Mexico, D F. Ediciones Garnika. 424 p.

Zaixso, H. 2002. Manual de campo para el muestreo de la columna de agua.  
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de  
Humanidad y Ciencias Sociales. Buenos Aires- Argentina.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**Mapa del río bejuco**



**Anexo 1.** Coordenadas del rio bejuco



## **ANEXO 2**

**Puntos de muestreo y monitoreo en la Microcuenca del río  
Bejuco**



**Anexo 2.1.** Muestreo de las tres estaciones en la microcuenca del río bejuco.



**Anexo 2.2.** Monitoreo de las tres estaciones en la época lluviosa y seca en el río bejuco.

### **ANEXO 3**

**Realización de análisis físicos químicos y  
microbiológicos de la Microcuenca del rio bejuco en  
época seca y lluviosa**



**Anexo 3.1.** Muestras de agua de las tres estaciones del río Bejuco.



**Anexo 3.2.** Análisis físicos del agua del río bejuco en la época seca y lluviosa.





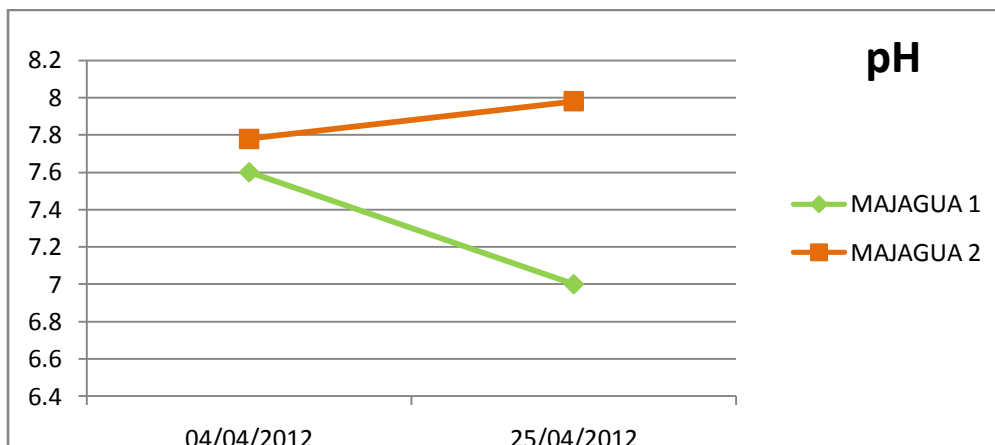
**Anexo 3.3.** Análisis químicos de las tres estaciones del río bejuco.



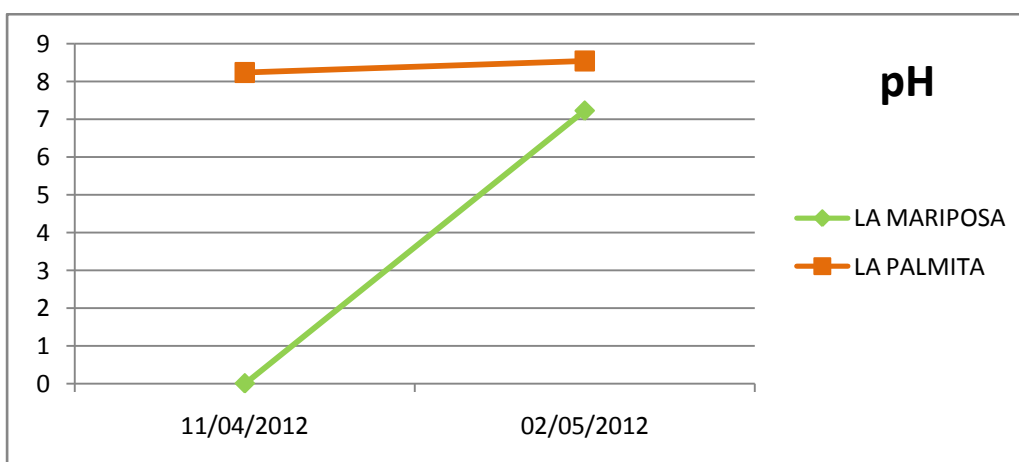
**Anexo 3.4.** Análisis microbiológicos de la época seca y lluviosa de las tres estaciones en el río bejuco

## **ANEXO 4**

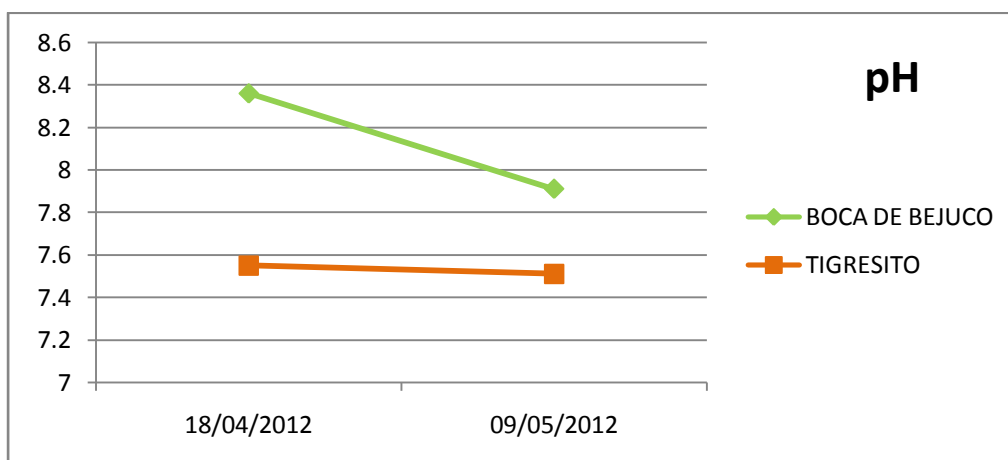
**Gráfico del análisis de potencial hidrógeno pH de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 4.** Análisis de potencial hidrógeno de la primera estación época lluviosa



**Anexo 4.** Análisis de potencial hidrógeno de la segunda estación época lluviosa

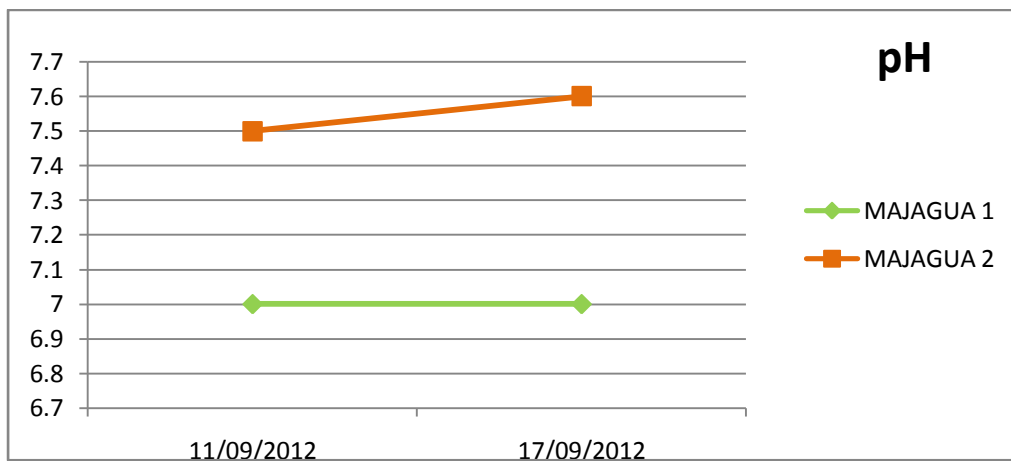


**Anexo 4.** Análisis de potencial hidrógeno de la tercera estación época lluviosa

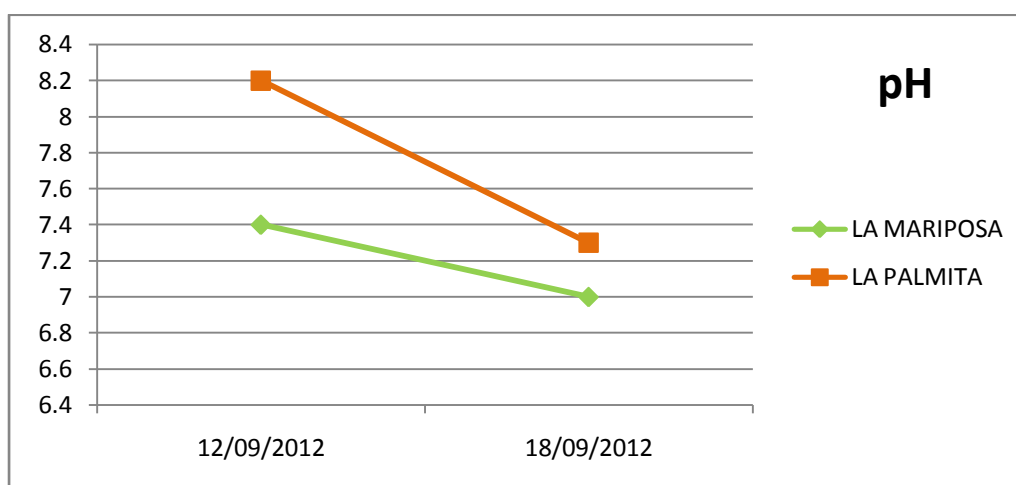
## **ANEXO 5**

**Gráfico del análisis de potencial hidrógeno pH de las tres estaciones de muestreo en la época seca**

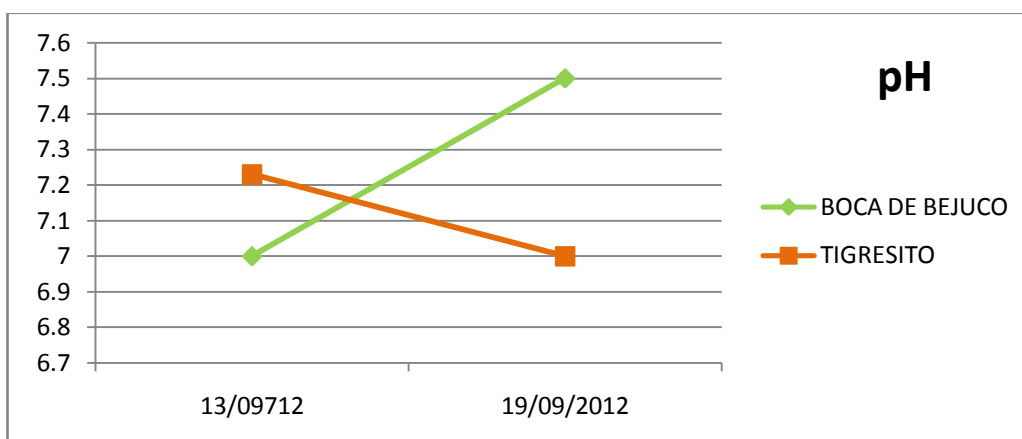




**Anexo5.** Análisis de potencial hidrógeno de la primera estación época seca



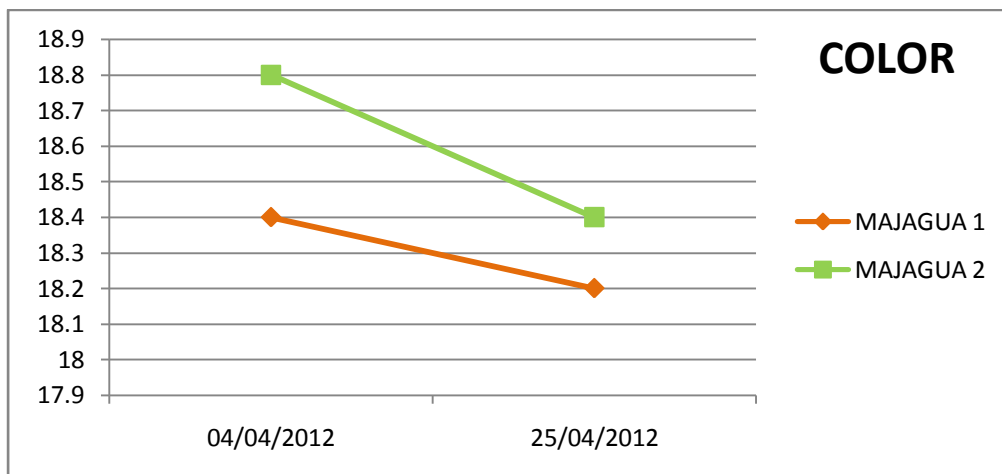
**Anexo 5.** Análisis de potencial hidrógeno de la segunda estación época seca



