

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Escuela de Biología

TESINA DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE BIÓLOGA AMBIENTAL

TEMA:

“Caracterización del estado de salud ecológica de los cuerpos de agua en el sector agrícola de la parroquia de Puéllaro utilizando comunidades de plancton como bioindicadores.”

AUTORA:

María José Escobar Cárdenas

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Esteban Terneus

QUITO, ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Yo, María José Escobar Cárdenas con cédula de identidad N° 171709346-0, declaro que soy la autora exclusiva de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprenden de la presente investigación, serán de mi sola y exclusiva responsabilidad. Además, cedo los derechos a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet.

María José Escobar Cárdenas

Yo, Héctor Esteban Terneus Jácome, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, la señorita, María José Escobar Cárdenas, es la autora exclusiva de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal.

Dr. Esteban Terneus Jácome

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la UIDE por haberme brindado los conocimientos que adquirí durante mis 4 años de estudios en esta institución, especialmente al Dr. Esteban Terneus por haberme guiado en la realización de este trabajo y por haber sido un excelente profesor.

También agradezco a mis padres por haberme apoyado durante mis estudios y por su paciencia al realizar esta investigación, ya que sin su apoyo no hubiera podido concluir con este trabajo. De igual manera agradezco a mis compañeros y colegas que me ayudaron tanto en el trabajo de campo como de laboratorio.

ÍNDICE

Contenidos	Pág.
1. RESUMEN	12
2. ABSTRACT	14
3. OBJETIVOS	
3.1 General	16
3.2 Específicos	16
4. INTRODUCCIÓN	17
5. ANTECEDENTES	20
6. JUSTIFICACIÓN	22
7. METODOLOGÍA Y MATERIALES	24
7.1 Área de Estudio	25
7.2 Toma de muestras y Procedimiento	27
7.2.1 Análisis de Datos	32
7.3 Vinculación con la comunidad	33
8. MARCO TEÓRICO	
8.1 Agricultura	
8.1.1 Agricultura Tradicional	35
8.1.2 Agricultura Moderna	36
8.1.3 Revolución Verde	38
8.1.4 Agricultura Sostenible	39

8.2 Agua	
8.2.1 Concepto e Importancia	41
8.2.2 Usos	43
8.2.3 Sistemas de Tratamiento de Agua	44
8.2.3.1 Tipos de Tratamiento	44
8.2.3.2 Parámetros de Calidad	46
8.2.4 Índice de Calidad del Agua (ICA)	47
8.2.4.1 Construcción de Índices de Calidad del	
Agua	48
8.2.4.2 Índices de Calidad con Base en las	
Características Físico-Químicas del Agua	50
8.2.4.3 Índices Biológicos de Calidad del	
Agua (IBA)	51
8.2.5 Índice de Polución Orgánica de Palmer	53
8.3 Plancton	
8.3.1 Concepto	55
8.3.2 Clasificación	55
8.3.2.1 Holoplancton y Meroplancton	56
8.3.2.2 Componentes del Zooplancton	56
8.3.3 Bioindicadores	58

8.3.3.1 Valor Indicador del Plancton	61
8.4 Agroecología	
8.4.1 Concepto	64
8.4.2 Principios y Estrategias para Diseñar Sistemas Agroecológicos	65
8.4.3 Bases Agroecológicas para una Agricultura Sustentable	67
9. RESULTADOS	
9.1 Índices	
9.1.1 Shannon	70
9.1.2 ICA	73
9.1.3 IBA	79
9.2 Biota Acuática	82
9.2.1 Fitoplancton	
9.2.1.1 <i>Amphora ovalis</i>	82
9.2.1.2 <i>Anabaena</i>	83
9.2.1.3 <i>Closterium</i>	84
9.2.1.4 <i>Cosmarium botrytis</i>	85
9.2.1.5 <i>Cymbella</i>	87
9.2.1.6 <i>Euglena</i>	88

9.2.1.7 <i>Gomphonema</i>	89
9.2.1.8 <i>Lyngbya</i>	90
9.2.1.9 <i>Melosira</i>	91
9.2.1.10 <i>Navicula</i>	92
9.2.1.11 <i>Nitzschia</i>	93
9.2.1.12 <i>Oedogonium</i>	94
9.2.1.13 <i>Oscillatoria</i>	95
9.2.1.14 <i>Pinnularia</i>	96
9.2.1.15 <i>Spirogyra</i>	97
9.2.1.16 <i>Surirella</i>	98
9.2.1.17 <i>Synedra</i>	99
9.2.1.18 <i>Trachelomona</i>	100
9.2.2 Zooplancton	
9.2.2.1 <i>Rotifera</i>	101
9.3 Vinculación con la Comunidad	103
10. DISCUSIÓN	106
11. CONCLUSIONES	110
12. LITERATURA CITADA	112
13. GLOSARIO	116
14. ANEXOS	118
15. APÉNDICES	134

Tablas	Pág.
Tabla N° 1: Materiales empleados en campo y laboratorio	24
Tabla N° 2: Ubicación de los puntos de muestreo y descripción de su entorno paisajístico	27
Tabla N° 3: Distribución del agua en la superficie del planeta Tierra	41
Tabla N° 4: Procesos a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes	45
Tabla N° 5: Pesos asignados a cada parámetro	50
Tabla N° 6: Valoración de los diferentes grupos según su mayor o menor adecuación a las características del indicador biológico	52
Tabla N° 7: Índices de polución orgánica de Palmer para las distintas especies de fitoplancton	54
Tabla N° 8: Resultados de los índices de Shannon de las especies de fitoplancton y zooplancton	71
Tabla N° 9: Factor de normalización de cada parámetro abiótico	74
Tabla N° 10: Tabla con los valores de la variable normalizada tomando como ejemplo el primer punto de la vertiente 1	75
Tabla N° 11: Media de las 4 campañas de los factores abióticos de los 3 puntos de las 3 vertientes con el ICA como resultado final	76
Tabla N° 12: Rangos de los resultado del ICA	77
Tabla N° 13: Rangos permisibles por el TULAS (2002) en relación con los datos obtenidos	

en el estudio	78
Tabla N° 14: Resultados de los OPI de cada vertiente	79
Tabla N° 15: Respuestas de las encuestas realizadas a agricultores interesados	
en el estudio	103

Figuras **Pág.**

Figura N° 1: Mapa de los 3 puntos en cada vertiente donde se tomaron las muestras	26
Figura N° 2: Red Surber utilizada como método cuantitativo para la captura de plancton	29
Figura N° 3: Toma de muestras de agua utilizando un frasco para determinar de forma cualitativa las especies de plancton	29
Figura N° 4: Equipos utilizados (oxigenómetro, multiparámetro y termómetro) para la medición físico-química del agua en los nueve puntos de muestreo	31
Figura N° 5: José Cevallos, presidente de la Asociación de Agricultores (2011) y María José Escobar, responsable de la investigación, dando la exposición inicial del proyecto	34

1. RESUMEN

En este estudio se utilizaron comunidades de plancton para determinar la calidad de agua de riego de la parroquia de Puéllaro. Para la toma de muestras en el campo se utilizaron dos metodologías una cuantitativa con red surber y la otra cualitativa solamente con la ayuda de un envase. Se tomaron 18 muestras en tres vertientes, dos muestras en cada punto, en nueve puntos de muestreo (tres en cada vertiente), también se realizaron pruebas físico químicas del agua con equipos electrónicos: un oxigenómetro, un multiparámetro (mide pH, conductividad y sólidos totales en suspensión) y un termómetro para medir la temperatura del agua; para la identificación de especies en el laboratorio se utilizó un microscopio como equipo principal y una centrífuga, se usaron guías de identificación de plancton para la respectiva identificación. Los resultados indicaron la variación de especies tanto en abundancia como en diversidad (Índice de Shannon) y los datos físico-químicos se utilizaron para calcular el ICA (índice de calidad del agua), conjuntamente con la información biológica (OPI). Desafortunadamente, en la Parroquia de Puéllaro ya se puede apreciar una afectación al ambiente por los factores exógenos como contaminación por desechos orgánicos y basura y al paso que crece la parroquia y los cultivos, en un futuro cercano estos problemas podrían afectar tanto al ambiente como a la salud, ya que en los puntos finales de muestreo de cada vertiente se determinó que la calidad del agua es mala por presencia de contaminación orgánica e inorgánica; esto implica los desechos orgánicos de animales y otros residuos, los puntos donde se encontró presencia de contaminación son el punto tres de la vertiente uno (punto final, después de pasar por cultivos, avícolas y quebradas donde depositan desperdicios orgánicos como inorgánicos), punto tres de la vertiente dos (punto final, después de pasar por cultivos, avícolas y el centro del pueblo donde más basura hay) y punto tres de la vertiente tres (punto final, después de pasar por cultivos, avícolas y la florícola más grande de la parroquia). También se incluyó la participación social en el proyecto ya que los beneficiarios de este estudio fueron los pobladores de la parroquia de Puéllaro. Se realizaron charlas antes del estudio indicando los objetivos, las razones del porqué se hizo el estudio y los resultados esperados al finalizar el

estudio se hicieron capacitaciones para que los agricultores tengan más conocimiento acerca de los beneficios de practicar una agricultura amigable con el ambiente.

Palabras Clave: plancton, Parroquia Puéllaro, ICA, OPI, Índice Shannon, agua, carga orgánica.

2. ABSTRACT

The present study used plankton communities in order to determine the quality of irrigation water in the parish of Puéllaro. In order to take field samples, two methodologies were used: quantitative with surber net and qualitative using only a container. Eighteen samples were taken in three different springs, two samples in each point with a total of nine sampling points (three per spring). In addition, water physicochemical tests were carried out using electronic equipment: an oxygenmeter, a multiparameter (to measure pH, conductivity, and total suspended solids), and a thermometer to measure water temperature. In the laboratory, a microscope was used as the main tool for species identification, as well as a centrifuge and guides for plankton identification. The results showed a variation of species both in abundance and diversity (Shannon Index), and the physicochemical data was used to calculate the WQI (Water Quality Index), along with the biological information (OPI). Unfortunately, in the parish of Puéllaro a negative impact on the environment caused by exogenous factors (such as the pollution by organic waste and trash) can already be noticed. At the current rate the parish and the crops are growing, in a not so distant future these problems could affect both the environment and the local population's health; given the fact that in the final sampling points of each spring it was possible to determine a low quality of the water owing to the presence of both organic and inorganic pollution – organic waste generated by animals and other residuals. The sampling points with pollution were: point three of spring one (final point after going through crops, poultry, flower growing, and gullies where organic and inorganic waste can be found), point three of spring two (final point after going through crops, poultry, and the downtown where the biggest concentration of waste is located), and point three of spring three (final point after going through crops, poultry, and the largest flower growing company of the parish). Since the beneficiaries of this study are the inhabitants of the parish of Puéllaro, social participation was also included in the project. Meetings with local inhabitants were arranged in order to present the objectives to carry out the study, and the expected results; as well as training for local farmers to provide information about the benefits of implementing an environmentally friendly agriculture.

Keywords: plankton, Puéllaro parish, WQI, OPI, Shannon index, water, organic load.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Determinar el estado de salud ecológica de los cuerpos de agua de riego, utilizando factores bióticos (bioindicadores) y abióticos (análisis físico-químico tanto del agua como del sustrato) con la finalidad de orientar de manera adecuada las actividades agrícolas que se desarrollan en la parroquia de Puéllaro.

3.2 Específicos

Identificar las comunidades de plancton que existen en los diferentes puntos de muestreo en la parroquia de Puéllaro.

Analizar si las comunidades de plancton se encuentran afectadas por elementos exógenos en los diferentes puntos de muestreo de la parroquia de Puéllaro.

Capacitar a los agricultores, autoridades de la zona y el resto de los pobladores de la parroquia de Puéllaro acerca del manejo agrícola, y proponer el uso de alternativas agroecológicas en caso de ser necesarias.

4. INTRODUCCIÓN

El agua es una molécula que está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, es esencial para la supervivencia de todos los seres vivos. En la naturaleza, el agua se encuentra en tres fases: líquida, sólida y gaseosa pero se puede presentar un cuarto estado que es el agua crítica el cual es utilizado para purificar y reciclar el agua muy contaminada y es intermedio entre el gaseoso y el líquido. Cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce se la emplea en la agricultura. El acceso al agua se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre; sin embargo estudios de la FAO, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego (Baroni *et al.* 2007).

La calidad del agua es un término relativo a su composición en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias, ya sean tóxicas o producidas por procesos naturales. Tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y por los gobiernos nacionales, en el caso de nuestro país, estos parámetros están regidos por el Ministerio del Ambiente (MAE), a través del TULAS. En el agua para uso agrícola, las sustancias disueltas no deberán pasar los valores expresados en los anexos 1 y 2 estipulados en este documento.

Existen algunos factores para determinar la calidad del agua, no solamente factores físico-químicos sino también factores biológicos como indicadores naturales, en el caso del presente estudio se empleó el plancton como un indicador biológico de calidad del agua.

La contaminación del agua es la acción o efecto de añadir al agua algún material o condición, de modo directo o indirecto que impliquen una alteración desfavorable de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales. Según la OMS, el agua está contaminada cuando su composición se ha alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del ser humano y de los animales (Baroni *et al.* 2007).

En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina auto depuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible. Los principales contaminantes del agua son:

Aguas residuales que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua); agentes infecciosos; nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas (éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables); productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos; petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales; minerales inorgánicos y compuestos químicos; sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos; sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos (Baroni *et al.* 2007).

El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (Baroni *et al.* 2007).

La presencia de plaguicidas se ha constatado en los acuíferos de todos los países desarrollados. Las técnicas analíticas actuales no permiten detectar algunos fitosanitarios o sus productos de degradación a concentraciones muy bajas, es posible que los estudios realizados sean poco realistas, pues el muestreo representativo de pesticidas es bastante complejo, y los elevados costos de los análisis han limitado a unas pocas las sustancias rastreadas. En definitiva, no se conoce exactamente la contaminación por fitosanitarios de las aguas subterráneas, pero si se sabe con certeza que estos productos están presentes en los acuíferos de todas las regiones con agricultura intensiva (Baroni *et al.* 2007).

Una medida para evitar la contaminación intensiva en el sector agrícola es la agricultura ecológica que se basa en el control de las plagas y enfermedades de una manera lo más natural posible, consiguiendo un equilibrio en la parcela que impida la proliferación de los patógenos a niveles que causen daños. Se procura la mayor diversidad posible, se potencia la presencia de enemigos naturales de las plagas, se realizan asociaciones y rotaciones de cultivos y se selecciona las variedades más rústicas y adaptadas a la zona (Baroni *et al.* 2007).