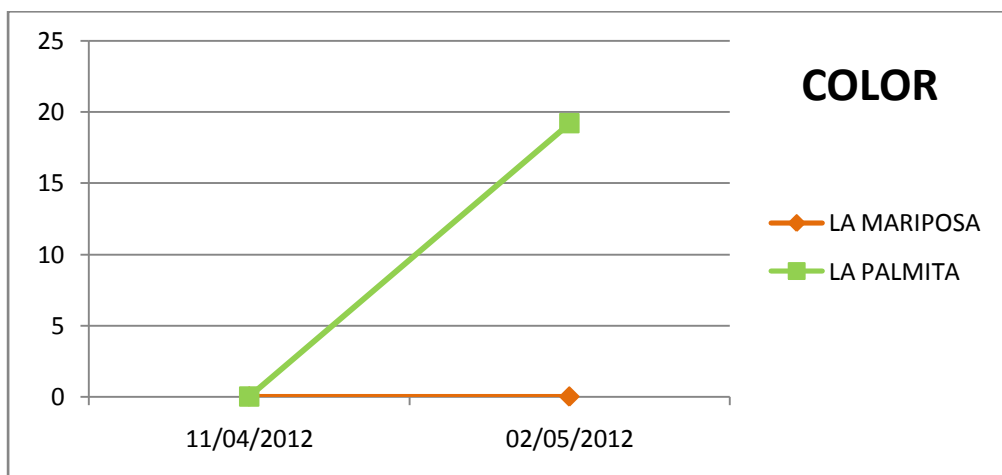
**Anexo 5.** Análisis de potencial hidrógeno de la tercera estación época seca

## **ANEXO 6**

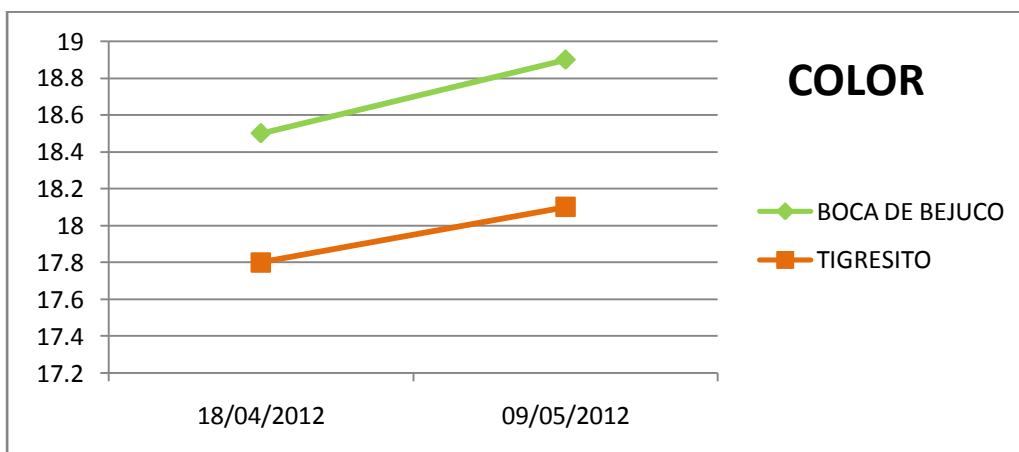
**Gráfico del análisis de color verdadero de las tres  
estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 6.** Análisis de color verdadero de la primera estación época lluviosa



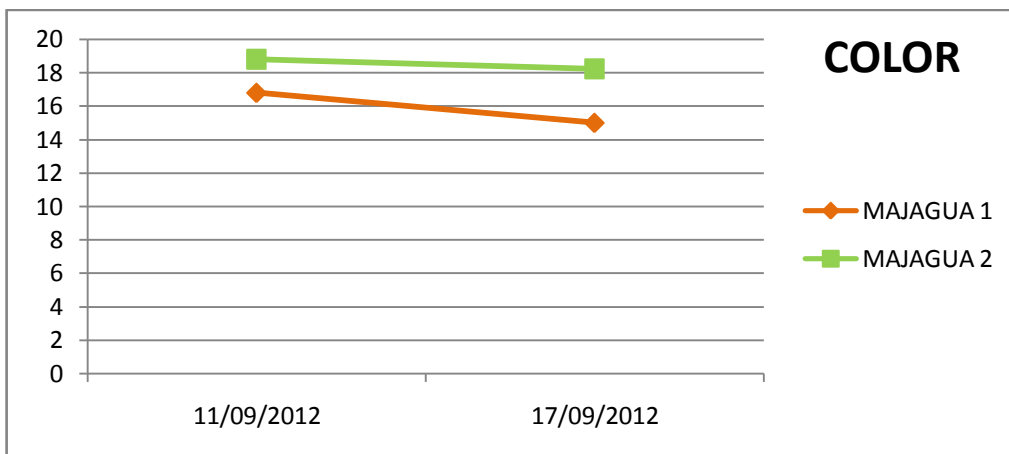
**Anexo 6.** Análisis de color verdadero de la segunda estación época lluviosa



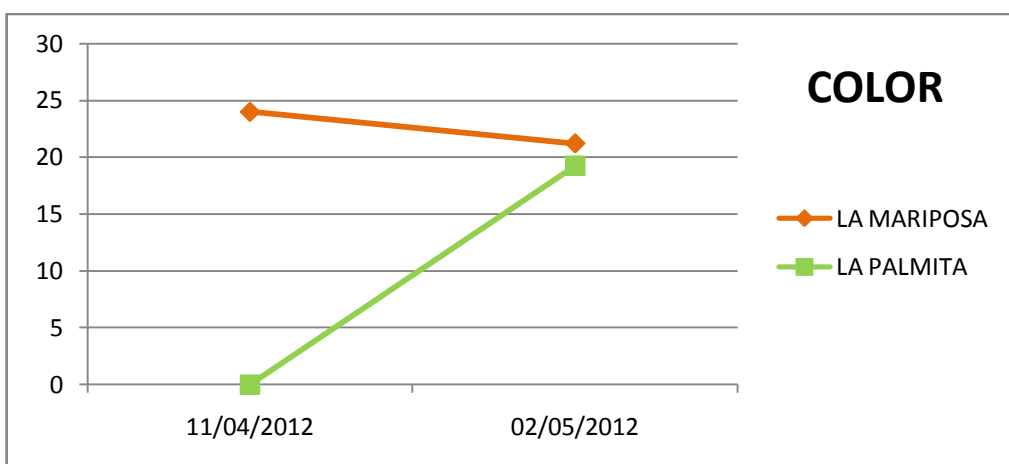
**Anexo 6.** Análisis de color verdadero de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 7**

**Gráfico del análisis de color verdadero de las tres  
estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 7.** Análisis de color verdadero de la primera estación época seca



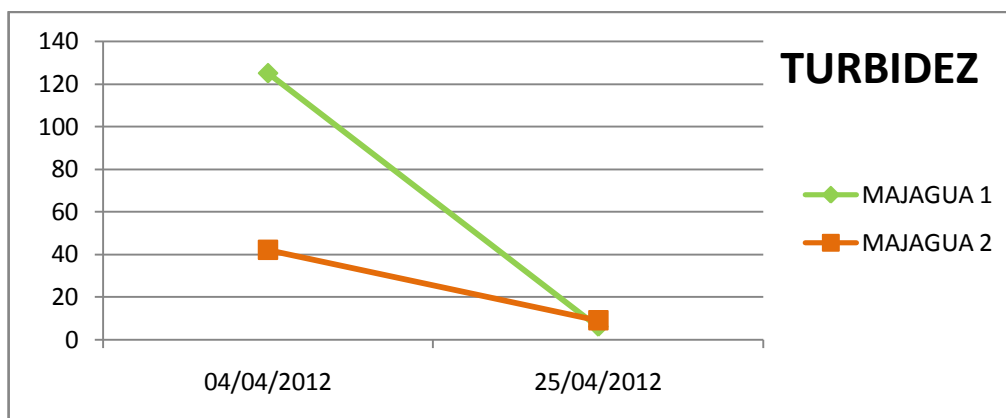
**Anexo 7.** Análisis de color verdadero de la segunda estación época seca



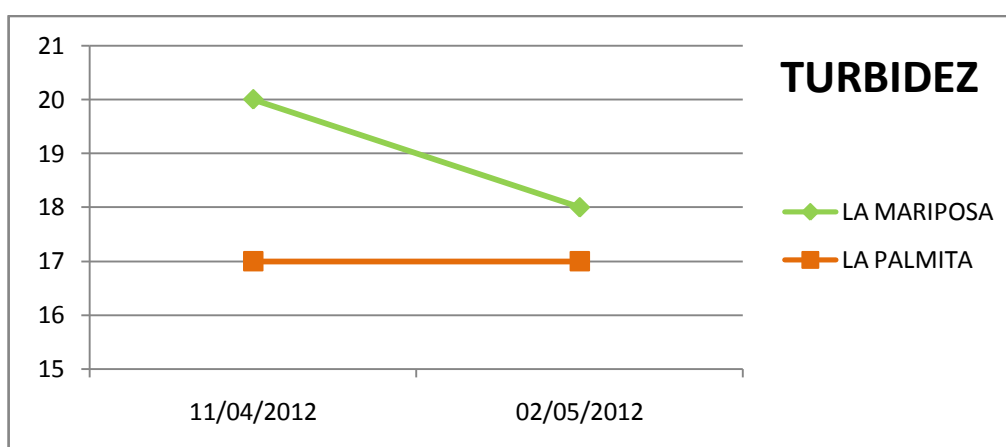
**Anexo 7.** Análisis de color verdadero de la tercera estación época seca

## **ANEXO 8**

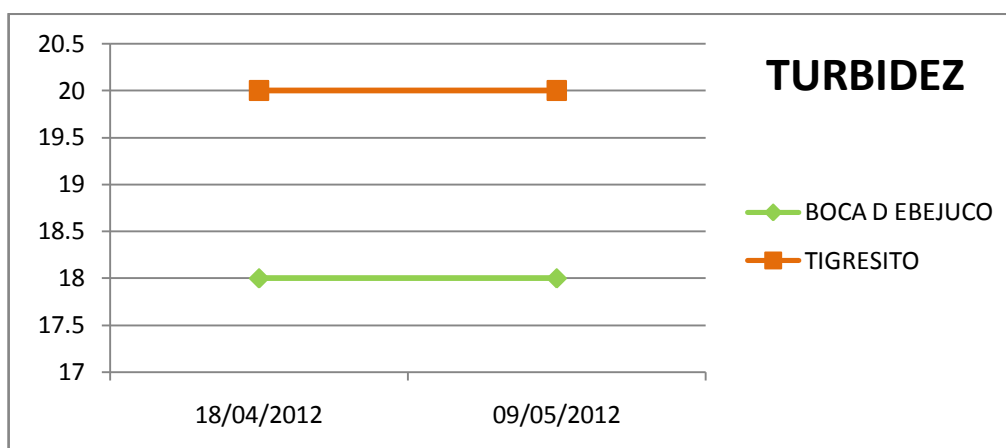
**Gráfico del análisis de turbidez de las tres estaciones  
de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 8.** Análisis de turbidez de la primera estaciónépocalluviosa



**Anexo 8.** Análisis de turbidez de la segunda estación épocalluviosa

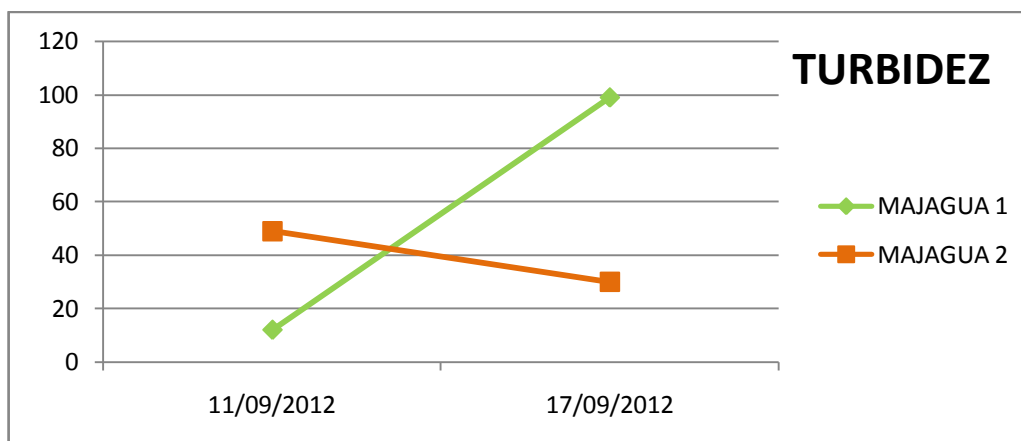


**Anexo 8.** Análisis de turbidez de la tercera estaciónépocalluviosa

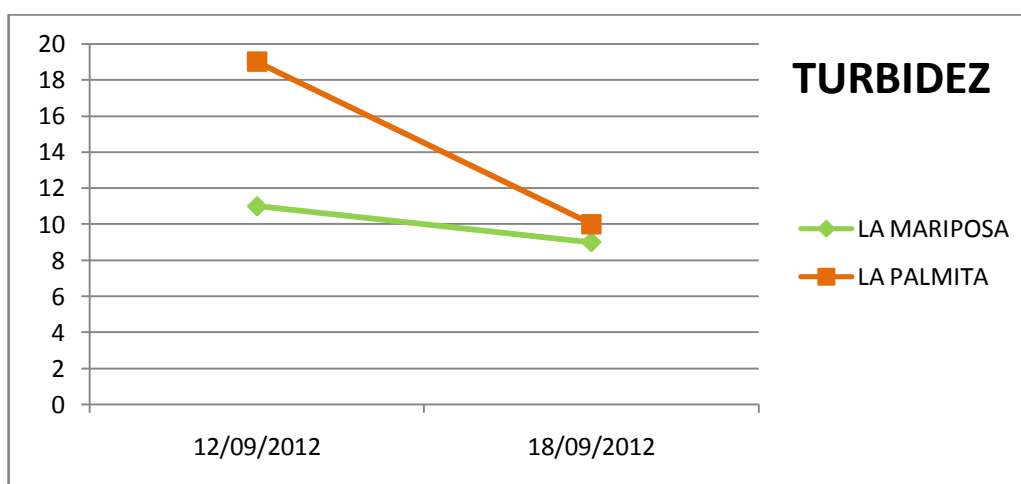
## **ANEXO 9**

**Gráfico del análisis de turbidez de las tres estaciones  
de muestreo en la época seca**

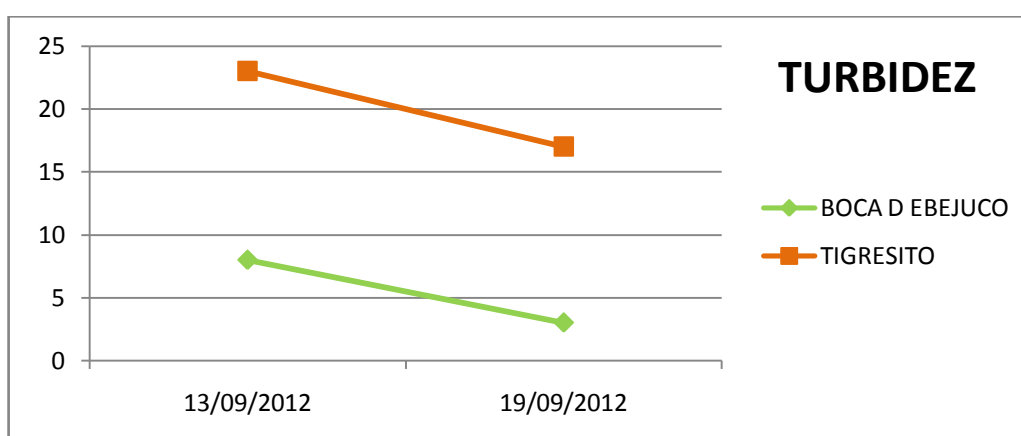




**Anexo 9.** Análisis de turbidez de la primera estación época seca



**Anexo 9.** Análisis de turbidez de la segunda estación época seca



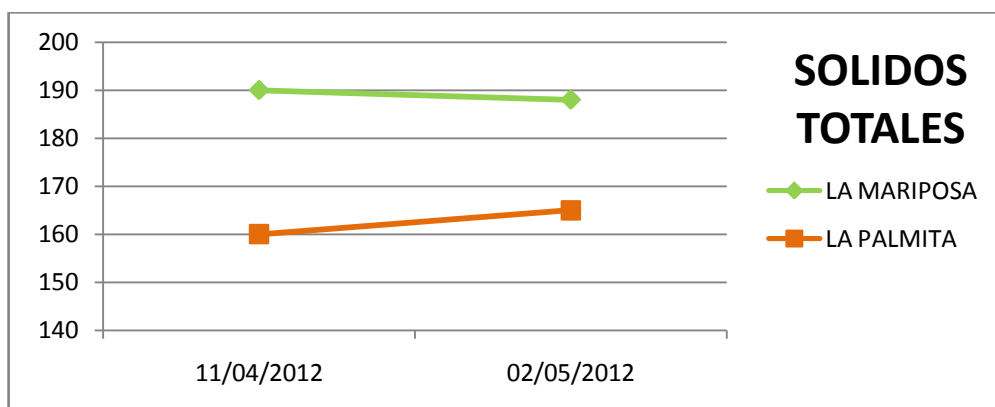
**Anexo 9.** Análisis de turbidez de la tercera estación época seca

## **ANEXO 10**

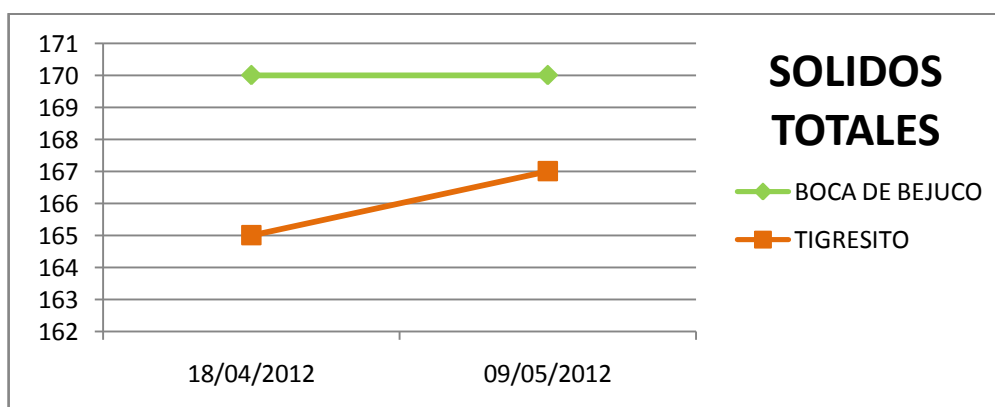
**Gráfico del análisis de sólidos totales de las tres  
estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 10.** Análisis de solidos totales de la primera estación época lluviosa.



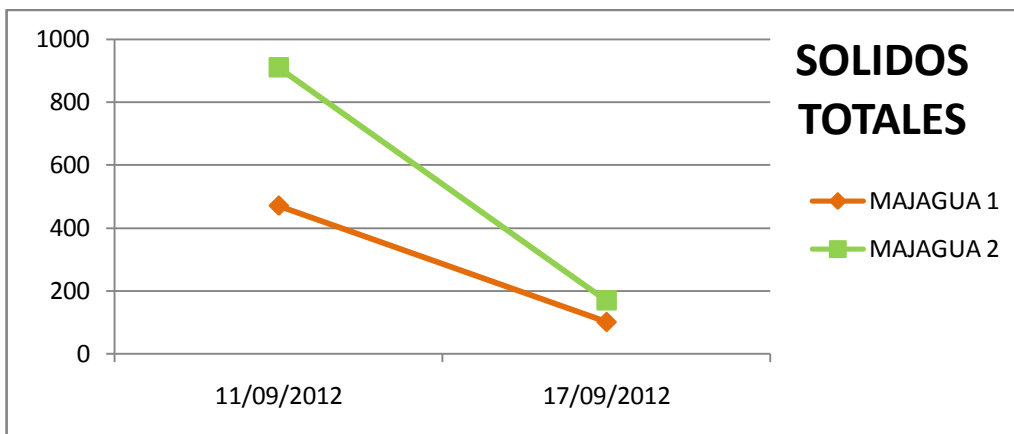
**Anexo 10.** Análisis de solidos totales de la segunda estación época lluviosa.



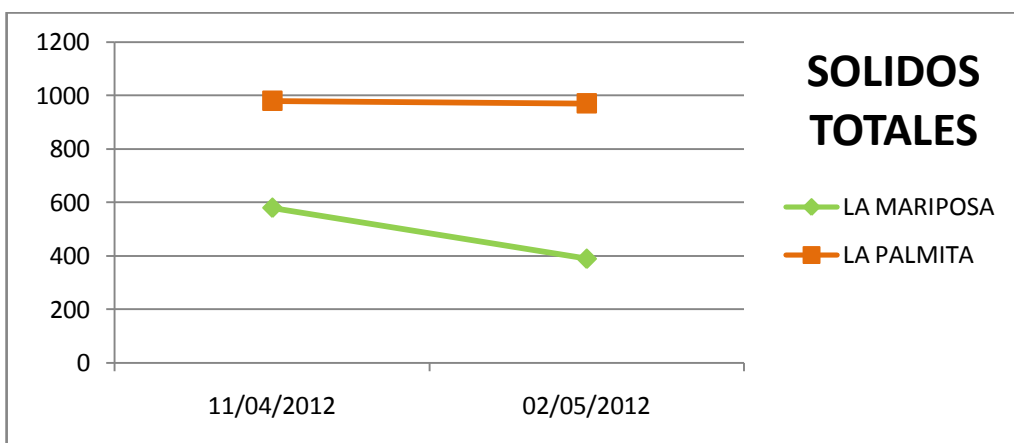
**Anexo 10.** Análisis de solidos totales de la tercera estación época lluviosa.