Cuando es necesario realizar algún tratamiento se emplean productos naturales que resulten inocuos tanto para el ambiente como para la salud de las personas y se degradan rápidamente en sustancias que no presentan ningún riesgo (Baroni *et al.* 2007).

Otra manera de reducir la contaminación del agua es empleando métodos de control biológicos, físicos y culturales, como en el caso de trampas con las que se capturan las plagas, medida que en algunos casos puede ser suficiente. En otros casos, el control de una plaga puede realizarse a través de labores culturales como el laboreo, el riego o la poda (Baroni *et al.* 2007).

5. ANTECEDENTES

Cuando se estudia la contaminación del agua es importante considerar su relación con el suelo. En otros, se analizan los efectos que produce la gama de contaminantes químicos que se utiliza en los cultivos y que a través de las partículas del suelo llegan a los ríos y a las fuentes hídricas subterráneas y por otra parte, las consecuencias que el riego con aguas contaminadas puede acarrear en los cultivos (Párraga, 2006).

En los últimos años se ha incrementado notablemente el uso de fungicidas e insecticidas. Grandes cantidades de pesticidas se utilizan en las plantaciones (monocultivos) de la Costa y Oriente; en menor medida en los productos de la Sierra. Sin embargo, su utilización no se realiza con las debidas precauciones, pues quienes los usan desconocen generalmente sus efectos sobre el ecosistema (Párraga, 2006).

En Ecuador, el 86% de la población es rural, de ella menos del 40% posee servicios de saneamiento básico, no más del 15% posee alcantarillado y casi la mitad no posee energía eléctrica (Párraga, 2006).

La creciente actividad agropecuaria en el país, estimada en una superficie de 12,654.242 hectáreas (FAO, 2004), demanda un elevado uso de agroquímicos, que sumado a malas prácticas agrícolas resulta en un excesivo uso de pesticidas que se convierten en una de las principales fuentes de contaminación del agua (Párraga, 2006).

El tratamiento del agua se encuentra comúnmente basado en procesos mecánicos, físicos, químicos y biológicos, pero estos procesos no son efectivos en la degradación de los compuestos biorecalcitrantes; por ello se requieren procesos de adsorción de carbón activado, ozono y oxidación (Párraga, 2006).

Los procesos avanzados de oxidación (PAOs) se consideran con alto potencial en el tratamiento de aguas a nivel universal y están caracterizados por la producción de radicales hidroxilos, que pueden ser generados por medios fotoquímicos (incluida la luz solar) o por

otras formas de energía, y poseen alta efectividad para la oxidación de materia orgánica (Párraga, 2006).

El proceso de detoxificación solar es una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos no biodegradables, esta tecnología se basa en colectores térmicos modificados para optimizar la eficiencia óptica en la captación de la radiación solar UV. En los últimos años, este proceso se ha desarrollado ampliamente debido a su gran componente ambiental (Párraga, 2006).

Se estima que actualmente más de 50 millones de personas de América Latina y el Caribe no tienen acceso a agua segura. La situación se agrava en regiones agrícola-ganaderas, donde se usan plaguicidas y fertilizantes químicos de alta, media y baja toxicidad. Por ello, la desinfección solar del agua podría ser una alternativa viable para nuestros países que cuentan con economías inestables incapaces de sostener proyectos de altas implicaciones económicas, pero si de llevar a cabo alternativas tecnológicas de alto impacto social (Párraga, 2006).

En Ecuador aún no se han realizado estudios oficiales y sistemáticos sobre la presencia de residuos de plaguicidas en alimentos, pese a la gravedad del problema. Se dispone únicamente de análisis puntuales que ponen en evidencia que los alimentos constituyen una fuente de contagio significativa para la población; sin embargo, la causa de esas afecciones no es sólo de carácter bacteriológico y parasitario, sino también químico, consecuencia del consumo de alimentos contaminados por insecticidas y pesticidas (Párraga, 2006).

Las comunidades de plancton son buenos indicadores biológicos por ser de pequeño tamaño, tener un ciclo de vida corto y su reproducción es alta por lo que se usan a estos organismos como indicadores de contaminación en el agua, especialmente las especies de Diatomeas (Conde-Porcuna *et al.* 2002).

6. JUSTIFICACIÓN

La zona en la que se realizó el estudio se encuentra en la Parroquia de Puéllaro, dentro de un valle con remanentes de bosque seco interandino y áreas cultivadas.

A pesar de que la agricultura es la que más aportes económicos da a la zona, está provocando daños ambientales (Conde-Porcuna *et al.* 2002). Adicionalmente, el desecho de desperdicios en los canales de riego también podría ser otra causa para que las condiciones de salud ecológica del agua se deterioren.

Es importante mantener la estabilidad de un ecosistema, cuidando los factores bióticos y abióticos del mismo, y con más razón si éste recurso es la base para la producción agrícola y para mantener los remanentes de bosque seco interandino que están desapareciendo en Ecuador (Conde-Porcuna *et al.* 2002).

El plancton, al igual que todos los organismos vivos del planeta, tienen un nicho ecológico en el ecosistema acuático por lo que es importante tener cuidado con estos organismos, las comunidades de plancton son importantes en la cadena alimenticia acuática ya que son la base de la misma, esto quiere decir que son los primeros organismos a consumirse en la cadena, los animales más desarrollados consumen plancton y así sucesivamente.

La composición y estructura de las comunidades de plancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos, entendido como la relación entre el estado de nutrientes en un cuerpo de agua y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo (Conde-Porcuna *et al.* 2002).

Las poblaciones rurales son las que están más propensas a enfermedades por consumo de aguas contaminadas, por lo que es necesario el desarrollo de tecnologías económicas y eficientes no sólo en la desinfección microbiológica, sino también en el tratamiento de compuestos orgánicos (Párraga, 2006).

Por consiguiente, el presente estudio aporta con soluciones para reducir la desaparición del plancton en este recurso tan importante y mantener el equilibrio en la funcionalidad ecosistémica, a través de la capacitación de los pobladores para que empleen una práctica agroecológica adecuada; en el caso de las avícolas y florícolas se debe buscar alternativas de tratamiento del agua como la incorporación de tuberías que no tengan filtraciones y así no contaminar el resto de cultivos, también se deberían implementar sistemas de tratamiento de agua.

7. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El trabajo de campo y laboratorio se lo realizó en cuatro meses (agosto, octubre, noviembre y diciembre del año 2011), una campaña por mes, el trabajo de campo se lo realizó en una semana y el trabajo de laboratorio igualmente en una semana, se tomaron datos biológicos y físico-químicos en los cuerpos de agua de interés. Las muestras se tomaron de tres vertientes que proveen de agua a la Parroquia Puéllaro, en cada vertiente se trabajó en tres puntos (Figura 1), teniendo un total de nueve puntos abordados; se tomaron dos muestras por punto, con un total de 18 muestras por campaña.

Se emplearon materiales tanto en campo como laboratorio, en la Tabla 1 se muestran los materiales empleados en el estudio.

Antes y después de la investigación se realizó una socialización con la gente de la parroquia para que sepan de los objetivos, alcances y beneficios que se obtendrían con el estudio, esto se logró con charlas (exposiciones).

Tabla N° 1: Materiales empleados en campo y laboratorio.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio
Formalina (4ml de formol + 100ml de agua destilada)	Microscopio
Red Surber	Centrífuga
18 frascos de 100ml	6 embudos de decantación
Oxigenómetro	6 soportes universales
Multiparámetro	6 pinzas y nueces
Termómetro	4 frascos de 400ml
Libreta de campo	4 frascos de 250ml

Lápiz	4 frascos de 100ml
18 etiquetas adhesivas	Embudo pequeño
Cámara fotográfica	Probeta de 50ml
	18 tubos de vidrio (para cada campaña, en total 72 tubos)
	6 portaobjetos
	Pipeta plástica
	Laptop
	Cámara fotográfica
	Libreta de apuntes
	Lápiz

7.1 Área de Estudio

La parroquia de Puéllaro se encuentra en el sector noreste del Distrito Metropolitano de Quito, en las estribaciones australes del Nudo de Mojanda Cajas que separa las hoyas de Chota y Guayllabamba. El cauce del río Guayllabamba está en el límite sur de la parroquia y provoca profundas sinuosidades. Los núcleos poblacionales se encuentran a unos 300 metros en promedio sobre el nivel del cauce del río Guayllabamba (Quizhpilema, 2009).

La configuración superficial de la parroquia de Puéllaro es quebradiza producida por las cumbres de los cerros La Luz, Pinllipungo, Nachiburo, Magotilla, al norte; Cochabamba, Agato, y Sacchapungo, al noreste; la Loma del Panteón al sur. Quebrada La Merced al norte y quebrada Munango al Sur (Tabla 2). La desembocadura del río Guayllabamba por el sector noroccidental de la Hoya del mismo nombre produce variaciones en el clima; Aloguincho y Coyagal son sitios altos en los cuales existe un clima templado, la cabecera parroquial tiende a ser templado cálida y las zonas que están a orillas del río Guayllabamba, presentan clima caliente (Quizhpilema, 2009).



Figura N° 1.- Mapa de los 3 puntos en cada vertiente donde se tomaron las muestras.

- Vertiente 1 (La Merced)
- Vertiente 2 (Centro)
- Vertiente 3 (Piango)

Los límites de la parroquia son los siguientes: Al Norte: las parroquias; Perucho, Atahualpa y Chavezpamba; al Este y Sur: el cantón Pedro Moncayo; y al Oeste: la Parroquia San Antonio de Pichincha del Distrito Metropolitano Quito (Quizhpilema, 2009).

La superficie territorial de la parroquia es de 68.65km² con aproximadamente 7000 habitantes. Está ubicada a 00°03'804" de latitud Norte y 78°24'354" de longitud Oeste. A 2081m.s.n.m.

Según el sistema de clasificación vegetal de Sierra (1999), la Parroquia de Puéllaro pertenece al matorral seco montano, el cual corresponde a los valles secos entre 1400 y 2500 m.s.n.m. Según Acosta Solís (1966), el promedio anual de precipitación y temperatura está entre los 360 y 600 mm y los 18 y 22°C. A lo largo de los ríos que atraviesan estos valles, la vegetación es más densa y verde y la tierra es apta para la agricultura. La vegetación puede ser espinosa pero las plantas armadas no dominan. Fuera de la zona de influencia de los ríos, la vegetación es verde solamente en épocas de lluvia. La flora característica es: *Aloe vera* (Aloeaceae); *Opuntia soederstromiana*, *O. pubescens*, *O.*

tunicata. (Cactaceae); *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae); *Talinum paniculatum* (Portulacaceae); *Tecoma stans* (Bignoniaceae); *Acacia macracantha*, *Mimosa quitensis* (Mimosaceae); *Croton wagneri*, *C. elegans* (Euphorbiaceae); *Caesalpinia spinosa* (Caesalpiniaceae). En sitios más húmedos: *Schinus molle* (Anacardiaceae); *Salix humboldtiana* (Salicaceae); *Tillandsia recurvata*, *T. secunda* (Bromeliaceae) (Sierra, 1999). Generalmente el suelo es arenoso (70%) y arcilloso (30%). Sus características varían según la distancia entre el lugar y el cauce del río Guayllabamba. En las partes altas existe arcilla y humus como en la comuna Aloguincho y Coyagal; en los valles el suelo es sedimentario de fácil roturación y apto para el cultivo. Es una zona volcánica producida por erupciones de volcanes anteriormente activos: Pululahua y Mojanda, razón por la que el suelo es fértil (Quizhpilema, 2009).

En la Parroquia de Puéllaro los agroquímicos más adquiridos y utilizados son el Antracol, Cuprofix y Triziman como fungicidas, el Aglyfoin como herbicida y el abono químico como fertilizante. Y los cultivos más generados son los de tomate de árbol y fréjol (Rodríguez, 2011). También se debe tomar en cuenta las avícolas que existen en la parroquia y las florícolas ya que éstas pueden influir significativamente en la contaminación del agua.

7.2 Toma de muestras y procedimiento

Se identificaron las tres vertientes principales que proveen de agua de riego a la parroquia de Puéllaro, y en cada una de ellas se determinaron tres puntos para la toma de muestras. El punto control en cada vertiente, el segundo punto fue aproximadamente a la mitad del trayecto y el tercer punto fue al final del trayecto (Tabla 2)

Tabla N° 2: Ubicación de los puntos de muestreo y descripción de su entorno paisajístico.

	Vertiente 1	Vertiente 2	Vertiente 3	Descripción
Punto 1	N 0790469 UTM 0007972	N 0790482 UTM 0007793	N 0791083 UTM 0005980	Todos los puntos 1 de las vertientes son los puntos de control.

Punto 2	N 0789295 UTM 0007589	N 0789830 UTM 0007703	N 0788095 UTM 0005905	V1.2: se encuentra pasando una avícola en el barrio la Merced. V2.2: se encuentra en la cancha del barrio la Ciénega. V2.3: se encuentra en el reservorio de agua para riego, pasando la florícola.
Punto 3	N 0788936 UTM 0007548	N 0789684 UTM 0007541	N 0787785 UTM 0006280	V1.3: se encuentra al finalizar el barrio la Merced. V2.3: se encuentra al finalizar el barrio la Ciénega. V3.3: se encuentra al finalizar la zona San José, pasando una avícola.

Se utilizaron dos métodos para tomar las muestras bióticas (plancton), la primera fue con una red surber (método cuantitativo) que es usada para obtener muestras cuantitativas, consta de un marco metálico al cual está sujeta una red de nylon (Roldán 1996), el marco tiene una medida determinada (30 cm. x 30 cm) nos sirve para delimitar el área de muestreo y para calcular el índice de diversidad y riqueza de las especies con relación a una unidad de superficie, también se usa esta red en zonas de poca profundidad del agua con especies de plancton de menor tamaño. El marco se colocó sobre el sustrato y seguidamente con las manos se removió el material dentro del área enmarcada, el plancton quedó atrapado en la red colocada contracorriente (Figura 2).



Figura N° 2.- Red Surber utilizada como método cuantitativo para la captura de plancton.

La segunda metodología utilizada en campo para tomar muestras de plancton fue solamente con un frasco sin utilizar red (método cualitativo) que sirve para la determinación general de las especies existentes de plancton (Figura 3).



Figura N° 3.- Toma de muestras de agua utilizando solamente un frasco para determinar de forma cualitativa las especies de plancton.

En total se obtuvieron 18 muestras para analizar los elementos bióticos (fitoplancton y zooplancton como bioindicadores).