## **ANEXO 11**

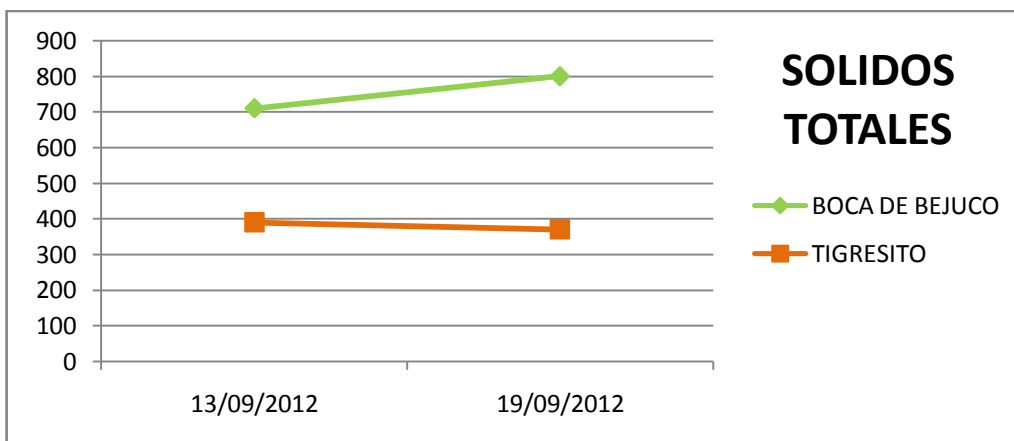
**Gráfico de los análisis sólidos totales de las tres  
estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 11.** Análisis de solidos totales de la primera estación época seca



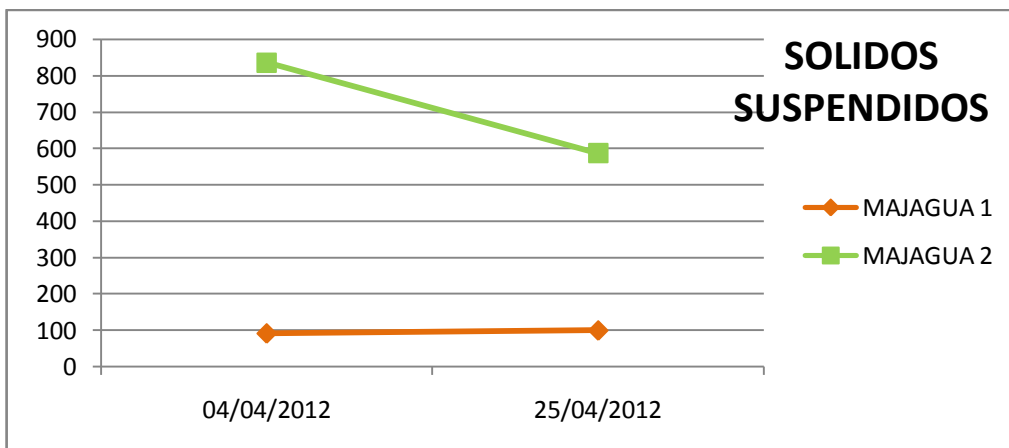
**Anexo 11.** Análisis de solidos totales de la segunda estación época seca



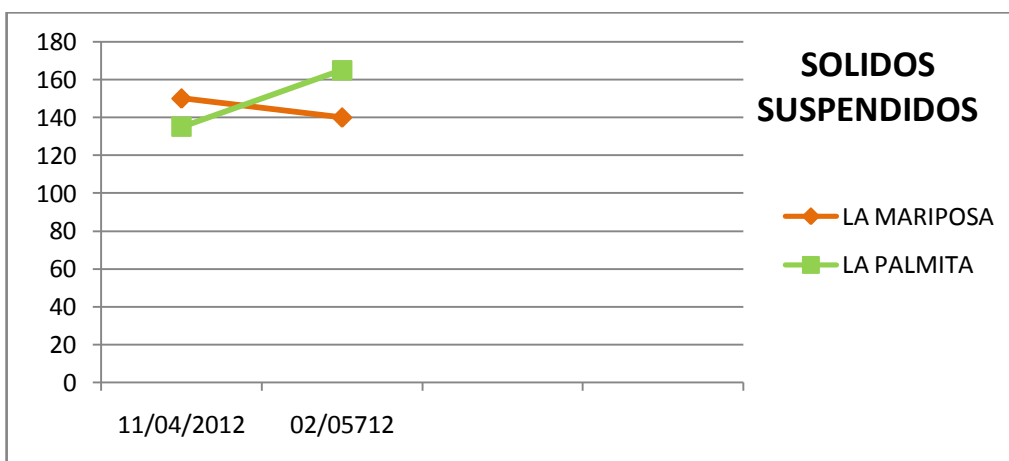
**Anexo 11.** Análisis de solidos totales de la tercera estación época seca

## **ANEXO 12**

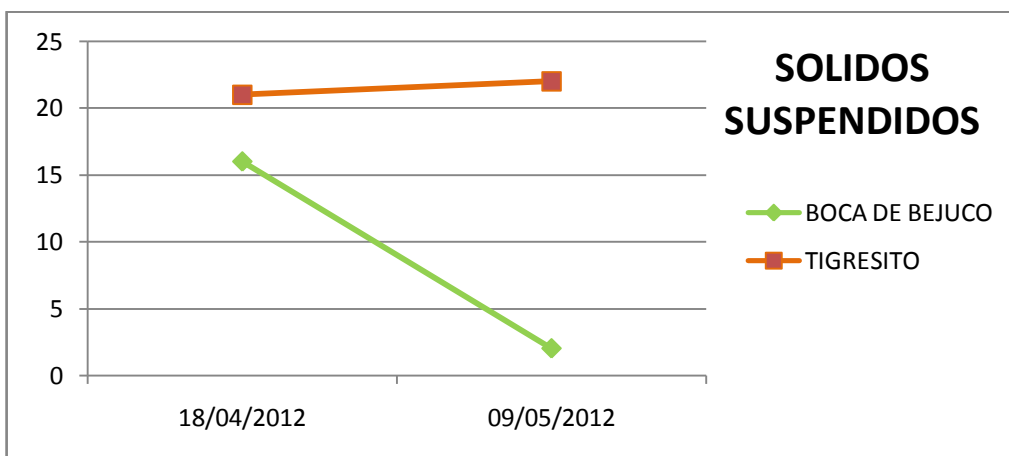
**Gráfico del análisis de sólidos suspendidos de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 12.** Análisis de solidos suspendidos de la primera estación época lluviosa



**Anexo 12.** Análisis de solidos suspendidos de la segunda estación época lluviosa

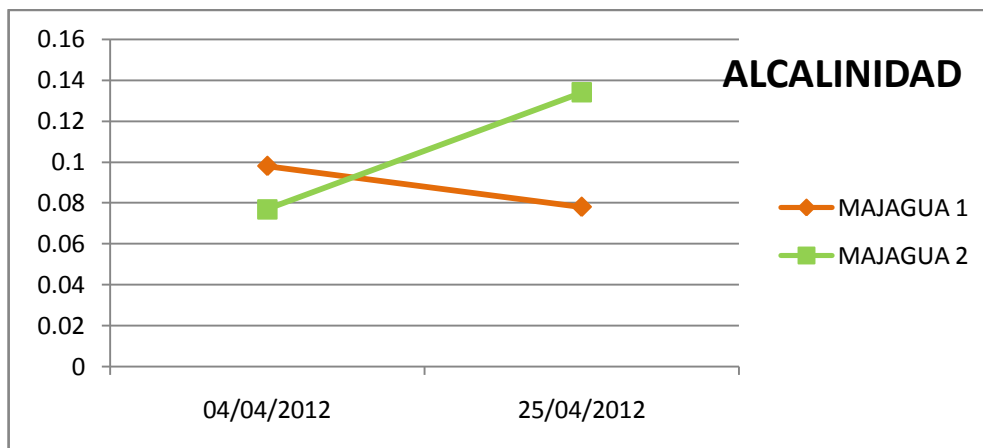


**Anexo 12.** Análisis de solidos suspendidos de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 13**

**Gráfico del análisis de alcalinidad de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**

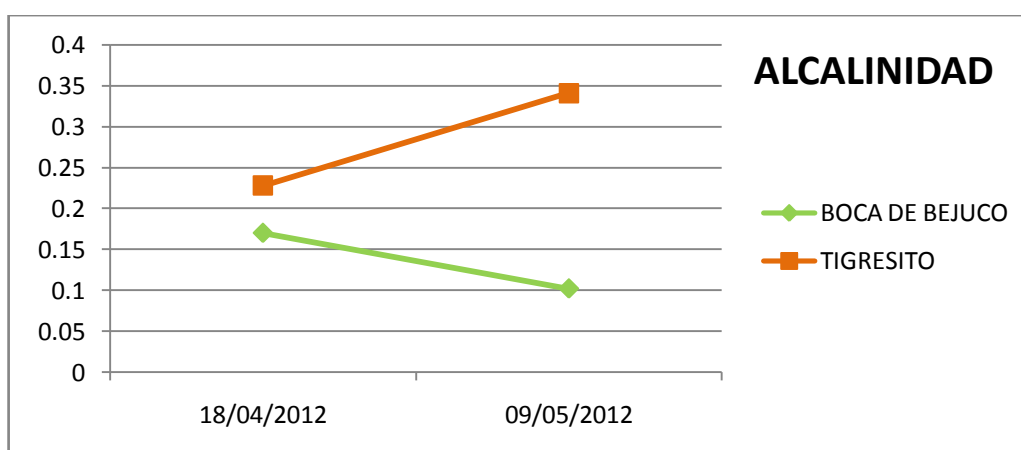




**Anexo 13.** Análisis de alcalinidad de la primera estación época lluviosa



**Anexo 13.** Análisis de alcalinidad de la segunda estación época lluviosa



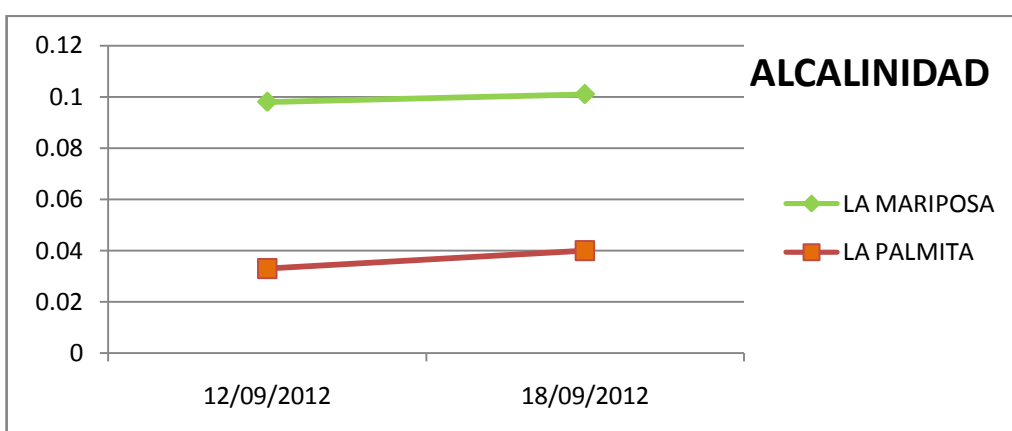
**Anexo 13.** Análisis de alcalinidad de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 14**

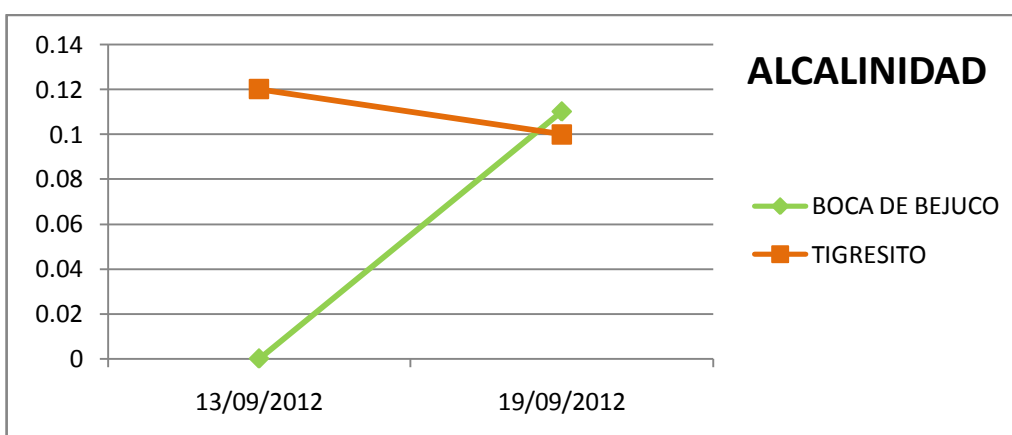
**Gráfico del análisis de alcalinidad de las tres  
estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 14.** Análisis de alcalinidad de la primera estación época seca



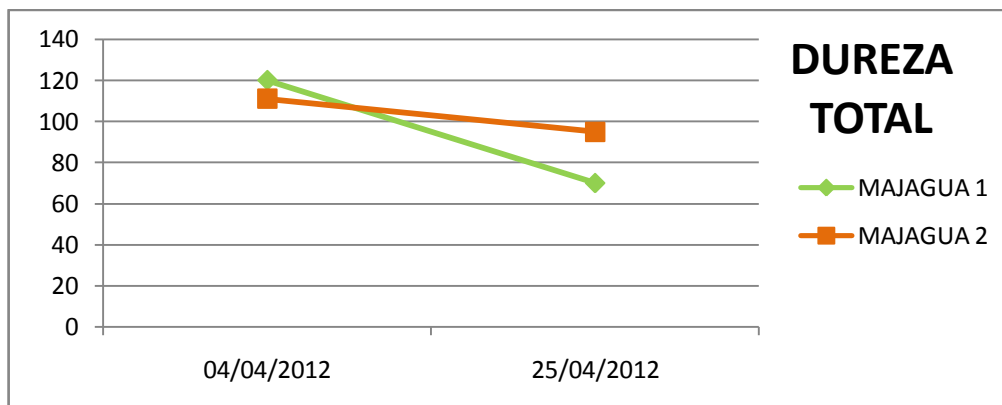
**Anexo 14.** Análisis de alcalinidad de la segunda estación época seca



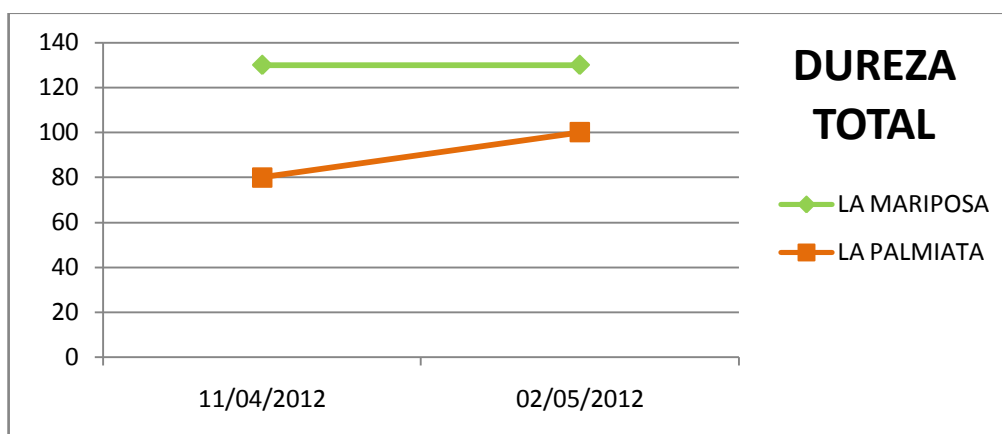
**Anexo 14.** Análisis de alcalinidad de la tercera estación época seca

## **ANEXO 15**

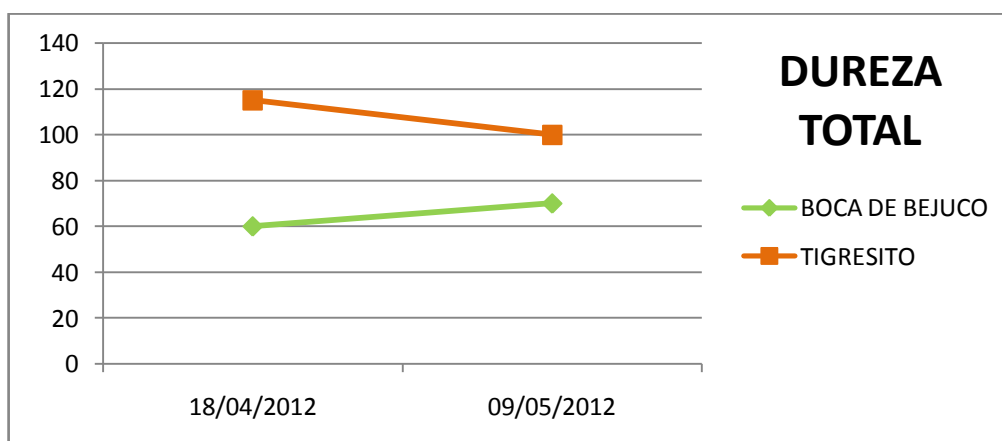
**Gráfico del análisis de dureza total de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 15.** Análisis de dureza total de la primera estación época lluviosa



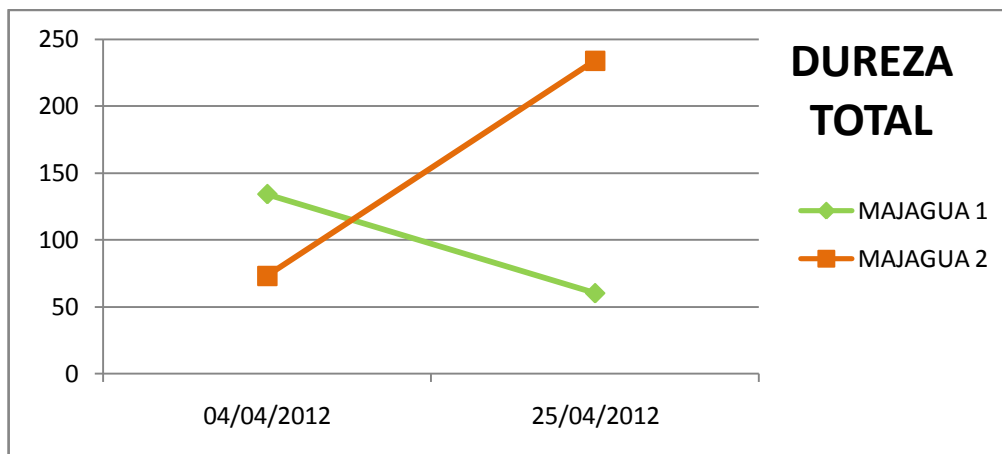
**Anexo 15.** Análisis de dureza total de la segunda estación época lluviosa



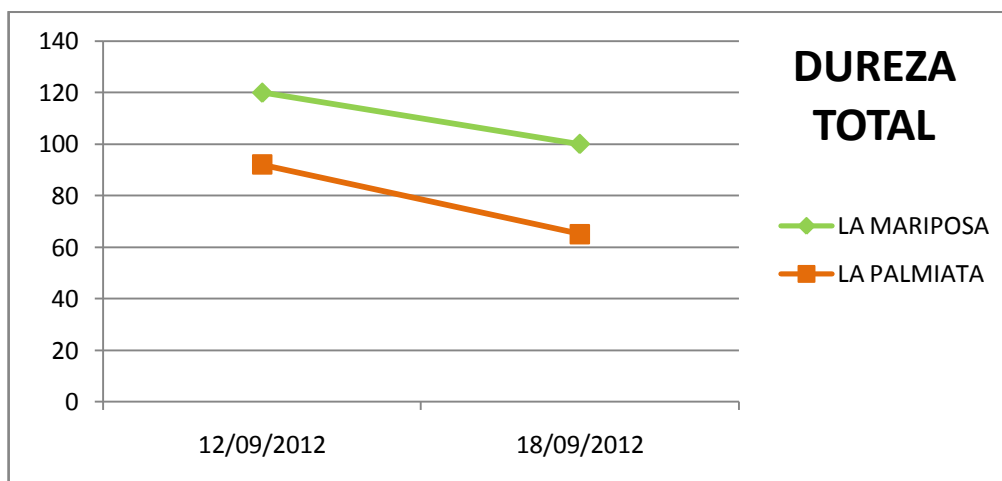
**Anexo 15.** Análisis de dureza total de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 16**

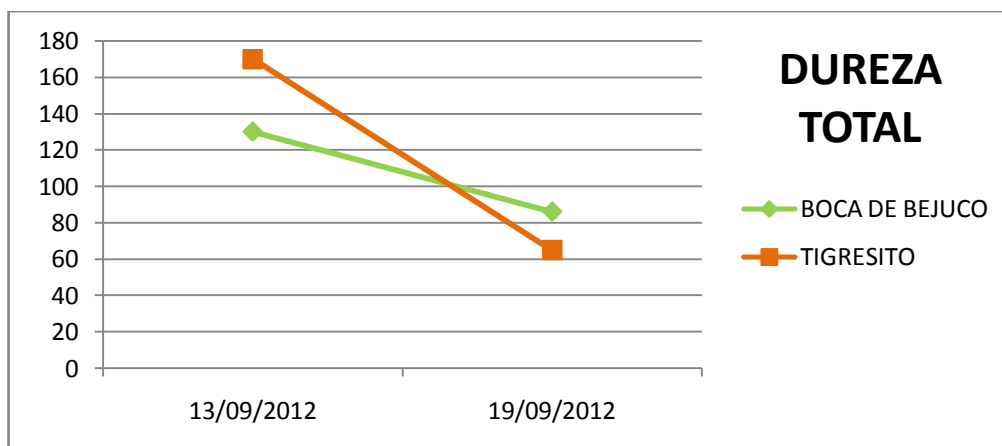
**Gráfico del análisis de dureza total de las tres  
estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 16.** Análisis de dureza total de la primera estación época seca