Se realizaron muestreos *in situ* de la físico química del agua en cada uno de los puntos utilizando el **Oxigenómetro** el cual mide el porcentaje de saturación del oxígeno en el agua que es la lectura de oxígeno disuelto en mg/l dividido para el 100% del valor de oxígeno disuelto en el agua (a la misma temperatura y presión del aire), mientras que la concentración de oxígeno indica cuanto oxígeno existe en el agua en cada punto de muestreo; se utilizó también un equipo automático **Multiparámetros** el cual mide el pH (potencial de hidrógeno) que es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, (concentración de iones hidronio presentes en una sustancia); la conductividad que es la habilidad para poder conducir o transmitir el calor, electricidad o sonido a través del agua y los sólidos totales suspendidos o el residuo no filtrable de una muestra de agua, son las partículas que quedan suspendidas en las muestras de agua por ser insolubles en ella, y el **Termómetro**, para determinar, la temperatura del agua (Vernier, 2006) (Figura 4).



Figura N° 4.- Equipos utilizados en campo (oxigenómetro, multiparámetro y termómetro) para la determinación de valores físico-químico del agua en los nueve puntos de muestreo.

Se analizaron las muestras en el laboratorio de la UIDE para determinar las especies de fitoplancton y zooplancton existentes en cada una.

Se identificaron las especies de plancton existentes en las muestras llegando hasta nivel de género, para ésto se usó el microscopio y claves taxonómicas de algunos especialistas, (Anagnostidis y Komárek 1988; Anton y Duthie 1981; Bourelly, 1990; Carter, 1981; Coesel, 1979; Huber-Pestalozzi, 1955; Komárek y Anagnostidis 1989; Krammer y Lange-Bertalot 1991 y Schmidt-Rhaesa, 2008).

Se realizaron análisis físico-químicos del sedimento y del agua en el laboratorio de Química de la Universidad Central del Ecuador para determinar nutrientes (Silicio,

Fósforo, Nitrógeno, Carbonatos y Bicarbonatos) y pesticidas (organofosforados y organoclorados) existentes en los cuerpos de agua mencionados (Anexos 3- 7).

Se realizaron 4 campañas con el procedimiento indicado anteriormente, la primera campaña se realizó en agosto, la segunda en octubre, la tercera en noviembre y la cuarta en diciembre del 2011; las campañas fueron en meses seguidos porque la variación del clima en las zonas de muestreo no es muy significativa y porque los ciclos de cultivo son cortos.

7.2.1 Análisis de datos

El Índice biológico utilizado fue el de Shannon, este índice es utilizado mayormente en ecología y sirve para determinar los patrones de biodiversidad de las especies en puntos de muestreo. La fórmula para calcular el índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde S es el número de especies o riqueza de especies, Pi es la proporción de individuos de una especie con respecto al total de individuos, es decir, la abundancia

relativa de la especie: $\frac{n_i}{N}$ Donde n_i es el número de individuos de la especie y N es el número de individuos de todas las especies (Smith, 2000). El índice de Shannon indicó la diversidad de las especies en cada punto, la máxima expresión de la diversidad puede llegar a 1 y mientras el valor se aproxima más a 0, la expresión de diversidad es menor.

Se tomaron en cuenta las variables ambientales (conductividad, sólidos suspendidos, pH y oxígeno disuelto) contenidas en el agua. Se midieron estas variables para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) utilizando los factores físico-químicos, la fórmula del ICA es la siguiente:

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i]^{P_i}$$

Donde Q_i es cada parámetro tomado en campo, W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro, resultado de los valores permisibles establecidos en el TULAS y PI representa la operación multiplicativa de las variables Q_i elevadas a la W_i (Fernández, 2001).

Junto con el ICA también se tomaron en cuenta los factores bióticos para el cálculo del IBA (Índice Biológico de Calidad del Agua), para calcular el IBA se empleó el OPI (Índice de Polución Orgánica de Palmer), este índice tiene dos derivaciones: una para géneros y otra para especies. En el caso del presente estudio, se utilizó el OPI a nivel de géneros. Este índice considera 20 de las algas más tolerantes, las cuales Palmer (1969) derivó de los registros obtenidos de la literatura; además toma en cuenta que un alga es registrada como presente si tiene una densidad mayor de 50 organismos por ml. El índice es la suma de los registros de algas presentes, por lo tanto se expresa como:

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} \text{valor del índice para cada género.}$$

Si el OPI genera un valor de 20, se considera que existe una alta contaminación orgánica. Los valores designados por Palmer a cada uno de los respectivos géneros aparecen en la Tabla 7 (Roldán, 2008).

De manera paralela a los cálculos mencionados, se realizó una revisión bibliográfica sobre el plancton encontrado en las muestras para determinar sus aspectos ecológicos y su función como bioindicadores en el recurso agua.

7.3 Vinculación con la comunidad

Fue importante incluir a la comunidad en este proyecto porque es la primera afectada por el mal uso del agua, por lo que una capacitación informal fue primordial y así lograr que la misma se beneficie con algunos de los resultados del proyecto.

La capacitación se la realizó a través de charlas en las que incluyeron exposiciones acerca del proyecto, los objetivos del estudio, cómo, cuándo, dónde se realizó el trabajo, los

resultados obtenidos y las medidas para realizar una agroecología mejor fomentada en la parroquia (Figura 5).



Figura N° 5.- Sr. José Cevallos, presidente de la Asociación de Agricultores (2011) y María José Escobar, responsable de la investigación, dando la exposición inicial del proyecto (objetivos, metodología y resultados esperados).

Este estudio contribuyó a ser un elemento de vinculación con la sociedad ya que incluyó la participación de los habitantes de la parroquia con el beneficio de tener un mayor conocimiento acerca del tema de cómo y porqué realizar una agricultura sostenible y así mejorar sus cultivos, lo cual ayudaría a mejorar sus productos y su economía; no se hizo el estudio sin hacer un previo aviso a los habitantes locales, sino que se mantuvo el contacto con los agricultores y se realizaron entrevistas (Anexo 4), lo que hizo posible una participación e interacción continua con la comunidad.

8. MARCO TEÓRICO

8.1 Agricultura

8.1.1 Agricultura Tradicional

La agricultura está arraigada en la cultura en que ocurre. Ésta se basa en un conocimiento que se ha ido acumulando por muchas generaciones debido a la experiencia campesina, diferente a la agricultura moderna y tecnificada.

A través de años de experiencia, los campesinos conocen su terreno como si formara parte de su indumentaria por lo que han llegado a manejar hábilmente tanto las posibilidades como las imposibilidades de su tierra. En algunas ocasiones, la agricultura tradicional ha alimentado de manera sostenible a mucha gente como por ejemplo la densidad poblacional de los mayas en su época de grandeza fue unas 4 a 20 veces más alta que la actual (Driever y Hoy, 1984).

Muchas culturas relacionan las fases de la luna con los procesos laborales en el campo pero esto ha sido rechazado dentro del curso científico occidental. Un estudio empírico de Kolisko (1978) concluyó que la luna influye en el movimiento del agua dentro de la planta, por lo tanto, en su crecimiento. Otro de los conceptos que utilizan los campesinos en la agricultura tradicional es que la tierra, la *pachamama* es más generosa cuando se tiene con ella mayor cuidado.

Por otro lado, como la agricultura tradicional se desarrolló en estrecha intimidad con las necesidades de la sociedad, una sociedad que dependía mucho de la naturaleza, el manejo del medio se ha transformado en una manera de vivir, es decir, existen normas o tabúes en la sociedad que contienen un claro mensaje ecológico no siempre realizado de una manera consciente (Driever y Hoy, 1984).

Se toma en cuenta a la agricultura ecológica dentro de la tradicional pero ésta, sin embargo, es más bien una reacción intelectual a la agricultura moderna convencional que carece del fondo técnico histórico de la agricultura tradicional. A pesar de que rechaza muchos de los postulados de la ciencia dominante, posee un modo de pensar urbanista más

cercano al pensamiento científico que al pensamiento campesino. El proceso de producción de la agricultura ecológica y el proceso de consumo de nuestra sociedad son difíciles de cohesionar porque son generados por diferentes fondos de valores sociales, económicos, culturales y éticos. La agricultura tradicional puede ser una manera de vivir, mientras que en las sociedades europeas actualmente la agricultura ecológica todavía no lo puede ser.

La agricultura tradicional es distante a la agricultura ecológica por la manera en que se ha generado y la forma en que expresa el conocimiento sobre el uso de la tierra, y por el fuerte vínculo que establece entre producción y consumo (Driever y Hoy, 1984).

8.1.2 *Agricultura Moderna*

Hasta hace 4 décadas, los rendimientos de los cultivos dependían de los recursos internos, el reciclaje de materia orgánica, los mecanismos de control biológicos y el patrón de lluvia. Los rendimientos agrícolas eran modestos pero a su vez, estables. La producción era más asegurada porque no se sembraba un solo tipo de cultivo sino que eran policultivos, lo cual ayudaba a que los cultivos estén seguros contra plagas o la severidad del clima. En este tipo de agricultura, la relación entre agricultura y ecología era muy fuerte y no eran evidentes los signos de degradación ambiental (Conway y Pretty, 1991).

Muchos científicos agrícolas han llegado a la conclusión de que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental. Muchas personas se han preocupado sobre la sostenibilidad a largo plazo de los actuales sistemas de producción de comida. Los problemas de la agricultura moderna no solo son ambientales sino también económicos y sociales (Conway y Pretty, 1991).

Hoy, en la medida en que los agricultores se integran a la economía internacional, los imperativos para diversificar desaparecen y los monocultivos son los premiados por las economías. Esto hace que los monocultivos sean altamente vulnerables y dependientes de altos insumos químicos.

Los monocultivos se han incrementado dramáticamente a través de todo el mundo, pero mayormente en la expansión geográfica de suelos dedicados a un solo cultivo. Hay fuerzas políticas y económicas influenciando la tendencia a dedicar grandes áreas al monocultivo.

Una de las tecnologías que permiten el cambio hacia el monocultivo es la mecanización, otra es el mejoramiento de variedades de cultivos y el desarrollo de agroquímicos para la fertilización y control de plagas y malezas. El resultado de haber empleado estas tecnologías aprobadas gubernamentalmente, es que hoy existen menos granjas, más grandes, más especializadas y con requerimientos más intensivos de capital (Conway y Pretty, 1991).

Con el empleo de monocultivos, los ciclos de nutrientes, energía, agua y desperdicios se han vuelto más abiertos, en vez de cerrados como en los ecosistemas naturales. También han aumentado la inestabilidad y susceptibilidad a las plagas en los agroecosistemas. Cuando cultivos específicos se expanden más allá de su espacio natural hacia regiones de alto potencial de plagas o con limitada agua o baja fertilidad del suelo, se requiere intensificar el control químico para superar esos factores limitantes.

Las evidencias indican que la excesiva dependencia de los monocultivos y los insumos agroindustriales, como las tecnologías de capital intensivo, pesticidas y fertilizantes químicos han impactado negativamente el ambiente y la sociedad rural (Conway y Pretty, 1991).

Cuando apareció la agricultura moderna, fue necesario el implemento de tecnología y productos químicos, todo lo cual desembocó a la denominada Revolución Verde.

8.1.3 *Revolución Verde*

La revolución verde involucró un adelanto tecnológico en el sector agrícola y en menor grado en la ganadería. Ésta aparece después de la Segunda Guerra Mundial ya que nos vimos en la necesidad de producir mayores cantidades de alimentos bajo el supuesto de abastecer a las poblaciones hambrientas del mundo, esto hizo que la agricultura diera un giro sin precedentes en la historia que impulsaría a las naciones dominantes a un nuevo proceso de industrialización.

Históricamente la producción agrícola se ha basado en el trabajo humano y animal, sembrando semillas que se producían en el lugar de origen, compost y estiércol, rotación y combinación de cultivos y barbecho para mantener la fertilidad de los suelos. En el siglo XX, esto fue interrumpido por la nueva dependencia de insumos externos como las maquinarias para labranza y cosecha, combustibles para que éstas funcionen, y el uso de agroquímicos; todo esto estimuló la especialización por medio de los monocultivos (Horowitz, 2000).

Los científicos han afirmado que la gran necesidad de agua de riego y sustancias químicas que requieren las variedades de alto rendimiento representan un peligro para la calidad de los acuíferos. Hoy la Revolución Verde tiene el reto de contribuir a una agricultura que sea tanto ambiental como sustentable económicamente.

En la década de los sesenta, se le llamó Revolución Verde al término que involucraba un incremento en la producción agrícola como respuesta al adelanto tecnológico. Los avances fueron desarrollados en el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). La finalidad de esto consistía en aumentar los rendimientos por unidad de superficie, esto se logró mediante el uso excesivo de agroquímicos (Borja, 1997).

La Revolución Verde no resultó ser aplicable como se pensó en un principio ya que para que ésta resulte eficiente se debe emplear abundante agua y uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas. La degradación del suelo y la contaminación ambiental y de

los seres vivos, así como los efectos sociales adversos fueron aspectos negativos generalizado de la Revolución Verde en todo el mundo (Borja, 1997).

Al ver que la Revolución Verde no es la solución para la agricultura actual, se buscaron nuevas alternativas para que la agricultura sea más amigable con el ambiente por lo que llevó a que aparezca la agricultura sostenible.

8.1.4 *Agricultura sostenible*

La agricultura sostenible es aquella que, en el largo plazo, contribuye a mejorar la calidad ambiental y los recursos básicos de los cuales depende la agricultura, satisface las necesidades básicas de fibra y alimentos humanos, es económicamente viable y mejora la calidad de vida del productor y la sociedad toda (Condiza, 1998).

Frente a una agricultura en decadencia, agricultores desmotivados, población urbana desesperada por el costo de los productos, aparece la propuesta de una actividad agrícola para el siglo XXI, la cual incluye los siguientes aspectos:

No debe destruir los recursos naturales.

No contaminar el ambiente.

Suficiente cantidad.

Rentable para el agricultor.

Barata para el consumidor.

Por tanto, el segundo paso consistió en cómo alcanzar estos objetivos propuestos.

En primer lugar se debe cambiar el paradigma mental con relación a que el campesino es rudo e ignorante que trabaja incansablemente toda su vida sobre el surco y a quien se puede ignorar, marginar, utilizar o explotar según la ocasión y los intereses. Un

cambio de pensamiento y de actitud hacia la naturaleza y el campo, es el primer paso hacia la construcción de la estructura de una patria próspera y digna (Condiza, 1998).

El agricultor moderno no debe hacerse por tradición u obligado por el entorno y la falta de oportunidades, porque será un agricultor inepto que destruye la tierra, la contamina, erosiona, envenena a sus vecinos y a los consumidores; ese tipo de agricultores y agricultura debe ser un capítulo terminado de la historia. El nuevo agricultor debe ser consciente y estar seguro de lo que hace además que debe tener una firme actitud positiva ante la vida. El agricultor de esta época debe ser un empresario del campo, un investigador de los ecosistemas y fenómenos del medio en el que se desempeña, un ingeniero que diseña, un comunicador de ideas y experiencias cotidianas. En conclusión, el campesino debe convertirse en un auténtico profesional especializado en el manejo adecuado de los recursos naturales y la producción (Cordiza, 1998).