**Anexo 16.** Análisis de dureza total de la segunda estación época seca

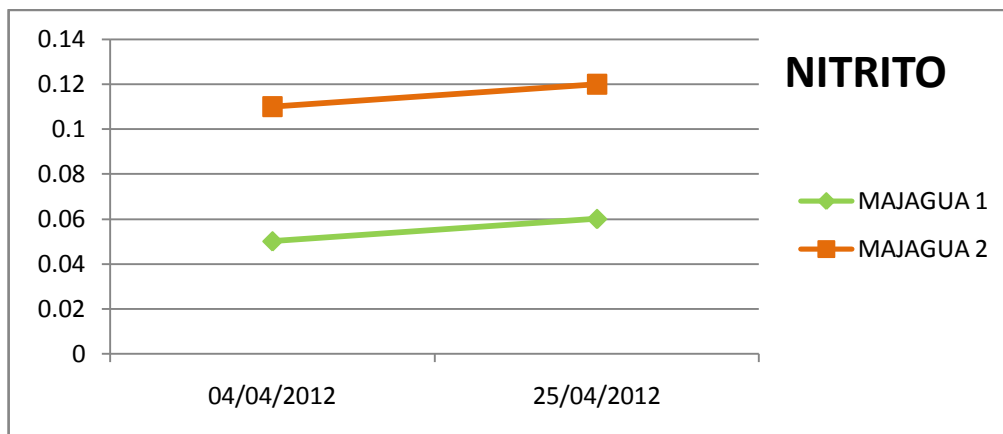


**Anexo 16.** Análisis de dureza total de la tercera estación época seca

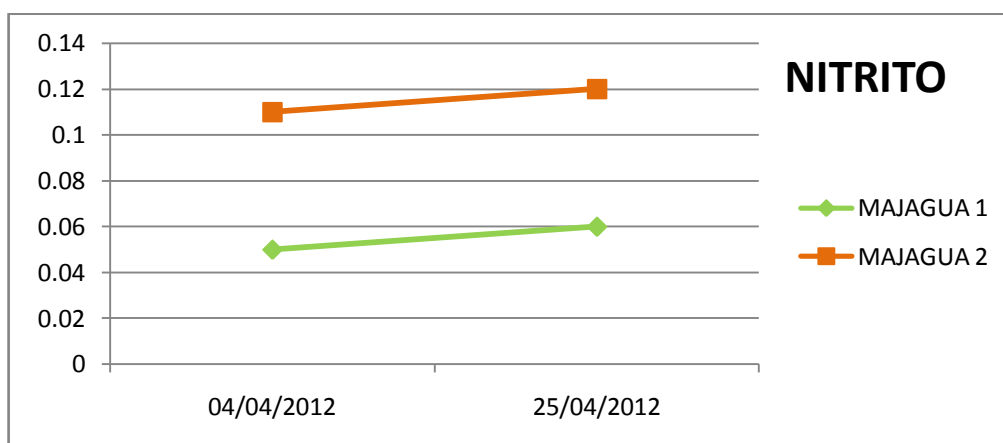
## **ANEXO 17**

**Gráfico del análisis de nitrito de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**





**Anexo 17.** Análisis de nitrato de la primera estación época lluviosa



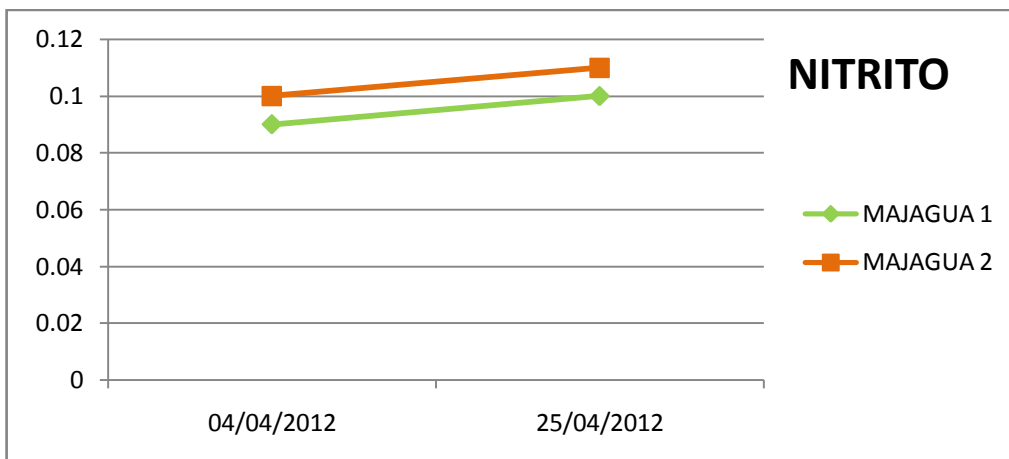
**Anexo 17.** Análisis de nitrato de la segunda estación época lluviosa



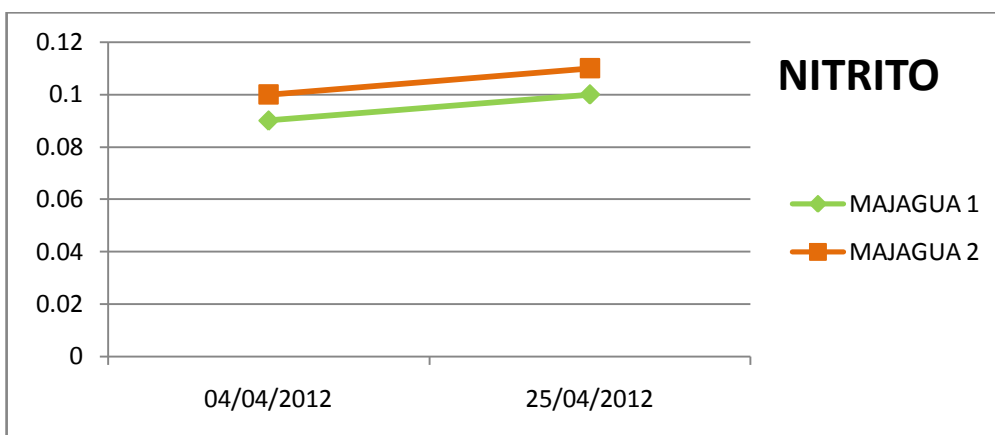
**Anexo 17.** Análisis de nitrato de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 18**

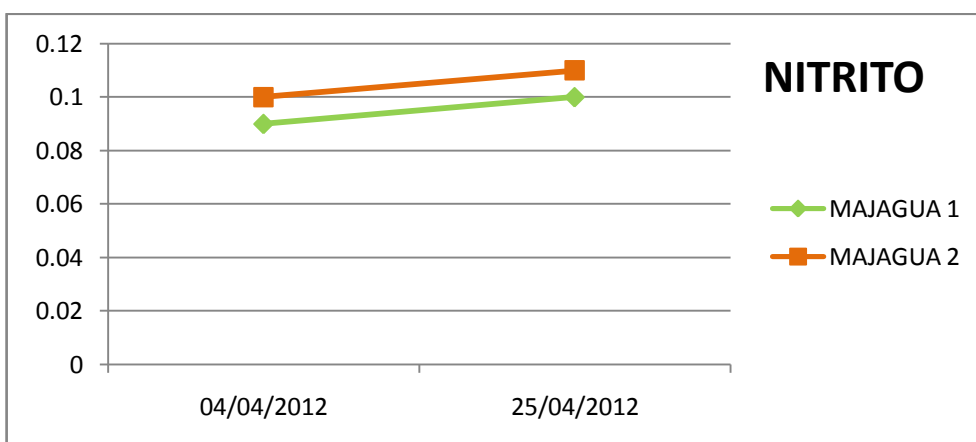
**Gráfico del análisis de nitrito de las tres estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 18.** Análisis de nitrito de la primera estación época seca



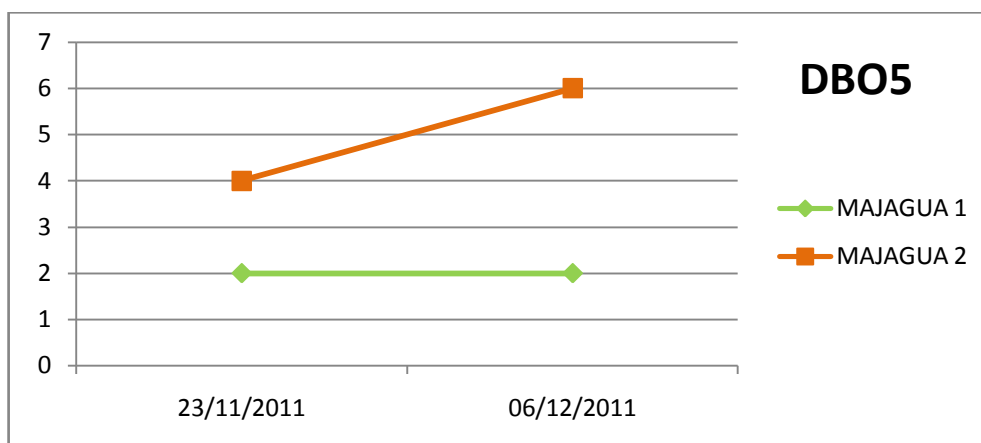
**Anexo 18.** Análisis de nitrito de la segunda estación época seca



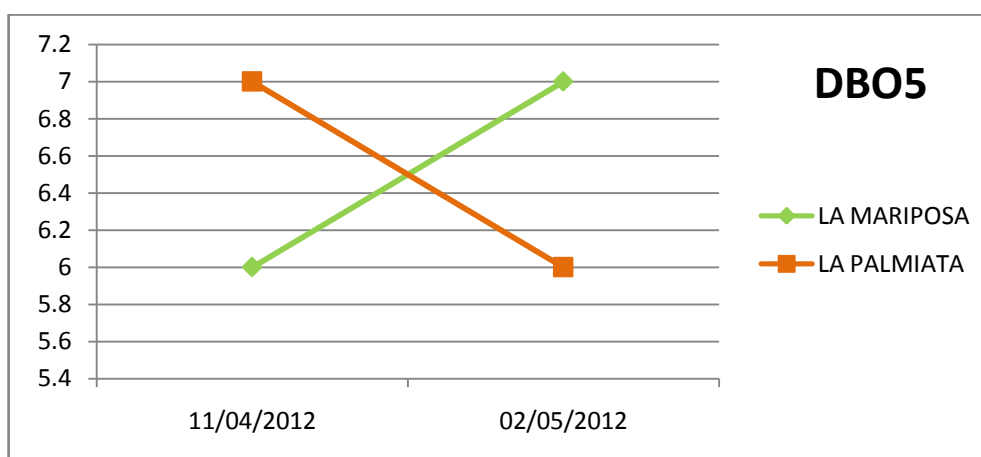
**Anexo 18.** Análisis de nitrito de la tercera estación época seca

## **ANEXO 19**

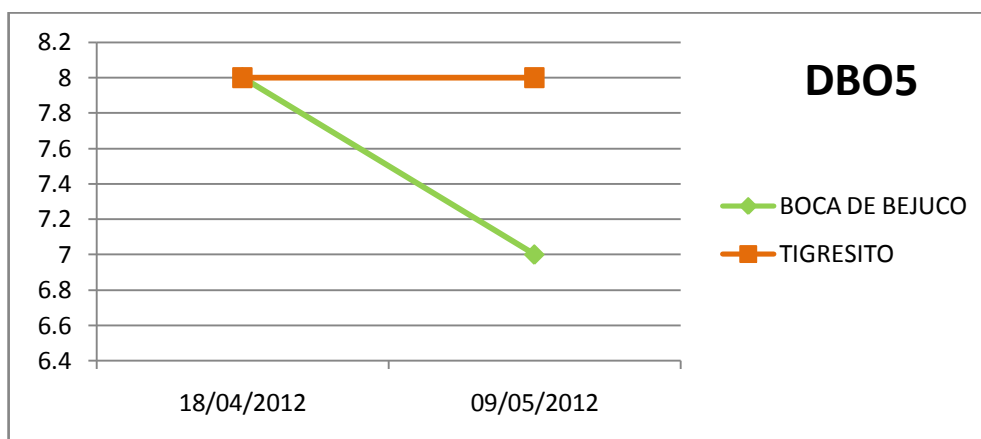
**Gráfico del análisis de  $\text{DBO}_5$  de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**



**Anexo 19.** Análisis de DBO5 de la primera estación época lluviosa



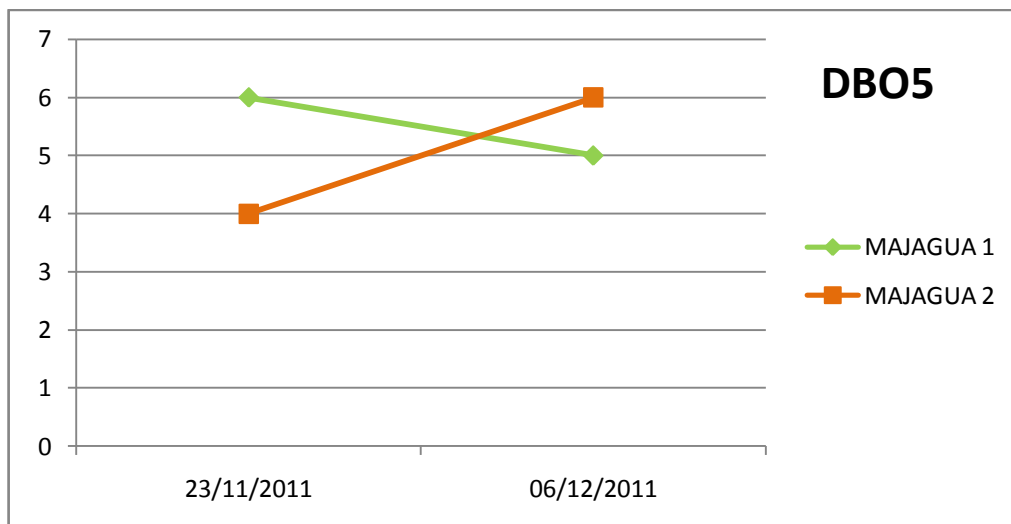
**Anexo 19.** Análisis de DBO5 de la segunda estación época lluviosa



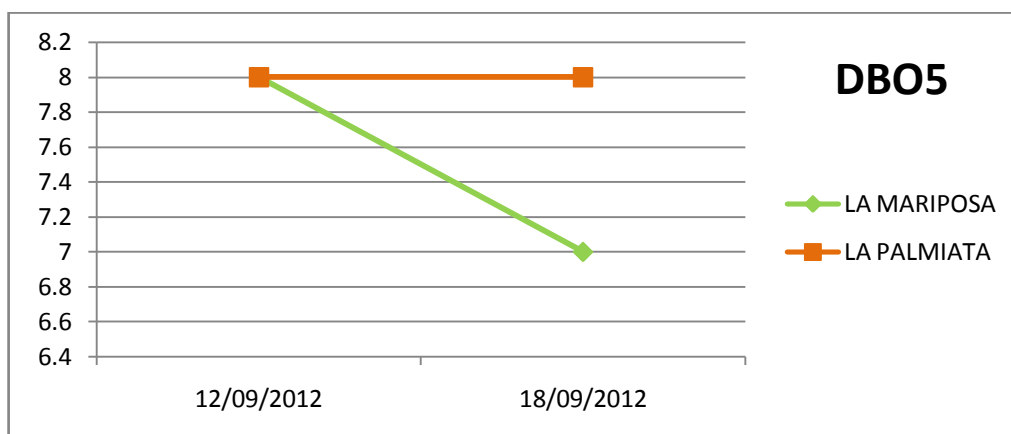
**Anexo 19.** Análisis de DBO5 de la tercera estación época lluviosa

## **ANEXO 20**

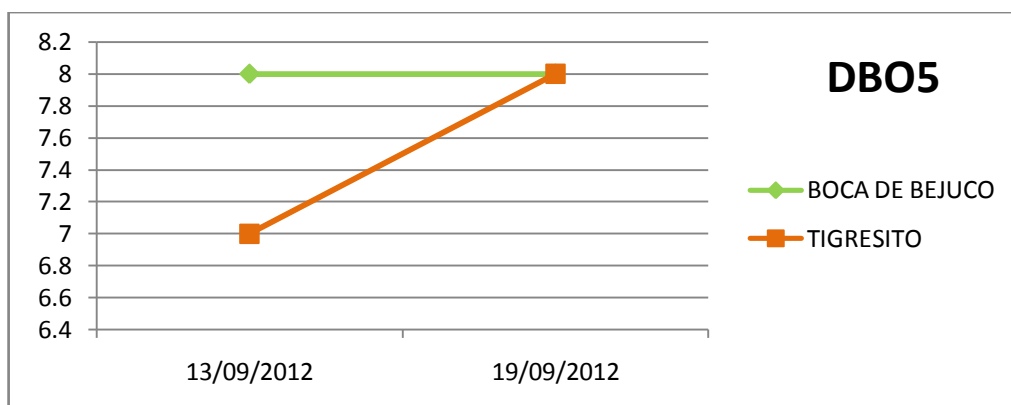
**Gráfico del análisis de DBO<sub>5</sub> de las tres estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 20.** Análisis de dbos5 de la primera estación época seca



**Anexo 20.** Análisis de dbos5 de la segunda estación época seca

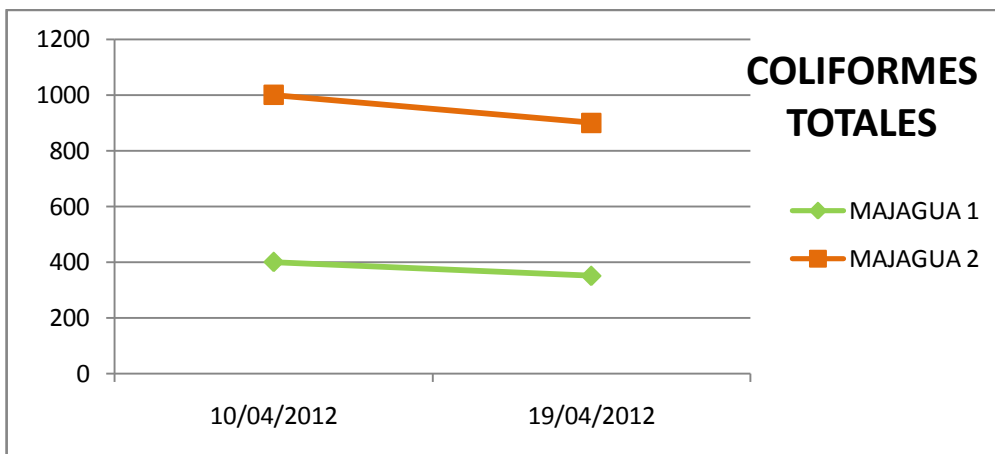


**Anexo 20.** Análisis de dbos5 de la tercera estación época seca

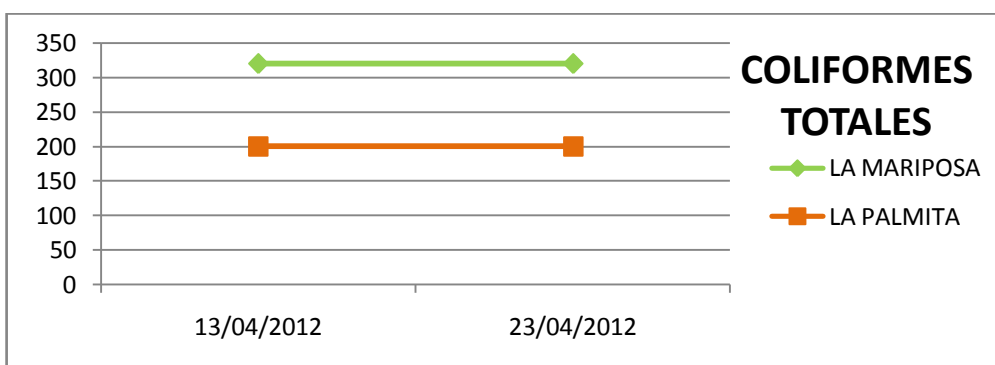
## **ANEXO 21**

**Gráfico del análisis de coliformes totales de las tres estaciones de muestreo en la época lluviosa**

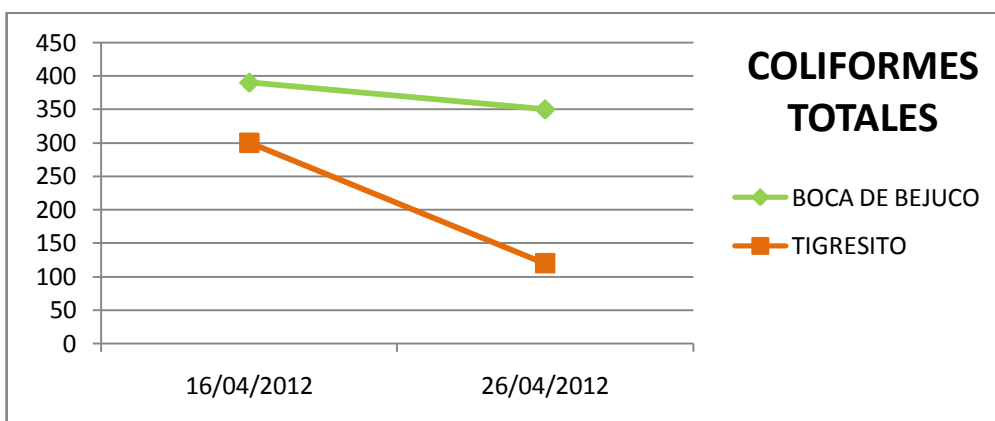




**Anexo 21.** Análisis de coliformes totales de la primera estación época lluviosa.



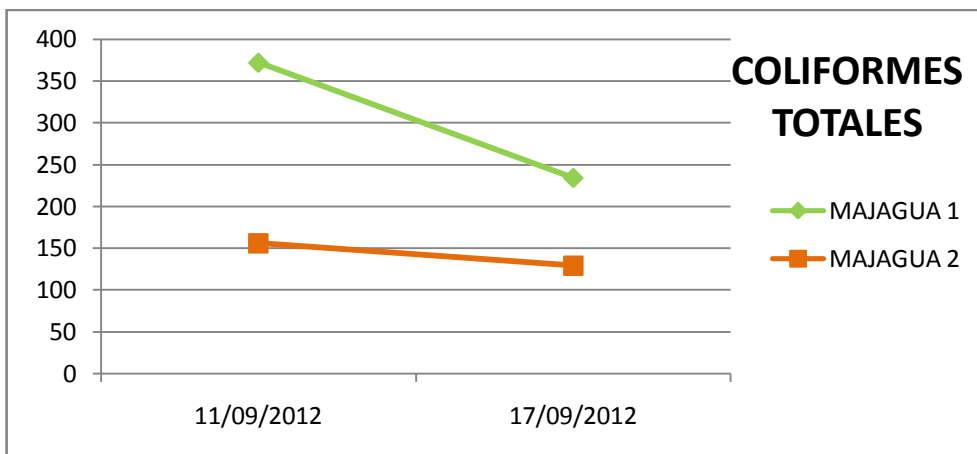
**Anexo 21.** Análisis de coliformes totales de la segunda estación época lluviosa



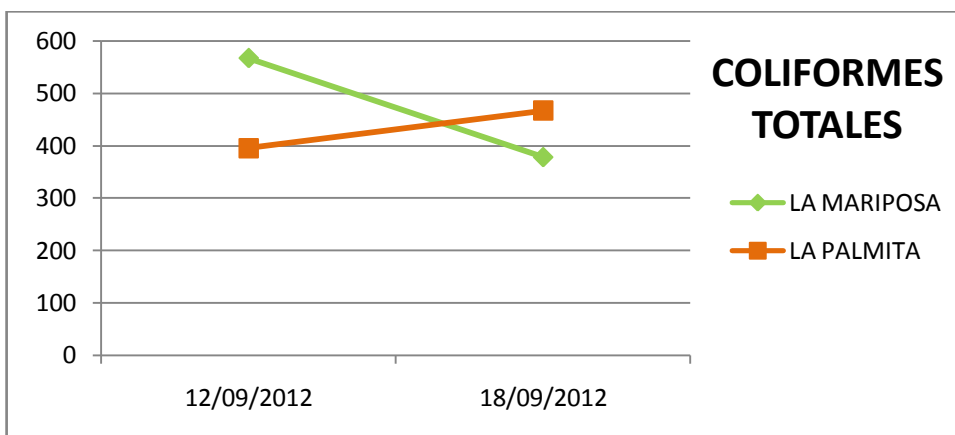
**Anexo 21.** Análisis de coliformes totales de la tercera estación época Lluviosa.