La agricultura sostenible plantea diversos y complejos sistemas para reducir los efectos negativos que la naturaleza o el juego comercial de la oferta y la demanda, pueden tener en los agricultores (Cordiza, 1998).

8.2 Agua

8.2.1 *Concepto e importancia*

Líquido inodoro, incoloro e insípido compuesto por hidrógeno y oxígeno combinados (H₂O); refracta la luz, disuelve numerosas sustancias, se solidifica por acción del frío y se evapora por acción del calor (Apella, 2006). Abunda en la naturaleza y forma las lluvias, ríos, fuentes, lagos, mares y océanos (Tabla 3). Es de gran importancia para la vida en nuestro planeta. Constituye un recurso unitario que se renueva a través del ciclo hidrológico, conservándose una cuantía casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas (Apella, 2006). Sus temperaturas de evaporación y solidificación están en un punto en el que, en nuestro Planeta, le permiten estar en los tres estados. Es el componente mayoritario de los seres vivos, el portador de nutrientes de la naturaleza. Es el medio universal y único en el que se realizan las reacciones organobiológicas. (Apella, 2006).

El agua dulce es un bien y un recurso natural escaso. Es un medio irremplazable. Este líquido indispensable para la inmensa mayoría de las actividades económicas. Es un medio que no se puede aumentar por la voluntad humana. Es indispensable tanto para la vida interna como externa y también para el desarrollo de los seres vivos. Es un medio fácilmente vulnerable, susceptible de usos sucesivos. Es irregular en su forma de presentación en el tiempo y en el espacio. Su densidad máxima es de 1g/ cm³ a 4°C (Apella, 2006).

Tabla N° 3: Distribución del agua en la superficie total del planeta Tierra

Distribución	Porcentaje
Océanos y mares	97,20 %
Hielos y glaciares	2,15 %
Aguas subterráneas	0,62 %

Lagos y ríos	0,017 %
Atmósfera	0,001 %
Seres vivos	0,0001%

Fuente: (Apella, 2006).

El agua es un componente esencial de todo ser vivo, siendo el solvente general biológico. Se trata de una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo la sustancia más necesaria para la vida. Los organismos vivos son por ello dependientes del agua para su existencia. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo (Apella, 2006).

Posee una importancia cuantitativa ya que viene a representar el 75 % del cuerpo de los seres vivos. Esta proporción varía de unas especies a otras y de unos tejidos a otros.

La importancia del agua para las células vivas refleja sus propiedades físicas y químicas, propiedades que radican en su estructura molecular (Apella, 2006).

La función del agua en la ecología tiene un doble valor ya que por una parte es un elemento muy importante del ecosistema y es consecuentemente un activo social, por otra parte es generador de ecosistemas. La función ecológica del agua en sus dos vertientes fundamentales son el mantenimiento de los ecosistemas que le son propios y el vehículo de transporte de nutrientes, sedimentos y vida (Silva *et. al*, 2009).

8.2.2 Usos

Existen diferentes usos del agua, a continuación se mencionan algunos de ellos, según Silva *et al.*, 2009:

Para consumo doméstico: comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa, la higiene y el aseo personal.

Para consumo público: en la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, entre otros.

Para uso en la agricultura y ganadería: en la agricultura para el riego de los campos. En la ganadería para la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.

Para el uso en la industria: en las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción, entre otros.

Como fuente de energía: se aprovecha el recurso agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua). En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserraderos, entre otros).

Como vía de comunicación: desde tiempos pasados, el humano aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de los mares, ríos y lagos. En la actualidad, utilizamos enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportados por otros medios.

En el deporte y ocio: en los ríos, mares, piscinas y lagos se practican un gran número de deportes como vela, submarinismo, surf, natación, esquí acuático, waterpolo, rafting, patinaje sobre hielo, jockey, entre otros. Además pasamos parte de nuestro tiempo libre disfrutando del agua en las piscinas, playa, parques acuáticos, entre otros, o simplemente,

contemplando y sintiendo la belleza del agua en los ríos, cascadas, arroyos, olas del mar, etc.

8.2.3 Sistemas de tratamiento de agua

La sociedad cada vez reclama más agua pero no solamente en cantidad sino también en calidad, desgraciadamente se ha ido deteriorando día a día con el propio desarrollo lo que obliga a un tratamiento cada vez más amplio y técnicamente complejo del agua (Repetto, 1991).

Los objetivos perseguidos y conseguidos en las estaciones de tratamiento a lo largo de todo un proceso son la eliminación de materias en suspensión y en disolución que deterioran las características físico-químicas y organolépticas del agua, así como la eliminación de las bacterias y otros microorganismos que pueden alterar gravemente nuestra salud (Repetto, 1991).

El tratamiento del agua es un proceso de naturaleza físico-química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican un riesgo y la transforman en un agua apta para el riego (Repetto, 1991).

8.2.3.1 Tipos de tratamiento

Los tratamientos de agua se pueden clasificar de acuerdo con los componentes o impurezas a eliminar, parámetros de calidad, grados de tratamiento de agua (Repetto, 1991) (Tabla 4).

Tabla N° 4: Procesos a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.

Operación Unitaria	Tipo de Contaminante
Desbaste: Consiste en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiante, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla.	Sólidos gruesos
Coagulación+Floculación+Decantación: La coagulación desestabiliza los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado. La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que se puedan decantar. La decantación separa los agregados formados del seno del agua.	Partículas coloidales
Filtración: La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.	Sólidos en suspensión
Desinfección: Es una forma de asegurar que el agua está libre de <u>patógenos</u> . La clorinación es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua.	Gérmenes Patógenos
Precipitación por Oxidación: se realiza una precloración, que acelera la oxidación del hierro y permite la eliminación química del amoníaco.	Metales no deseados (Fe, Mn)
Osmosis Inversa: el agua es forzada a cruzar una membrana, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal son separados del agua.	Sólidos disueltos (Cl-, Na+, K+)

Fuente: (Repetto, 1991)

8.2.3.2 Parámetros de calidad

Las aguas superficiales destinadas al consumo humano se clasifican según el grado de tratamiento al que se deben someter para su potabilización:

Tipo A1: Tratamiento físico simple y desinfección.

Tipo A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.

Tipo A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección (Repetto, 1991).

Considerando un agua superficial, de río, embalse o subterránea, con unos problemas de calidad que estimamos como convencionales, el proceso o línea de tratamiento, considerando también convencional, consta de una serie de etapas más o menos complejas en función de la calidad del agua bruta objeto del tratamiento y se recogen en las siguientes secuencias:

- Preoxidación y desinfección inicial con cloro, dióxido de cloro u ozono, o permanganato potásico.
- Coagulación-Floculación, con sales de aluminio o de hierro y coadyuvantes de la floculación (polielectrolitos, polididadmas) coagulación con cal, sosa o carbonato sódico.
- Decantación, en diversos tipos de decantadores.
- Filtración sobre arena, o sobre lecho mixto (arena y antracita) y en determinados casos sobre lecho de carbón en grano.
- Acondicionamiento, corrección del pH por simple neutralización o por remineralización con cal y gas carbónico.

- Desinfección final con cloro, cloraminas, dióxido de cloro u ozono (Repetto, 1991).

Las instalaciones de tratamiento se complementan con la adición de carbón activo en polvo, para la eliminación de sustancias que provocan la aparición de olores y sabores, la adición de permanganato potásico para la eliminación de hierro y manganeso y en casos más conflictivos y constantes de presencia de sustancia orgánicas así como otras que pueden originar olores y sabores, se llega a la instalación de filtros de carbón activo en grano tras los filtros de arena (Repetto, 1991).

Actualmente, el tratamiento no solo tiene que seguir y mejorar procesos convencionales, sino que deberá abordar las nuevas causas de contaminación que no puedan eliminarse con tales procesos, recurriendo a otros métodos e incluso empleando otros reactivos complementarios (Repetto, 1991).

8.2.4 *Índice de Calidad del Agua (ICA)*

El término calidad del agua encierra por si mismo cierto grado de confusión pero a la vez ha sido muy criticado por algunos de los expertos en el tema (Sierra, 2011).

Calidad del agua es un concepto relativo que depende del uso que va a tener el agua o el sistema hídrico que se quiere evaluar. Dependiendo de si el agua se va a utilizar para consumo humano, riego, transporte de mercancías, fomento de la vida de los peces o mantenimiento del ecosistema con todas sus características funcionales, el sistema de evaluación de la calidad será diferente en cada uno (Sierra, 2011).

Se define como índice de calidad del agua a la expresión matemática que se calcula considerando tres aspectos:

- Aspectos fisicoquímicos: las concentraciones, tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua y los límites permisibles contemplados por el TULAS.

- Aspectos biológicos: la composición y estado de la biota acuática, expresados en índices de calidad.
- Aspectos exógenos: los cambios temporales y espaciales que son debidos a los factores intrínsecos y externos al sistema acuático en estudio. Por ejemplo, la canalización del cauce, la presencia de cultivos en las riberas de la corriente, etc.

La definición más acertada es la siguiente: Un índice de calidad del agua es la expresión numérica global o integrada en la cual se combinan factores naturales de tipo morfológico, geográfico y/o climático con las características fisicoquímicas y biológicas del agua, sin ignorar la estética de la zona y el entorno paisajístico, así como el nivel de intervención de la zona (Sierra, 2011).

8.2.4.1 Construcción de índices de calidad del agua

El proceso de construcción de un ICA puede resumirse en la realización de tres pasos:

Primer paso: definir el o los objetivos para el cual se va a utilizar el ICA. A continuación se citan varios casos en los cuales se puede utilizar un ICA en un estudio de calidad del agua:

- Un ICA puede emplearse para establecer objetivos de calidad del agua.
- Los ICA pueden ser utilizados como herramientas de gestión.
- La evaluación continua de un ICA puede mostrar la tendencia en el tiempo del estado de contaminación de un recurso hídrico (Sierra, 2011).

Segundo paso: seleccionar los parámetros por incluir en el ICA. Normalmente, la selección de los parámetros por incluir en el ICA está relacionada con el presupuesto disponible; se recomienda que los parámetros que se elijan sean representativos de los aspectos que se desea valorar (Sierra, 2011).

Tercer paso: formular la expresión matemática para calcular el ICA. Para construir la ecuación se procede de la siguiente manera:

1. Se establece el rango de variación del ICA y convenciones aplicables. Las corrientes se clasificarán así:

Valor ICA	Convención	Significado
9 – 10	AZUL	Recurso hídrico en estado natural. Agua de muy buena calidad.
7 – 9	VERDE	Recurso hídrico levemente contaminado. Agua de buena calidad.
5 – 7	AMARILLO	Recurso hídrico regularmente contaminado. Agua regularmente contaminada.
2.5 – 5	NARANJA	Recurso hídrico contaminado. Agua altamente contaminada.
0 – 2.5	ROJO	Recurso hídrico muerto. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.

Fuente: (Sierra, 2011).

2. Se agrupan los parámetros o variables seleccionadas en los términos que representan los aspectos por evaluar. Se puede tener el número de términos que se desee (Sierra, 2011).
3. Para establecer la importancia que tiene cada uno de los términos en el valor total del ICA, se le asigna un peso a cada término (Tabla 5).

Tabla N° 5: pesos asignados a cada parámetro.

Parámetro	Unidad	Valor de W
Oxígeno Disuelto	OD-% Sat.	0.103
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO-mg/l	0.096
Demanda Química de Oxígeno	DQO-mg/l	0.053
Grado Acidez/Alcalinidad	pH	0.063
Sólidos Suspendidos	SST-mg/l	0.033
Coliformes Totales	ColiT-#/100ml	0.083
Coliformes Fecales	ColiF-#/100ml	0.143
Nitratos	NO3-mg/l	0.053
Amonios	NH3-mg/l	0.043
Fosfatos	PO4-mg/l	0.073
Fenoles	Fenol-ug/l	0.033
Temperatura	T-°C	0.043
Alcalinidad como CaCO3	AlcT-mg/l	0.055
Dureza como CaCO3	DurT-mg/l	0.058
Cloruros	Clor-mg/l	0.068

Fuente: (Sierra, 2011).

8.2.4.2 Índices de calidad con base en las características físico-químicas del agua

Cuando se decide evaluar la calidad del agua con un ICA empleando únicamente parámetros fisicoquímicos, se debe tener en cuenta que existen diferencias con respecto a la no inclusión de parámetros biológicos. Las ventajas de la utilización de los índices biológicos se centran especialmente en la integración que se produce cuando se usan

adecuadamente y su relativo bajo costo. Por otra parte, los problemas de estandarización de índices biológicos es difícil de lograr y demandan un alto esfuerzo (Sierra, 2011).

8.2.4.3 Índices biológicos de calidad del agua (IBA)

Las características de la biota existente son consideradas como buenos indicadores del estado de calidad del agua de un recurso hídrico. La selección del grupo indicador es lo primero que se realiza cuando se va a utilizar un índice biológico, ya que el grupo condiciona muchos aspectos.

Las características del grupo indicador deben dar el perfil del indicador ideal que debería incluir:

- Facilidad de identificación taxonómica.
- Facilidad de muestreo.
- Amplia distribución.
- Que exista una buena información acerca del grupo.
- Que sea sedentario.
- Abundante.
- De larga vida.
- De tamaño grande.
- Que se pueda cultivar en el laboratorio.
- Que sea poco variable genéticamente.
- Que su papel en la comunidad sea poco variable (que ocupe siempre el mismo nivel trófico)

No existe ningún indicador ambiental que reúna todas las condiciones anteriores, por lo tanto se debe buscar entre los muchos grupos aquel grupo o grupos que reúnan la mayoría de las cualidades que se enumeraron anteriormente (Sierra, 2011) (Tabla 6).

Tabla N° 6: valoración de los diferentes grupos según su mayor (3) o menor (1) adecuación a las características del indicador biológico.

<i>Características</i>	<i>Bacterias</i>	<i>Protozoos</i>	<i>Algas</i>	<i>Macroinvertebrados</i>	<i>Micrófitos</i>	<i>Peces</i>
Taxonomía	2	1	1	3	3	3
Muestreo	2	2	2	2	3	1
Distribución	3	3	3	2	2	1
Información	1	1	2	2	2	2
Int. Económico	2	1	1	1	2	2
Bioacumulación	1	1	1	2	2	3
Laboratorio	2	1	2	2	2	1
Genética	1	1	2	2	2	1
Nivel Trófico	1	1	1	3	1	2
Sedentaridad	1	1	2	2	3	1
Abundancia	2	2	3	3	1	1
Ciclo de Vida	1	1	1	2	2	2
Tamaño	1	1	1	3	3	3
Variabilidad	1	1	2	2	3	1
Uso (%)	15	17	25	26	5	6

Fuente: (Sierra, 2011).