## **ANEXO 22**

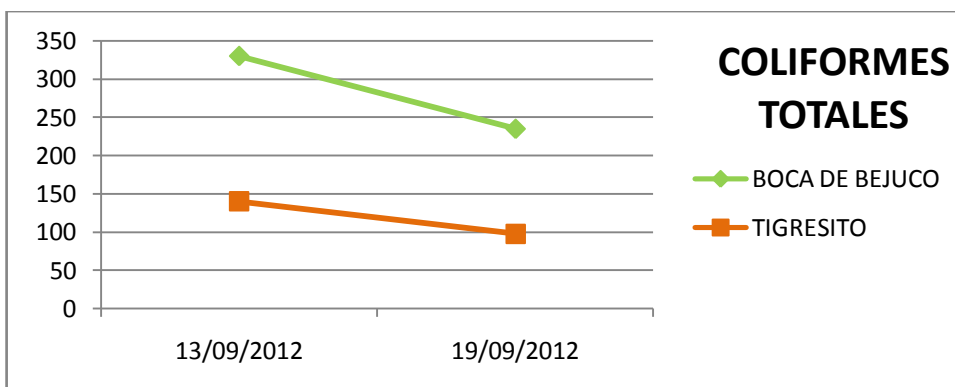
**Gráfico del análisis de coliformes totales de las tres  
estaciones de muestreo en la época seca**



**Anexo 22.** Análisis de coliformes totales de la primera estación época seca



**Anexo 22.** Análisis de coliformes totales de la segunda estación época seca



**Anexo 22.** Análisis de coliformes totales de la tercera estación época seca

## **ANEXO 23**

### **Técnicas de los análisis físicos, químicos y microbiológicos**

### Anexo 23. Técnica de los análisis físicos, químicos y microbiológicos

Análisis	Técnicas
pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar el potenciómetro, prenderlo y luego introducirlo en la muestra de agua.</li> </ul>
Color Verdadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar cierta cantidad de la muestra de agua y filtrarla para colocar el agua filtrada en las cubetas y llevarla al NOVA 60.</li> </ul>
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar cierta cantidad de la muestra de agua y se coloca en las cubetas para posteriormente colocar las cubetas en NOVA 60 y obtener los resultados.</li> </ul>
Dureza total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregar 5 ml de la muestra en un vaso de precipitación</li> <li>Agregar de 3 – 5 gotas de buffer de dureza total</li> <li>Agregar una pizca de NET</li> </ul> <p>Titular con EDTA</p>
Sólidos suspendidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encender la estufa a 150 c e introducir el papel filtro durante 30 minutos</li> <li>Llevarlo al desecador por 15 minutos y posteriormente pesarlo</li> <li>Una probeta de 100 ml coger su equivalente de muestra</li> <li>Armar el sistema con los accesorios de la bomba de vacío, colocando en su interior el papel filtro previamente pesado</li> <li>Vaciar el agua, una vez filtrada la muestra sacar el papel filtro y llevarlo a la estufa a 150 c por 30 minutos</li> <li>Luego sacarlo y colocarlo en el desecador por 15 minutos</li> </ul> <p>Pesarlo y realizar los resultados</p>
Alcalinidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar 5 ml de la muestra en un vaso de precipitación</li> <li>Agregar 3 gotas de fenolftaleína</li> <li>Titular con anaranjado de metilo</li> </ul>
DBO <sub>5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar 365 de la muestra de agua en las probetas</li> <li>Colocar los 365 ml de agua en las botellas destinadas para la realización de este análisis.</li> <li>Introducir en cada botella la bala magnética</li> <li>Tapar con los cauchos al mismo que se le colocara las pastillas kendalt</li> <li>Colocar los cabezales a cada botella y llevarlas a la cámara de DBO5 por 5 días.</li> </ul>
Coliformes Totales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación del material.</li> <li>Realizar pases con alícuotas de 1 ml de cada 5 tubos por dilución a tubos con medio EC y campanas Durham.</li> <li>Dejar incubando de 24 a 48 horas a 35</li> </ul>

	<p>grados centígrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diluciones hasta <math>10^{-4}</math>.</li> <li>• Sembrar de cada dilución por quintuplicado.</li> <li>• Transferir hacia tubos con caldo EC.</li> </ul> <p>Análisis de resultados números más probable (NMP</p>
Nitritos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipetear 5 ml de la muestra en un tubo de ensayo.</li> <li>• Añadir 1 microcucharada de <math>\text{NO}_2\text{-AN}</math>.</li> <li>• Agitar intensamente para disolver la sustancia sólida.</li> <li>• Comprobar el valor del pH de la muestra, intervalo previsto: Ph 2,0-2,5.</li> <li>• En caso necesario corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o reemplazar con ácido sulfúrico.</li> <li>• Tiempo de reacción: 2 minutos.</li> <li>• Añadir la solución a la cubeta correspondiente.</li> <li>• Seleccionar el método con el autoselector.</li> </ul> <p>Colocar la cubeta en el compartimiento para cubeta</p>

## **ANEXO 24**

### **Escala de clasificación del índice de calidad de agua en función del uso**

**Anexo 25.** Escala de clasificación del índice de calidad de agua en función del uso

ICA	Criterio General	Abastecimiento Publico	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola	
10	No Contaminado	No Requiere Purificación	Aceptable Para Cualquier Deporte Acuático	Aceptable Para Todos Los Organismos	No Requiere Purificación	
95						
90		Ligera Purificación			Ligera Purificación Para Algunos Procesos	
85						
80	Aceptable	Mayor Necesidad De Tratamiento	Aceptable Pero No Recomendable	Aceptable Excepto Para Especies Sensibles	Sin Tratamiento Para La Industria Normal	
75						
70						
65	Poco Contaminado	Mayor Necesidad De Tratamiento	Aceptable Pero No Recomendable	Dudoso Para Especies Sensibles	Sin Tratamiento Para La Industria Normal	
60						
55						
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso Para El Contacto Directo	Solo Organismos Resistentes	Tratamiento En La Mayor Parte De La Industria	
45						
40		No Aceptable	Sin Contacto Con El Agua		No Aceptable	No Aceptable
35						
30	Altamente Contaminado	No Aceptable	Señal De Contaminación	No Aceptable	Uso Refringido	
25						
20			No Aceptable		No Aceptable	No Aceptable
15						
10						
5						
0	Altamente Contaminado	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable	



## **ANEXO 26**

### **Matriz de factor de normalización ci**

**Anexo 26.** Matriz del factor de normalización ci

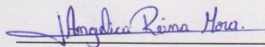
Parámetro	Peso relativo (pi)	Factor de Normalización (Ci)										
		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
		Valores Analíticos a										
pH		7	7 – 8	7-8,5	7 – 9	6,5	6-9,5	5 – 10	4 – 11	3 – 12	2 - 13	1 – 14
Temperatura		<20	<25	<30	<35	<40	<45	<50	<55	<60	<65	>70
Turbidez		<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	£100	>100
Color real		<0,5	<2	<4	<6	<8	<10	<15	<20	<50	£100	>100
Sólidos Totales ST		<100	>100	<150	<180	<200	<250	<300	<350	<400	<450	>450
Sólidos Totales Suspendidos SST		<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	£100	>100
Cloruro		<25	<50	<100	<150	<200	<300	<500	<700	<1000	£1500	>1500
Alcalinidad total		<50	<100	<150	<200	<250	<300	<350	<400	<450	<500	>500
Dureza total		<50	<100	<150	<200	<250	<300	<350	<400	<450	<500	>500
Nitrito		<0,005	<0,01	<0,03	<0,05	<0,10	<0,15	<0,20	<0,25	<0,50	£1,00	>1,00
DBO <sub>5</sub>		<0,5	<2	<3	<4	<5	<6	<8	<10	<12	£15	>15
Coliformes Totales		<20	<50	<100	<300	<500	<1000	<1500	<2000	<2500	£3000	>3000

## **ANEXO 27**

**Acta y asistencia de la reunión con interesados**

## ACTA DE REUNIÓN

En el Cantón Bolívar el día sábado 29 de septiembre del presente año, a las 17:00 se realizó la reunión con los habitantes del sitio La Mariposa y autoridades del Cantón Bolívar en la casa del señor Cruz Edilberto Zambrano Llor; donde se expuso los resultados obtenidos en este trabajo investigativo con el tema "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BEJUCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS" dicha exposición estuvo a cargo de la Tlga. Angélica María Reina Mora egresada de la Carrera de Medio Ambiente de la ESPAM "MFL"



Tlga. ANGELICA REINA

1312767104

## ASISTENCIA

NOMBRE

FIRMA

<u>Eugenia Mara Zambrano</u>	<u>Eugenia Mara Zambrano</u>
<u>Araceli Zambrano Mendoza</u>	<u>Araceli Zambrano Mendoza</u>
<u>JACINTO Cedeño BRAVO</u>	<u>Jacinto Cedeño B</u>
<u>Elidalia Maria C</u>	<u>Elidalia Maria C</u>
<u>Verónica Luz Vázquez Montero</u>	<u>Verónica Luz Vázquez M</u>
<u>Delia Juanillo Bermudez</u>	<u>Delia Juanillo B</u>
<u>MELCHOR ELIGIO BRAVO BRAVO</u>	<u>Melchor Eligio Bravo B</u>
<u>Maria Antonia Malda Heza</u>	<u>Maria Antonia Malda H</u>
<u>Wimberto Maria Pico B</u>	<u>Wimberto Maria Pico B</u>
<u>Rosa Maria Burgos Casme</u>	<u>Rosa Maria Burgos C</u>
<u>Maria Emilia Campos Laar</u>	<u>Maria Emilia Campos L</u>
<u>Diogene Alejandro Penarrick</u>	<u>Diogene Alejandro P</u>
<u>MARIA DE LOS ANGELES CRUJISE</u>	<u>Maria De Los Angeles C</u>
<u>Delia de la Cruz Sabando</u>	<u>Delia de la Cruz S</u>
<u>Holanda Patricia Castillo</u>	<u>Holanda Patricia C</u>
<u>Silvino Alfredo Reina Reina</u>	<u>Silvino Alfredo Reina R</u>
<u>ANA CECIBEL COOR COOR</u>	<u>Ana Cecibel Coor C</u>
<u>Victor Rafael Bravo Reina</u>	<u>Victor Rafael Bravo R</u>
<u>Patricio Antonio Cauchozo B.</u>	<u>Patricio Antonio C</u>



Antonia del Rosario Cedeno Vaca  
Bethida Bernaldita Zambrano  
Betty Mariavita Centeno  
ELIGIA MARITZA SANTANA S  
Famón Eloy elgin Candazo  
HEBER Patricio MACIAS  
Maria Bernora Cusme Mejia  
Mercedes Katherine Mora  
IVAN Patricio GONZALEZ  
Mamuela Yasmira Benzo  
Sonia Jamileth Castro Cedeno  
Angela Noemi Zambrano  
Remberto Fabian Lucas  
Rosa Sapulina Bonquillo  
Maria Alejandrina elgin  
Monsita Adriana Loor L  
Nueva Estrellita Briones Souto  
José José Moreira Palma  
Juanito Manuel Benetto  
José Garcia Zambrano  
Eloy Vera Zambrano  
Maria Monserrate Campos  
Anderson Vélez Mareillo

~~Antonia del Rosario C~~  
~~Bethida Bernaldita Z~~  
~~Betty Mariavita Centeno~~  
~~ELIGIA MARITZA SANTANA~~  
~~Famón Eloy elgin Candazo~~  
~~HEBER Patricio MACIAS~~  
~~Maria Bernora Cusme~~  
~~Mercedes Katherine Mora~~  
~~IVAN Patricio GONZALEZ~~  
~~Mamuela Yasmira Benzo~~  
~~Sonia Jamileth Castro~~  
~~Angela Noemi Zambrano~~  
~~Remberto Fabian Lucas~~  
~~Rosa Sapulina Bonquillo~~  
~~Maria Alejandrina elgin~~  
~~Monsita Adriana Loor~~  
~~Nueva Estrellita Briones~~  
~~José José Moreira Palma~~  
~~Juanito Manuel Benetto~~  
~~José Garcia Zambrano~~  
~~Eloy Vera Zambrano~~  
~~Maria Monserrate Campos~~  
~~Anderson Vélez Mareillo~~