Según la Tabla 6, los indicadores biológicos más adecuados son los macroinvertebrados y las algas, con mayores cualidades para ser utilizados como bioindicadores (Sierra, 2011).

En este sentido, en varios estudios se utilizaron la presencia y abundancia de especies de diatomeas, algas verdes y cianobacterias para la obtención de un índice de estado trófico, que a través de un índice compuesto y un índice de polución orgánica (índice

de Palmer), permiten evaluar el estado de salud ecológica de las vertientes (Junshum, 2008).

El índice compuesto se lo calcula sumando el número de taxones de todos los géneros encontrados.

Índice Compuesto = N° taxones de Cianobacterias + Diatomeas + Algas Verdes

Si el índice es < 1 el estado de salud ecológico del agua es Oligotrófico

Si el índice es > 3 el estado de salud ecológico del agua es Eutrófico

Si el índice está entre 1 y 3 el estado de salud ecológico del agua es Mesotrófico (Junshum, 2008).

8.2.5 Índice de polución orgánica de Palmer

Este índice se basa en una tabla desarrollada por Mervin Palmer en 1969, producto del estudio y recopilación de información de las especies más tolerantes a la contaminación orgánica. En esta tabla se muestran los 20 géneros de fitoplancton más tolerantes a la contaminación, se les asigna un valor de 1 a 5 como índice para valorar su tolerancia siendo 5 como el más tolerante. Se fundamenta en una tabla de índices de polución para géneros, y consiste en contar el número de géneros presentes en la muestra, considerando su presencia siempre y cuando el número de individuos de cada género sobrepase las 50 unidades por mililitro. Finalmente, se suman los índices de polución de cada género y se generan los valores de polución para el cuerpo de agua (tabla 7) (Junshum, 2008).

> 20 = Polución orgánica

15 – 19 = Polución intermedia

< 15 = Sin polución orgánica

Tabla N° 07.- Índices de polución orgánica de Palmer para las distintas especies de fitoplancton

GÉNERO	ÍNDICE DE POLUCIÓN	GÉNERO	ÍNDICE DE POLUCIÓN
<i>Anacystis</i>	1	<i>Micractinium</i>	1
<i>Ankistrodesmus</i>	2	<i>Navicula</i>	3
<i>Chlamydomonas</i>	4	<i>Nitzchia</i>	3
<i>Chlorella</i>	3	<i>Oscillatoria</i>	5
<i>Closterium</i>	1	<i>Pandorina</i>	1
<i>Cyclotella</i>	1	<i>Phacus</i>	2
<i>Euglena</i>	5	<i>Phormidium</i>	1
<i>Gomphonema</i>	1	<i>Scenedesmus</i>	4
<i>Lepocinclis</i>	1	<i>Stigeoclonium</i>	2
<i>Melosira</i>	1	<i>Synedra</i>	2

Fuente (Junshum, 2008).

8.3 Plancton

8.3.1 *Concepto*

Las tres cuartas partes de nuestro planeta están cubiertas de agua, solo el 0.8% corresponde al agua dulce (lagos, lagunas y ríos) mientras que los mares y océanos representan la mayor parte. Existe una enorme diversidad de organismos en este medio llamado agua. Dentro del agua existe un ambiente pelágico y dentro de éste, un grupo ecológico bien diferenciado llamado plancton (González, 2008).

El plancton está representado por todos los organismos principalmente microscópicos que viven suspendidos en el agua e independientes del fondo; sin embargo, son organismos que por su débil capacidad de natación, no pueden superar los movimientos de las corrientes por lo que son transportados pasivamente por ellas (González, 2008).

8.3.2 *Clasificación*

El plancton se puede clasificar según su nutrición, en este grupo se distinguen el fitoplancton o plancton vegetal y el zooplancton o plancton animal. El fitoplancton es capaz de sintetizar su propio alimento y al igual que la mayoría de plantas, pueden fijar carbono por medio del proceso de fotosíntesis. La importancia de este grupo es evidente ya que el Planeta está compuesto por tres cuartas partes de agua, el 95% de la productividad primaria en el mar se debe al fitoplancton. Este grupo constituye la base de la pirámide alimenticia de todo ecosistema marino y acuático. Está constituido principalmente por algas unicelulares microscópicas (González, 2008).

El zooplancton está constituido por organismos heterótrofos es decir que no pueden sintetizar su propio alimento, lo obtienen del medio exterior mayormente por ingestión del fitoplancton. Este grupo representa a los consumidores primarios o herbívoros del océano, sin embargo también dentro del zooplancton se encuentran los consumidores secundarios o carnívoros como son los crustáceos, quetognatos y larvas de peces (González, 2008).

El plancton también se puede clasificar según su tamaño; las categorías de acuerdo a su tamaño son: el mesoplancton (de 0.5 a 5 mm), el macroplancton (de 5 a 500 mm), el megaplancton y el nanoplancton (de 2.0 a 20 μm) (González, 2008).

8.3.2.1 Holoplancton y Meroplancton

La mayoría de especies animales que viven en el agua son planctónicas, ya sea en alguna etapa de su ciclo de vida o durante toda su vida. Podemos dividirlos en dos categorías principales. Aquellos que viven como plancton, en todos los estados de su ciclo biológico, los cuales se conocen como holoplancton. Uno de los componentes más abundantes son los copépodos. Los que pasan sólo algunas etapas de su vida como plancton, reciben el nombre de meroplancton (González, 2008).

8.3.2.2 Componentes del Zooplancton

El zooplancton está compuesto por animales, mayormente microscópicos, con excepción del grupo de Cnidarios, (en el que se incluyen las medusas). El de agua dulce está integrado principalmente por protozoarios, animales unicelulares y rotíferos, además de una gran variedad de pequeños crustáceos. En el zooplancton marino, los protozoos y crustáceos son también los elementos predominantes seguidos de medusas, algunos gusanos poliquetos, quetognatos, pequeños moluscos y fases larvarias de muchos animales que en su etapa de adulto viven en el fondo del mar (González, 2008).

Entre los protozoarios se distinguen varios grupos de organismos representantes del holoplancton, foraminíferos y radiolarios. Los foraminíferos se caracterizan porque su célula está cubierta por un caparazón, compuesto mayormente de carbonato de calcio, que tiene perforaciones por donde el animal saca los pseudópodos, prolongaciones que les sirven para capturar su alimento y su desplazamiento (González, 2008).

Los radiolarios al contrario de los foraminíferos son más abundantes en aguas frías; aunque pueden encontrarse en algunas playas de mares tropicales. Se alimentan mayormente de diatomeas y otros animales pequeños (González, 2008).

Dentro del zooplancton los crustáceos son un grupo numeroso y ampliamente distribuido, ocupan el segundo nivel trófico en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. Dentro del grupo de crustáceos hay representantes de copépodos, cladóceros, ostrácodos, anfípodos y eufásidos, entre otros. Los copépodos están ampliamente distribuidos en todos los océanos. La mayor abundancia se encuentra en el Atlántico Norte, pero la mayor diversidad de especies está en el Pacífico. La distribución es bien específica y muchos de ellos solo se encuentran en áreas neríticas, al igual que otros son indicativos de zonas oceánicas (González, 2008).

Algunas de estas especies son de importancia comercial y se ha desarrollado mucha investigación con el fin de explotar la acuicultura como industria. Debido a la dificultad en la identificación, diferente tiempo de duración y necesidades dietéticas de cada etapa en, las distintas especies, se han diseñado innovadoras técnicas para su cultivo en laboratorios especializados. El estudio de estas poblaciones en su hábitat natural es importante para regular la pesca de aquellas especies de importancia comercial que están siendo sobreexplotadas (González, 2008).

La abundancia y diversidad de organismos representados en el plancton, ya sea que vivan toda su vida o que sólo encontremos sus etapas larvales, es motivo de interés científico. Con un mayor conocimiento la ciencia puede entender mejor la dinámica en los océanos y ecosistemas acuáticos y así ayudar a proteger este recurso tan valioso no solo por su importancia económica sino para el equilibrio de la vida en la Tierra (González, 2008).

8.3.3 Bioindicadores

Los bioindicadores son indicadores, entre los que se incluyen especies vegetales, hongos o animales, cuya presencia nos da información sobre ciertas características ecológicas de un determinado ecosistema o sobre el impacto de ciertas prácticas antropogénicas en el ambiente (González, 2008). Los bioindicadores se utilizan sobre todo para la evaluación ambiental; en este estudio se emplearon especies de plancton como bioindicadores de la calidad del agua.

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resultó particularmente útil en estudios de contaminación (Vicente *et al.*, 2005).

Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuanto más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad (Vicente *et al.*, 2005).

A principios de siglo se propuso la utilización de listas de organismos como indicadores de características del agua en relación con la mayor o menor cantidad de materia orgánica. La idea de usar como indicadores a ciertas especies se generalizó, aplicándose a la vegetación terrestre y al plancton. En determinadas zonas las plantas se

usaron ampliamente como indicadores de las condiciones de agua y suelo; algunas plantas, de la presencia de uranio, etc. Distintos organismos planctónicos se utilizan como indicadores de eutroficación (Vicente *et al.*, 2005).

Los indicadores hidrológicos son organismos mediante los cuales se pueden diferenciar las distintas masas de agua (masas que difieren en sus características físicas, químicas, de flora y fauna, y que se caracterizan, en general, por su temperatura y salinidad) y determinar sus movimientos. Los organismos pueden ser usados como sensores de una masa de agua, requiriéndose que sean fuertemente estenoicos para que no sobrevivan a condiciones diferentes a las de la masa de agua que caracterizan, o bien como trazadores de una corriente, si son más o menos resistentes a los cambios ambientales y sobreviven en condiciones diferentes, indicando la extensión de una corriente que puede atravesar varias masas de agua. Estos métodos biológicos son más útiles que las determinaciones físicas o químicas especialmente en las zonas marginales, de cambio, y, además, informan sobre el grado de mezcla de dos tipos de agua en las zonas intermedias (Vicente *et al.*, 2005).

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida. La composición de una comunidad de organismos refleja la integración de las características del ambiente sobre cierto tiempo, y por eso revela factores que operan de vez en cuando y pueden no registrarse en uno o varios análisis repetidos (Vicente *et al.*, 2005).

Muchos organismos, sumamente sensibles a su ambiente, cambian aspectos de su forma, desaparecen o, por el contrario, prosperan cuando su medio se contamina. Cada etapa de autodepuración en un río que sufrió una descarga de materia orgánica se caracteriza por la presencia de determinados indicadores. Según su sensibilidad a la polución orgánica se pueden clasificar a tales especies como intolerantes, facultativas, o tolerantes (Vicente *et al.*, 2005).

Los indicadores de contaminación por desechos industriales generalmente son resistentes a la falta total o parcial de oxígeno, la baja intensidad de luz, etc. Los monitoreos biológicos son muy útiles, ya que, por ejemplo, la acumulación de metales pesados en organismos acuáticos puede ser 10 millones de veces mayor a la del ambiente donde viven (Vicente *et al.*, 2005).

El uso de organismos indicadores de contaminación requiere conocer las tolerancias ecológicas y los requerimientos de las especies, así como sus adaptaciones para resistir contaminantes agudos y crónicos. Las investigaciones sobre organismos indicadores de polución comprenden estudios ecológicos y de laboratorio, para establecer los límites de tolerancia de una especie a una sustancia o a una mezcla de ellas mediante ensayos *de* toxicidad; y también la observación y análisis de las características ambientales de los sitios en los cuales se detectan con más frecuencia poblaciones de organismos de cierta especie. Algas, bacterias, protozoos, macroinvertebrados y peces son los más usados como indicadores de contaminación acuática (Vicente *et al.*, 2005).

La mayoría de los estudios estiman características estructurales a diferentes niveles de organización, como cambios en la estructura celular, o en la diversidad de especies, pero, más recientemente, se han incluido características funcionales, como producción y respiración (Vicente *et al.*, 2005).

Los resultados del estudio de las especies indicadoras de niveles de calidad de agua son más inmediatos, pero requieren un profundo conocimiento para identificar los organismos y sólo son adecuados para las condiciones ecológicas y características regionales; mientras que los resultados numéricos de los estudios de estructura de comunidades, si bien requieren su interpretación ecológica, demandando más tiempo, son independientes de las características geográficas regionales y tienen aplicabilidad aún con informaciones sistemáticas y ecológicas deficientes (Vicente *et al.*, 2005).

8.3.3.1 Valor indicador del plancton

La composición y abundancia del plancton en ecosistemas acuáticos depende de los siguientes factores (Vicente *et al.*; 2005):

- Condiciones físicas e hidrológicas: luz, temperatura, turbulencia/estabilidad del agua, tiempo de resistencia del agua y tasa de sedimentación del plancton.
- Composición química del agua: nutrientes y materia orgánica, mineralización y pH, etc.
- Factores biológicos:
 - Depredación por parte de filtradores planctófagos (zooplancton y peces) y relaciones entre especies (efectos alelopáticos y toxicidad inducida por algunas especies).
 - Parasitismo fúngico. Infecciones por parte de hongos y cromistas heterótrofos flagelados capaces de reducir densas poblaciones planctónicas.

El plancton se ha usado ampliamente como indicador del estado trófico de las masas de agua. El plancton es adecuado para la detección y seguimiento de las presiones físico-químicas relacionadas con (Vicente *et al.*; 2005):

- Contaminación térmica.
- Cambios en la mineralización del agua (y en la composición de los iones mayoritarios disueltos).
- Eutrofización (concentración de nitrógeno y fósforo, y en ocasiones de sílice y otros cationes como hierro).
- Contaminación orgánica (soluble y particulada).

El fitoplancton es un indicador de cambios a corto plazo, debido a que sus ciclos vitales son cortos y responden rápidamente a los cambios ambientales (Vicente *et al.*, 2005).

Las diatomeas bentónicas son aquellas que viven sobre un sustrato natural o artificial, en vez de suspendidas en la columna de agua (Vicente *et al.*, 2005).

Las diatomeas son el grupo más diverso de las microalgas bentónicas, suelen constituir entre el 80 y el 90% de la comunidad de perifiton (comunidad microbiótica que vive sobre sustratos sumergidos de diferente naturaleza e incluye microalgas, bacterias, hongos y protozoos). Son cosmopolitas y sus requerimientos ecológicos son conocidos para muchas de sus especies, y son los mismos en diferentes regiones geográficas (Vicente *et al.*, 2005).

Tienen como ventaja adicional la buena manipulación y conservación de las muestras, lo que se debe en parte al esqueleto de sílice, de elevada resistencia y cuyas características morfológicas son la base de la identificación de las especies (Vicente *et al.*, 2005).

También presentan una respuesta rápida a los cambios que se producen en su entorno, por su elevada tasa de reproducción (Vicente *et al.*, 2005).

Por otra parte existe una falta de conocimiento de la flora de diatomeas en muchas regiones. El uso de microalgas bentónicas para evaluar la calidad del agua es una práctica habitual en muchos países europeos y existe una abundante bibliografía sobre su capacidad bioindicadora, aunque la mayoría de los estudios realizados se refiere a las diatomeas (Vicente *et al.*, 2005).

Los ríos han sido objeto preferente de estudio, mientras que en los lagos su uso como bioindicadores es más reciente. Se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas debidas a:

- Eutrofización. Cuando una masa de agua se eutrofiza, los sustratos aparecen cubiertos de pátinas verdes o pardas de algas.
- Incremento de materia orgánica.
- Salinidad.
- Acidificación (Vicente *et al.*, 2005).

Las microalgas bentónicas son poco sensibles a las presiones hidromorfológicas (alteraciones del régimen hidrológico, continuidad del río y condiciones morfológicas del lecho), por lo que no se recomienda su uso para la detección de tales presiones. Los macrófitos, dentro de la flora acuática, son mejores indicadores de las alteraciones

hidromorfológicas. Estudios recientes realizados en ríos europeos demuestran que las comunidades de diatomeas se integran lentamente a los cambios de calidad del agua tardando un período de unos 2 meses, por lo que reflejan la calidad del agua de los 2 meses anteriores a la fecha del muestreo. Son indicadoras de cambios a corto plazo (Vicente *et al.*, 2005).

El plancton es indicador de las presiones hidromorfológicas que determinan cambios en la tasa de renovación de los ecosistemas acuáticos (Vicente *et al.*, 2005).

El porcentaje de cianobacterias en el agua, en general, es indicador de eutrofia, pero esto no es generalizable a todos los ecosistemas acuáticos. No obstante, en algunos tipos de masas de aguas, el seguimiento de la abundancia de las cianobacterias puede ser útil; además tiene un interés adicional dado que algunas especies de cianobacterias poseen cepas tóxicas. Se analiza la presencia e intensidad de floraciones de cianobacterias y/o algas clorococales coloniales o filamentosas, ya que en medios eutróficos éstas suelen ser frecuentes y de gran intensidad (afectan a gran parte de la masa del agua) (Vicente *et al.*, 2005).

8.4 Agroecología

8.4.1 *Concepto*

La agroecología permite entender la problemática agrícola en forma más holística, es la disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica. Esta disciplina va más allá de una mirada unidimensional de los agroecosistemas, de su genética, agronomía, edafología, etc. Esta abarca un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de la coevolución, la estructura y funcionamiento de los sistemas (Altieri, 2006).

La agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como las relaciones depredador – presa o competencia cultivo – maleza. Se perfila como una disciplina única que delinea los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas desde un punto de vista integral, incorporando dimensiones culturales, socioeconómicas, biofísicas y técnicas. La idea consiste en desarrollar agroecosistemas con dependencia mínima a agroquímicos e insumos energéticos, enfatizando sistemas agrícolas complejos, en los cuales las interacciones ecológicas y las sinergias entre los componentes biológicos proporcionan los mecanismos para que los sistemas agroecológicos subsidien la propia fertilidad del suelo, productividad y protección de los cultivos (Altieri, 2006).

A menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente, se centra no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción, en las relaciones ecológicas presentes en el campo y su propósito es iluminar la forma, la dinámica y las funciones de esta relación. En agroecología el principio más importante utilizado para asegurar la autorregulación y sostenibilidad es la biodiversificación. La agroecología moderna es una concepción holística y sistemática de las relaciones entre las sociedades humanas y las sociedades vegetales y animales de cada ecosistema, orientada a la producción agraria en armonía con las leyes de la naturaleza (Altieri, 2006).

El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo. El objetivo fundamental de la agroecología es el permitir a los investigadores, estudiantes de la agricultura y agricultores, desarrollar un entendimiento más profundo de la ecología de los sistemas agrarios, de tal manera que se favorezcan aquellas opciones de manejo adecuadas a los objetivos de una agricultura verdaderamente sustentable (Altieri, 2006).

8.4.2 Principios y estrategias para diseñar sistemas agroecológicos

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola, los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan (Altieri, 2006).

El diseño de sistemas agroecológicos está basado en la aplicación de los siguientes principios:

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones favorables del suelo para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.

- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Estos principios pueden tomar diversas formas tecnológicas y cada una de ellas puede tener un efecto diferente sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema de la finca, dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y en muchos casos, del mercado. El último objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes para aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema. El objetivo es diseñar una trama de agroecosistemas dentro de una unidad de paisaje, miméticos con la estructura y función de los ecosistemas naturales (Altieri, 2006).

Existen varias estrategias para restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y espacio:

Rotaciones de cultivo: diversidad temporal incorporada en los sistemas de cultivo proveyendo nutrientes para el cultivo e interrumpiendo el ciclo de vida de varios insectos plaga, de enfermedades y el ciclo de vida de las malezas (Sumner, 1982).

Policultivos: sistemas de cultivo complejos en los cuales dos o más especies son plantadas con una suficiente proximidad espacial que resulta en una competencia o complementación, aumentando los rendimientos (Vandermeer, 1989).

Sistemas agroforestales: sistemas agrícolas donde los árboles proveen funciones protectivas y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales, lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes, incrementando el uso múltiple del agroecosistema (Nair, 1982).

Cultivos de cobertura: consisten en el uso, en forma pura o mezclada, de plantas leguminosas u otras especies anuales, generalmente debajo de especies frutales perennes, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, aumentar el control biológico de plagas y modificar el microclima del huerto (Finch *et al.* 1976).

Integración animal en el agroecosistema: ayuda a alcanzar una alta producción de biomasa y un reciclaje óptimo (Pearson *et al.* 1987).

La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea, por un lado, ambientalmente adecuada y, por otro, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable. A través de la aplicación de principios agroecológicos, el desafío básico de la agricultura sustentable de hacer un mejor uso de los recursos internos puede ser fácilmente alcanzado, minimizando el uso de insumos externos y preferentemente generando los recursos internos más eficientemente, usando estrategias de diversificación que aumenten los sinergismos entre los componentes clave del agroecosistema (Altieri, 2006).

El último objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes para aumentar la eficiencia biológica, general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema. El objetivo es diseñar un agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales locales, es decir, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo; un sistema que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y una alta cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de recursos edáficos (Altieri, 2006).

8.4.3 Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

La agricultura alternativa se define como aquel enfoque de la agricultura que intenta proporcionar un ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenido y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas (Altieri, 2006). Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado un óptimo reciclaje de nutrientes y materia orgánica, flujo cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje. La idea es explotar las complementariedades y

sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales (Altieri, 2006).

Algunas de las prácticas o componentes de sistemas alternativos, las cuales ya son parte de manejos agrícolas convencionales, incluyen:

- Rotaciones de cultivos que disminuyen los problemas de malezas, insectos, plagas y enfermedades; aumentan los niveles de nitrógeno disponible en el suelo, reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y junto con prácticas de labranza conservadoras de suelo, reducen la erosión edáfica.
- Manejo integrado de plagas (MIP), que reduce la necesidad de plaguicidas mediante la rotación de cultivos, muestreos periódicos, registros meteorológicos, uso de variedades resistentes, sincronización de las plantaciones o siembras y control biológico de plagas.
- Sistemas de manejo para mejorar la salud vegetal y la capacidad de los cultivos para resistir plagas y enfermedades.
- Técnicas conservacionistas de labranza del suelo.
- Sistemas de producción animal que enfatizan el manejo preventivo de las enfermedades, reducen el uso del confinamiento de grandes masas ganaderas enfatizando el pastoreo rotatorio, bajan los costos debido a enfermedades y enfatizan el uso de niveles subterapéuticos de antibióticos.
- Mejoramiento genético de cultivos para que resistan plagas, enfermedades y para que logren un mejor uso de nutrientes.

Hay una necesidad urgente de desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento socioeconómico y agroecológico para juzgar el éxito de un proyecto, su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad, equidad, etc. Estos indicadores de rendimiento deben demostrar una capacidad de evaluación interdisciplinaria. Un método de análisis y desarrollo tecnológico no sólo se debe concentrar en la productividad, sino también en otros indicadores del comportamiento del agroecosistema.

La agroecología ha surgido como un enfoque nuevo al desarrollo agrícola más sensible a las complejidades de las agriculturas locales, al ampliar los objetivos y criterios agrícolas para abarcar propiedades de sustentabilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de los recursos y equidad junto con una mejor producción. El objetivo es promover tecnologías de producción estable y de alta adaptabilidad ambiental (Altieri, 2006).

9. RESULTADOS

9.1 Índices

9.1.1 Shannon

Los índices de Shannon de todos los puntos de muestreo están en un rango de 0,004 a 0,31. Siendo 0.004 el índice de diversidad más bajo en el punto 1 de la vertiente 1, y 0,31 el índice más alto en el mismo punto de la misma vertiente pero con relación a las Diatomeas. En el resto de puntos hay una media de 0,11 siendo un índice de diversidad bajo ya que está alejado de llegar a 1 que es el punto máximo de diversidad. Con respecto al Zooplancton, en el punto 2 de la vertiente 3 existe una gran abundancia (160 individuos) pertenecientes a 4 especies (riqueza) y tiene el mayor índice de diversidad (0,30).

Tabla N° 8: Resultados de los índices de Shannon de las especies de fitoplancton y zooplancton.

VERTIENTE 1									
Puntos de muestreo	Cianobacterias	Índice de Shannon	Algas Verdes	Índice de Shannon	Diatomeas	Índice de Shannon	TOTAL	Zooplancton	Índice de Shannon
F1	8	0.0044	33	0.10	61	0.31	155	2	0.10
R1	3		19		31			1	
F2	6	0.07	29	0.12	26	0.10	166	1	0.08
R2	38		33		34			1	
F3	25	0.10	30	0.12	18	0.09	173	5	0.20
R3	31		33		36			3	
VERTIENTE 2									
Puntos de muestreo	Cianobacterias	Índice de Shannon	Algas Verdes	Índice de Shannon	Diatomeas	Índice de Shannon	TOTAL	Zooplancton	Índice de Shannon
F1	12	0.04	36	0.18	44	0.12	202	1	0.10
R1	28		54		28			3	
F2	21	0.06	48	0.12	57	0.14	243	1	0.15
R2	40		39		38			4	
F3	5	0.05	18	0.15	7	0.12	111	0	0.08
R3	20		28		33			2	
VERTIENTE 3									
Puntos de muestreo	Cianobacterias	Índice de Shannon	Algas Verdes	Índice de Shannon	Diatomeas	Índice de Shannon	TOTAL	Zooplancton	Índice de Shannon
F1	6	0.05	35	0.09	29	0.17	264	1	0.10
R1	58		48		88			3	

F2	17	0.09	26	0.10	20	0.15	281	0	0.30
R2	65		65		88			160	
F3	24	0.12	32	0.11	15	0.08	185	0	0.10
R3	43		33		38			4	

Nota de colores:

	Valores del Índice de Shannon
	Valores con mayor diversidad de cada género
	Valor con mayor abundancia de Zooplancton

Nota de Siglas:

F1: Muestra tomada con Frasco en el punto 1.

R1: Muestra tomada con Red en el punto 1.

F2: Muestra tomada con Frasco en el punto 2.

R2: Muestra tomada con Red en el punto 2.

F3: Muestra tomada con Frasco en el punto 3.

R3: Muestra tomada con Red en el punto 3.

9.1.2 ICA

El índice de calidad del agua se lo calcula con la fórmula:

$$\text{ICA} = a*(\text{OD}) + b*(\text{pH}) + c*(\text{Conduct.}) + d*(\text{STS}) + e*(\text{T}^\circ) + f*(\text{P}) + g*(\text{C}) + h*(\text{N})$$

$$a + b + c + d + e + f + g + h = 10$$

Donde a, b, c, d, e, f, g y h son los valores de ponderación asignados por expertos, en este caso a = 1,7, b = 1,2, c = 1, d = 1,6, e = 1, f = 1, g = 1, h = 1. Los valores de Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Sólidos Totales suspendidos, Temperatura, Fósforo, Carbonatos y Nitrógeno son los valores asignados con la tabla del Factor de Normalización, los valores obtenidos en el campo (*in situ*) se los ubica en la tabla de normalización y así se obtiene el valor para calcular el ICA con la fórmula antes mencionada. Los valores van de 0 a 1. Ejemplo: si en el campo se obtuvo un pH de 9, el valor que se obtiene con la tabla de factor de normalización sería 0,7 ya que pH de 9 está en el rango de 70, este valor se lo multiplica por 1,2 (ya mencionado) y se obtiene el valor que es utilizado en la fórmula del ICA para luego ser sumado con el resto de valores parciales.

Tabla N° 9: Factor de Normalización de cada parámetro abiótico.

Parámetro	Factor de Normalización										
	100	90	80	70	60	50	40	3	20	10	0
	Valores Analíticos										
% Saturación Oxígeno Disuelto	$OD = 1 - 0,01 * (OD, \%)^2$										
Nitrógeno	< 0,5	< 2	< 4	< 6	< 8	< 10	< 15	< 20	< 50	≤ 100	> 100
Fósforo	< 0,16	< 1,6	< 3,20	< 6,4	< 9,6	< 16	< 32	< 64	< 96	≤ 160	> 160
Carbono	< 100	< 150	< 250	< 350	< 450	< 500	< 550	< 650	< 750	≤ 850	> 850
Sólidos Totales Suspendidos	< 250	< 750	< 1000	< 1500	< 2000	< 3000	< 5000	< 8000	< 12000	≤ 20000	> 20000
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 °C	21/16	22/15	24/14	26/12	28/10	30/5	32/0	36/-2	40/-4	45/-6	>45/<-6
Conductividad	< 50	< 100	< 130	< 150	< 180	< 250	< 500	< 700	< 1000	≤ 2000	> 2000

Fuente: (Sierra, 2011).

Tabla N° 10: Tabla con los valores de la variable normalizada tomando como ejemplo el primer punto de la vertiente 1, con el resto de puntos se realizó el cálculo del ICA de la misma manera como se indica en esta tabla

Parámetro	Concentración	Valor de la variable normalizada	Observaciones
% saturación Oxígeno Disuelto	4,84	0,77	$OD = 1 - 0,01*(4,84)^2 = 0,77$
pH	7,33	0,9	Para pH de 7 a 8 => según el cuadro de normalización, la variable vale 0,9
Conductividad	340	0,4	La Conductividad es < 500 => según el cuadro de normalización, la variable vale 0,4
Sólidos Totales Suspendidos	170,75	1	Los ST son < 250 => según el cuadro de normalización, la variable vale 1
Temperatura °C	18,47	1	Para T °C de 21 a 16 => según el cuadro de normalización, la variable vale 1
Fósforo	0,3	0,9	El Fósforo es > 0,16 y < 1,6 => según el cuadro de normalización, la variable vale 0,9
Carbono	0	1	El Carbono es < 100 => según el cuadro de normalización, la variable vale 1
Nitrógeno	< 1	0,9	El Nitrógeno es > 0,5 y < 2 => según el cuadro de normalización, la variable vale 0,9

Fuente: (Sierra, 2011).

Tabla N° 11: Media de las 4 campañas de los factores abióticos de los 3 puntos de las 3 vertientes con el ICA como resultado final.

Puntos de muestreo	V1.1	V1.2	V1.3	V2.1	V2.2	V2.3	V3.1	V3.2	V3.3
Oxígeno (ppm)	4.84	6.30	7.03	5.07	6.40	6.33	6.38	6.98	6.07
Oxígeno (%)	76.43	98.55	126.28	78.7	100.15	100.85	98.2	107.03	96.7
pH	7.33	7.93	7.96	7.22	8.05	8.01	7.69	7.95	7.96
Conductividad (us)	340	559	401.5	282.5	298.75	284	213	263	205.75
Sólidos Totales Suspendidos (ppm)	170.75	347.25	198.75	140.75	147	140	106.75	137.5	103
Temperatura °C	18.47°C	18°C	17.9°C	17.27°C	18.67°C	19°C	16.43°C	19.23°C	17.73°C
Silicio (mg/l)	32	28	34	32	28	34	32	28	34
Fósforo (mg/l)	0.3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5
Carbonatos (mg/l)	NO DETECTABLE	5	15	NO DETECTABLE	5	15	NO DETECTABLE	5	15
Bicarbonatos (mg/l)	135	81	160	135	81	160	135	81	160
Nitrógeno (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
ICA	8,19	7,24	6,75	8,14	7,38	6,78	8	7,33	7

Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	Agua regularmente contaminada	Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	Agua regularmente contaminada	Agua de buena calidad	Agua de buena calidad	Agua regularmente contaminada
------------------------------	------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------------

Tabla N° 12: Rangos de los resultados del ICA.

Valor ICA	Convención	Significado
9 – 10	AZUL	Recurso hídrico en estado natural. Agua de muy buena calidad.
7 – 9	VERDE	Recurso hídrico levemente contaminado. Agua de buena calidad.
5 – 7	AMARILLO	Recurso hídrico regularmente contaminado. Agua regularmente contaminada.
2.5 – 5	NARANJA	Recurso hídrico contaminado. Agua altamente contaminada.
0 – 2.5	ROJO	Recurso hídrico muerto. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.

Fuente: (Sierra, 2011).

Se puede observar que los datos físico-químicos obtenidos en el estudio se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la regulación del TULAS (2002) (Tabla 13). Mediante los análisis físico químicos del agua y del sustrato realizados en los laboratorios de la Universidad Central del Ecuador, se determinó que no existe contaminación por parte de agroquímicos en los cuerpos de agua estudiados ya que la presencia de los mismos es en bajas cantidades; sin embargo, hay que tener presente que el uso excesivo de agroquímicos es un factor que puede afectar tanto al agua como al suelo agrícola.

Tabla N° 13: Rangos permisibles por el TULAS (2002) y los datos obtenidos en el estudio.

Variable	Rango Permissible TULAS (2002)	Datos Obtenidos
pH	6 - 9	6 - 8
Sólidos Totales Suspendidos	< 3000 mg/l	103 - 348
Nitrógeno	< 30 mg/l	< 1
Carbonatos	< 850 mg/l	0 - 15
Bicarbonatos	<850 mg/l	81 - 160
Organofosforados	< 0,1 mg/l	0,1
Organoclorados	< 0,2 mg/l	0,1

9.1.3 IBA

Para el cálculo del IBA se utilizó el OPI (índice de polución orgánica de Palmer) según los índices de polución tomados en la Tabla 7, se obtuvieron los géneros más representativos de cada vertiente. En todo el estudio se encontraron 8 de los 20 géneros indicados por Palmer (1969). En la vertiente 1, promediando los 3 puntos, el OPI es de 12; en la vertiente 2, la media de los 3 puntos, del OPI es 13; en la vertiente 3, es 15, siendo ésta la vertiente con mayor problema con respecto a contaminación orgánica, en esta misma vertiente, en el punto 2 (reservorio, pasando un poco la florícola) es el punto más contaminado de los 9 teniendo un OPI de 21.

Tabla N° 14: Resultados de los OPI de cada vertiente.

<u>Vertiente</u> 1	<u>Géneros</u>	<u>Índice de polución</u>	OPI	<u>MEDIA</u>
Punto 1	<i>Closterium</i>	1	11	12
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	11	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	13	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		

	<i>Oscillatoria</i>	5		
	<i>Euglena</i>	5		
<u>Vertiente</u> <u>2</u>	<u>Géneros</u>	<u>Índice de polución</u>	OPI	<u>MEDIA</u>
Punto 1	<i>Closterium</i>	1	11	13
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	16	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
	<i>Euglena</i>	5		
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	11	
	<i>Gomphonema</i>	1		
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		
	<i>Nitzchia</i>	3		
	<i>Synedra</i>	2		
<u>Vertiente</u> <u>3</u>	<u>Géneros</u>	<u>Índice de polución</u>	OPI	<u>MEDIA</u>
Punto 1	<i>Gomphonema</i>	1	10	15
	<i>Melosira</i>	1		
	<i>Navicula</i>	3		

	<i>Nitzchia</i>	3	
	<i>Synedra</i>	2	
Punto 2	<i>Closterium</i>	1	21
	<i>Gomphonema</i>	1	
	<i>Melosira</i>	1	
	<i>Navicula</i>	3	
	<i>Nitzchia</i>	3	
	<i>Synedra</i>	2	
	<i>Oscillatoria</i>	5	
	<i>Euglena</i>	5	
Punto 3	<i>Closterium</i>	1	15
	<i>Gomphonema</i>	1	
	<i>Melosira</i>	1	
	<i>Synedra</i>	2	
	<i>Oscillatoria</i>	5	
	<i>Euglena</i>	5	

Los resultados indican que en los puntos finales de cada vertiente, existe presencia de contaminación inorgánica según los factores abióticos y en los resultados según el IBA muestran contaminación orgánica pero no es tan alta la contaminación ya que solo en un punto de los 9, el OPI sobrepasa el límite de 20. Los rangos del OPI van de 1 a 20, si sobrepasa el 20 quiere decir que existe una contaminación orgánica.

9.2 Biota Acuática

Se encontraron 18 géneros de fitoplancton y 4 de zooplancton de las cuales 3 pertenecen al grupo de Cianobacterias en 2 familias (Nostocaceae y Oscillatoriaceae) y 3 géneros (*Anabaena*, *Lyngbya* y *Oscillatoria*); 4 al grupo de Algas Verdes en 4 familias (Closteriaceae, Desmidiaceae, Oedogoniaceae y Zygnemataceae) y 4 géneros (*Closterium*, *Cosmarium*, *Oedogonium* y *Spirogyra*); 9 al grupo de Diatomeas en 9 familias (Catenulaceae, Cymbellaceae, Gomphonemataceae, Melosiraceae, Naviculaceae, Bacillariaceae, Pinnulariaceae, Surirellaceae y Flagilariaceae) y 9 géneros (*Amphora*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Surirella* y *Synedra*); y 2 al grupo de Euglenas con 1 familia (Euglenaceae) y 2 géneros (*Euglena* y *Trachelomona*). El grupo de zooplancton encontrado fue el de Rotíferos.

9.2.1 Fitoplancton

9.2.1.1 *Amphora ovalis*



Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Thalassiophysales

Familia: Catenulaceae

Género: *Amphora*

Morfología: es una diminuta vasija de cristal de apenas sesenta milésimas de milímetro de longitud y unas cuarenta de ancho tiene muy poca capacidad, pero encierra una vida (Anagnostidis, 1988).

Las reservas acumuladas por esta pequeña alga se encuentran en forma de gotas de lípidos, enmascaran la preciosa y fina ornamentación de las valvas, que dibujan un perfecto contorno ovalado y, además de constituir una importante fuente de reservas, ayudan a mantener a las especies de este género flotando en la superficie del agua (Anagnostidis, 1988).

Distribución: Son cosmopolitas (Anagnostidis, 1988).

Ecología: son pelágicos o adheridos a la vida marina (Anagnostidis, 1988).

Condición de bioindicación: es un género sensible a la contaminación petrolera y también sensible en agua con cierto grado de salinidad (Anagnostidis, 1988).

9.2.1.2 *Anabaena*



Filo: Cianobacterias

Clase: Cyanophyceae

Orden: Nostocales

Familia: Nostocaceae

Género: *Anabaena*

Morfología: son filamentosas solitarias o en grupos libres. Con constricciones más o menos profundas en las paredes transversales, siempre sin vainas firmes pero a veces con mucilago. Las células son cilíndricas en forma de barril o esféricas, son de color azul brillante o de color verde oliva (Coesel, 1979).

Distribución: son comunes en aguas dulces aunque también se encuentran en aguas saladas y en hábitats terrestres. Soportan condiciones ambientales extremas (temperaturas de hasta 73°C) (Coesel, 1979).

Ecología: reproducción por fragmentación de tricomas, generalmente heterocigotos y por acinetas (Coesel, 1979).

Condición de bioindicación: son bioindicadores de toxicidad por metales pesados (Coesel, 1979).

9.2.1.3 *Closterium*



Filo: Charophyta

Clase: Zygnematophyceae

Orden: Zygnematales

Familia: Closteriaceae

Género: *Closterium*

Morfología: son pequeñas y grandes (72 a 1700 μm), por lo general son alargadas, y los extremos son curvos. Las células generalmente se estrechan hacia los extremos, bordes agudos, redondeados o truncados. La pared celular es lisa o con estrías longitudinales, la pared es incolora, amarillenta o marrón (Anton, 1981).

Distribución: Cosmopolita en aguas dulces. Mucha de sus especies sólo aparecen en aguas ácidas (pH 4-6) (Anton, 1981).

Ecología: la reproducción asexual es por división celular transversal, en la división celular, después de la división del núcleo, de cada media célula surge una nueva media célula que crece progresivamente y segrega una nueva pared ornamentada y provista de poros para pasar a ser semejante a la otra media célula. La reproducción sexual es por conjugación, aparece cuando las condiciones pasan a ser desfavorables, los protoplasmas de dos células vecinas salen de su cubierta y se fusionan en el exterior (Anton, 1981).

Condición de bioindicación: habitan en lagos ácidos y estanques oligotróficos, rara vez en aguas más alcalinas (Anton, 1981).

9.2.1.4 *Cosmarium botrytis*



Filo: Charophyta

Clase: Zygnemophyceae

Orden: Desmidiiales

Familia: Desmidiaceae

Género: *Cosmarium*

Morfología: células solitarias con un profundo surco que las divide en dos hemicélulas. La superficie se encuentra cubierta de pequeñas verrugas que le dan un aspecto característico (Komárek, 1989).

Distribución: varias especies son cosmopolitas, otras raras veces están en zonas muy restringidas. Muy frecuentes en las tierras bajas catalanas (Komárek, 1989).

Ecología: la reproducción asexual es por división celular transversal, en la división celular, después de la división del núcleo, de cada media célula surge una nueva media célula que crece progresivamente y segrega una nueva pared ornamentada y provista de poros para pasar a ser semejante a la otra media célula. La reproducción sexual es por conjugación, aparece cuando las condiciones pasan a ser desfavorables, los protoplasmas de dos células vecinas salen de su cubierta y se fusionan en el exterior (Anton, 1981).

Condición de bioindicación: se encuentra principalmente en ambientes ácidos, oligotróficos y acuáticos. De vez en cuando en aguas básicas, eutróficas. De valor diagnóstico en aguas alcalinas de circulación lenta (Komárek, 1989).

9.2.1.5 *Cymbella*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Cymbellales

Familia: Cymbellaceae

Género: *Cymbella*

Morfología: el rafe de *Cymbella* es central o ligeramente desplazado hacia abajo. Toda la superficie de las valvas aparece adornada con unas finas estrías paralelas claramente visibles con el microscopio óptico (Bourelly, 1990).

Distribución: se encuentran en todo el mundo en aguas dulces y aunque prefieren las aguas ligeramente alcalinas también pueden vivir en las levemente ácidas (Bourelly, 1990).

Ecología: es una diatomea solitaria, generalmente de vida libre que forma tallos mucilaginosos que se disponen perpendicularmente con respecto al eje longitudinal (Bourelly, 1990).

Condición de bioindicación: puede tolerar aguas levemente contaminadas tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos (Bourelly, 1990).

9.2.1.6 *Euglena*



Reino: Protozoa

Filo: Euglenozoa

Clase: Euglenophyceae

Orden: Euglenales

Familia: Euglenaceae

Género: *Euglena*

Morfología: son verdes con flagelos alargados, las células son ovoides o fusiformes, variando en longitud desde 20 hasta 500 μm , y con 2 flagelos originario dentro de una invaginación anterior de la célula. El flagelo largo de gran movilidad surge de la entrada del canal subapical como el orgánulo de la locomoción, el otro es tan corto que termina en el depósito (región basal de la invaginación). El flagelo de locomoción es del doble de grosor mediante una varilla de filamento paraflagelar y tiene un complejo conjunto de material fibroso, incluyendo una línea unilateral de largos pelos finos (visible solo en el microscopio electrónico) (Coesel, 1979).

Distribución: *Euglena* spp. son en su mayoría organismos de agua dulce de distribución en todo el mundo (Coesel, 1979).

Ecología: la mayoría de las especies son fotoautótrofos, algunos facultativos, heterótrofos, y ninguno fagotrófico (Coesel, 1979).

Condición de bioindicación: ocurren en corrales, tanques de efecto invernadero, los canales de drenaje agrícolas, estanques y lagos ácidos (por debajo de pH 2,5) (Coesel, 1979).

9.2.1.7 *Gomphonema*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Cymbellales

Familia: Gomphonemataceae

Género: *Gomphonema*

Morfología: las válvulas son asimétricas al eje trans apical y simétricas respecto al eje apical. Las células generalmente son de forma de cuña. Los ápices son redondeados. Rafe ligeramente sinuoso. Las estrías a menudo gruesas (Anton, 1981).

Distribución: se distribuyen en las aguas dulces de todo el Planeta (Anton, 1981).

Ecología: son bentónicos y pelágicos sus modos de vida principales (Anton, 1981).

Condición de bioindicación: son indicadoras de lugares donde existe una contaminación orgánica y zonas donde hay presencia de nitratos (Anton, 1981).

9.2.1.8 *Lyngbya*



Reino: Bacteria

Filo: Cianobacterias

Clase: Cyanophyceae

Orden: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

Género: *Lyngbya*

Morfología: son filamentosas, los filamentos son gruesos, rara vez solitarios, por lo general conectados a los estratos en capas gruesas y coriáceas, a veces (esteras). Son de color marrón, muy rara vez, sin vainas; no ramificado o un poco ramificado con ramas cortas y esporádicas. Compuesto de células discoideas poco cilíndricas en forma de tonel, libres de restricciones, no atenuados o atenuados en los extremos, inmóviles o móviles ligeramente (Anagnostidis, 1988).

Distribución: en todo el mundo (principalmente las especies halófilas) (Anagnostidis, 1988).

Ecología: por lo general macroscópicos, hasta varios cm de diámetro. Por lo general, crecen en esterías que cubren diferentes sustratos o sumergidas, algunas especies son marinas o salobres (Anagnostidis, 1988).

Condición de bioindicación: rara vez se producen en grupos de filamentos en metafyton de los cuerpos de agua no muy contaminadas con numerosas plantas acuáticas. Pocas especies se producen en el plancton como los tricomas solitarias (Anagnostidis, 1988).

9.2.1.9 *Melosira*



Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Melosirales

Familia: Melosiraceae

Género: *Melosira*

Morfología: las células son cilíndricas unidas en filamentos por almohadillas de mucílago secretadas en las caras de sus válvulas. Colonial que agrupa células con forma cilíndrica, un poco más largas que anchas, adheridas unas a otras por la superficie valvar (Komárek, 1989).

Distribución: es un género común en agua dulce y hábitats marinos. Estos organismos habitan en los sitios más impensados del Planeta: desde hielos polares hasta aguas termales, tanto en mares como en ambientes dulceacuícolas, pasando por terrenos secos (Komárek, 1989).

Ecología: son autótrofas por excelencia. Estos organismos fotosintetizadores poseen un color dorado oliváceo debido a su juego de pigmentos fotosintéticos, que como en otros chromistas incluye clorofila c1 y c2, así como carotenoides y pigmentos auxiliares (Komárek, 1989).

Condición de bioindicación: en lugares mesosaprobios (Komárek, 1989).

9.2.1.10 *Navicula*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Naviculales

Familia: Naviculaceae

Género: *Navicula*

Morfología: sus cloroplastos son cilíndricos situados en los costados del alga. Incluye individuos con valvas lanceoladas, estrías transversalmente en la zona media, en sentido opuesto a los polos. Los extremos de la célula son redondeados (Coesel, 1979).

Distribución: tanto en aguas dulces como saladas. Especie cosmopolita, en Argentina ha sido citada para Salta, Río Negro, Corrientes, Córdoba, Buenos Aires, La Pampa, Chaco, Entre Ríos, Misiones, Jujuy, Mendoza, Santa Fé y Neuquén (Coesel, 1979).

Ecología: son solitarias pero también pueden vivir en grupos. Este es el género más grande de diatomeas. Esta especie tiene un amplio rango de tolerancia en cuanto a pH, contenido de nutrientes y electrolitos (Coesel, 1979).

Condición de bioindicación: pueden vivir en aguas limpias pero también en las ligeramente contaminadas (Coesel, 1979).

9.2.1.11 *Nitzschia*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*

Morfología: es una diatomea pennada y por lo tanto se caracteriza por las marcas de las válvulas que están separados por una línea media. Las válvulas están compuestas de sílice (Huber-Pestalozzi, 1955).

Distribución: principalmente habitan aguas frías tanto dulces como saladas en todo el mundo (Huber-Pestalozzi, 1955).

Ecología: producen la neurotoxina conocida como ácido domoico, una toxina que es responsable de la enfermedad humana llamada intoxicación amnésica (Huber-Pestalozzi, 1955).

Condición de bioindicación: son extremófilos y tienen una tolerancia a la salinidad elevada (Huber-Pestalozzi, 1955).

9.2.1.12 *Oedogonium*



Reino: Plantae

Filo: Chlorophyta

Clase: Chlorophyceae

Orden: Oedogoniales

Familia: Oedogoniaceae

Género: *Oedogonium*

Morfología: grupo pequeño, con una corona multiflagelar en las esporas libres. Filamentosos, oógamos y cloroplastos en forma de red. Las células vegetativas generalmente son uniformes en tamaño y forma en cada especie; generalmente cilíndrica, a veces nodular, o incluso angulado en vista de perfil (Anton, 1981).

Distribución: la mayoría se encuentran habitualmente en aguas poco profundas, permanentes, estanques, lagos y canales. Común en hábitats de agua dulce en todo el mundo, sólo unas pocas especies de agua salobre. La mayor abundancia de especies en las regiones templadas y subtropicales (Anton, 1981).

Ecología: en ocasiones son de libre flotación. Las especies de *Oedogonium* suelen ser epífitas y apegados a la vegetación acuática o sustrato inorgánico por una célula basal del disco adhesivo, a veces de libre flotación (Anton, 1981).

Condición de bioindicación: aguas someras, aguas ácidas y ricas en hierro. Ambientes mesosaprobios (Anton, 1981).

9.2.1.13 *Oscillatoria*



Reino: Bacteria

Filo: Cianobacterias

Clase: Cyanophyceae

Orden: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

Género: *Oscillatoria*

Morfología: tiene filamentos ramificados (tricomas) unidos a menudo en capas finas, son microscópicas de varios cm de diámetros. Talos de coloración verde oscura, libres o sésiles. Filamentos rectos, no estrangulados en las paredes laterales, finamente granulosa. Las células son anchas, de forma discoidal (Carter, 1981).

Distribución: se distribuye en todo el mundo. Son capaces de resistir una amplia variedad de condiciones ambientales, desde hábitats de agua dulce o marina, hasta terrenos, glaciares y nevados (Carter, 1981).

Ecología: rara vez solitarias o en pequeños grupos (Carter, 1981).

Condición de bioindicación: habitan aguas poco profundas o en el litoral o los hábitats bentónicos dulces, salobres o marinos y en suelos húmedos poco contaminados (Carter, 1981).

9.2.1.14 *Pinnularia*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Naviculales

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*

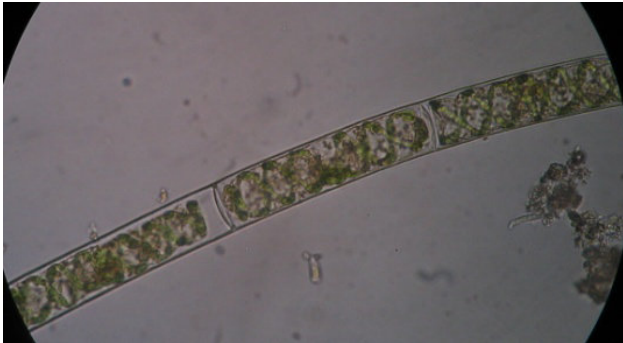
Morfología: alargadas elípticas, organismos unicelulares. Sus paredes celulares están compuestas por un marco de sílice rígido. La célula está cubierta por una capa mucilaginosa atravesada por muchos poros diminutos o picaduras (Krammer, 1991).

Distribución: se encuentran en aguas dulces, sedimentos, estuarios y océanos de todo el mundo (Krammer, 1991).

Ecología: la mayoría son autótrofos pero algunos son auxótrofos, otros son heterótrofos facultativos y pueden vivir en la oscuridad (Krammer, 1991).

Condición de bioindicación: se encuentran en estanques y en el suelo poco contaminado (Krammer, 1991).

9.2.1.15 *Spirogyra*



Reino: Plantae

Filo: Charophyta

Clase: Zygnematophyceae

Orden: Zygnematales

Familia: Zygnemataceae

Género: *Spirogyra*

Morfología: los talos están compuestos por filamentos ramificados uniseriados entrelazados para formar ovillos. Las células son cilíndricas, de 10 a 200 micras de diámetro, la mayoría de 20 a 60 micras (Anagnostidis, 1988).

Distribución: amplia en los hábitats de agua dulce; en todos los continentes tropicales, y hasta en climas árticos. Hábitats incluyen estanques, arroyos lentos, aguas estancadas, cunetas, ríos de corriente rápida. Ocurre con frecuencia en hábitats estancados, sino aeróbico, en alfombras flotantes o sumergidas (Anagnostidis, 1988).

Ecología: muy frecuentes en las aguas lénticas (Anagnostidis, 1988).

Condición de bioindicación: eutrofia alóctona, sedimentos y conductividad alta (Anagnostidis, 1988).

9.2.1.16 *Surirella*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Surirellales

Familia: Surirellaceae

Género: *Surirella*

Morfología: la célula en visión pleural es cuneiforme, vista por encima es ovada, con un polo anchamente redondeado y el otro más apuntado. Alas muy desarrolladas cuyos canales se encuentran separados por espacios anchos (Coesel, 1979).

Distribución: comunes en las aguas ácidas de las lagunas de montaña o de turberas. La cantidad varía según la época: disminución en invierno y aumento en primavera (Coesel, 1979).

Ecología: su reproducción puede ser asexual por bipartición donde es totalmente necesaria la presencia de sílice, las valvas se separan y cada una actúa de manera distinta, también puede ser sexual su reproducción por meiosis, contribuye a mantener variabilidad genética, a mantener el tamaño de la especie, da lugar a cuatro estructuras haploides (Coesel, 1979).

Condición de bioindicación: en ambientes moderadamente ricos en materia orgánica (Coesel, 1979).

9.2.1.17 *Synedra*



Reino: Chromista

Filo: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae

Orden: Fragilariales

Familia: Flagilariaceae

Género: *Synedra*

Morfología: son células solitarias o llegan a formar colonias, no existe formación de filamentos ni de ningún pedículo mucilaginoso. Su eje apical puede ser curvo, con simetría bipolar. El área axial y área central a veces no son evidentes. Las estrías son opuestas y paralelas (Komárek, 1989).

Distribución: viven en lagos y lagunas o en lugares dulceacuícolas, pueden vivir en un pH de 6.2 pero el óptimo es de 7.4 a 7-6 (Komárek, 1989).

Ecología: algunas son solitarias y se desplazan libremente en el agua (Komárek, 1989).

Condición de bioindicación: son poco exigentes con la calidad de las aguas en las que habitan (Komárek, 1989).

9.2.1.18 *Trachelomona*



Reino: Protozoa

Filo: Euglenozoa

Clase: Euglenophyceae

Orden: Euglenales

Familia: Euglenaceae

Género: *Trachelomona*

Morfología: completamente cerrados en un sobre con un cuello bien definido o collar que rodea a un poro apical a través del cual el flagelo de locomoción es muy largo (Huber-Pestalozzi, 1955).

Distribución: habitan en el agua dulce, en las aguas ácidas - aneutras (pH 4,5-7), a menudo en las piscinas de turba y otros hábitats ricos en hierro y manganeso; común y cosmopolita (Huber-Pestalozzi, 1955).

Ecología: son solitarias y nadan libremente (Huber-Pestalozzi, 1955).

Condición de bioindicación: eutrofia alóctona, sedimentos y conductividad alta (Huber-Pestalozzi, 1955).

9.2.2 Zooplancton

9.2.2.1 Rotifera



Habrotrocha

Otostephanus

Brachionus



Epiphanes

Reino: Animalia

Filo: Rotifera

Clases: Seisonoidea

Bdelloidea

Monogononta

Morfología: La boca está situada en la zona ventral de la región cefálica, y puede estar rodeada por bandas ciliadas del aparato rotador que crean pequeñas corrientes que atraen las partículas de alimento del entorno. A continuación encontramos la faringe, muy muscularizada, a la que se accede directamente a través de la boca o mediante un delgado tubo ciliado (como ocurre en algunas especies suspensívoras) situado entre ambas estructuras. La faringe presenta siete piezas duras y articuladas conocidas como trophi (que actúan a modo de dientes), y forman en conjunto el mástax (que actúa como el aparato masticador) (Schmidt-Rhaesa, 2008).

Distribución: su amplia distribución indica que es una especie Euriterma (5~20°C) (Schmidt-Rhaesa, 2008).

Ecología: existen rotíferos con una cutícula relativamente gruesa y rígida que da al animal una apariencia capsular; otros son flexibles y de aspecto y movimiento vermiforme. Aunque la gran mayoría de rotíferos son nadadores, algunos son sésiles y viven en el interior de tubos o cápsulas gelatinosas. En la mayoría de especies los machos son escasos, de forma que la reproducción por partenogénesis es bastante común. Además existe un marcado dimorfismo sexual ya que los machos existentes suelen tener el aparato digestivo atrofiado, y su existencia se reduce a la producción de esperma. La vida de una hembra suele ser de una o dos semanas. Algunas especies son xerobiontes, es decir, sus huevos fertilizados se enquistan y crean formas de resistencia capaces de sobrevivir a los períodos de sequía y desecación en los que el hábitat acuático desaparece por motivos estacionales (Schmidt-Rhaesa, 2008).

Condición de bioindicación: son muy sensibles a diferentes tóxicos químicos, tienen corto tiempo de vida y son de fácil mantenimiento en el laboratorio (Schmidt-Rhaesa, 2008).

Los resultados no muestran una variación apreciable acerca de la diversidad de las especies; sin embargo, en el punto 1 de la vertiente 1 es donde existe menor cantidad de cianobacterias mientras que en el mismo punto es donde existe la mayor diversidad de diatomeas. En el punto 1 de la vertiente 2 es donde existe mayor diversidad de diatomeas y en el punto 3 de la vertiente 3 es donde existe mayor diversidad de algas verdes. En el caso del zooplancton, no hay diferencia en la diversidad de especies pero sí en la abundancia ya que en el punto 2 de la vertiente 2 es donde existe mayor abundancia de zooplancton. Estas variaciones tanto de diversidad como de abundancia están altamente relacionados con los factores abióticos del agua, también depende de los nutrientes la cantidad de especies que existe en cierto lugar.

9.3 Vinculación con la comunidad:

Después de haber realizado las charlas antes y después de hacer el estudio, se procedió a hacer encuestas a los agricultores interesados en el tema, en la Tabla 15 se pueden observar las preguntas de la entrevista con las respuestas y sus respectivos porcentajes. Las prácticas agrícolas realizadas por la gente no son las adecuadas ya que no usan la cantidad adecuada para el uso de agroquímicos y no usan el equipo adecuado tampoco.

Tabla N° 15: Respuestas en porcentajes de las encuestas realizadas a los agricultores interesados en el estudio.

Pregunta	Respuesta	Unidad / Porcentaje
¿La agricultura es su principal sustento económico?	Si	7 / 70%
	No	3 / 30%
¿Cuánto tiempo ha practicado la agricultura en la Parroquia?	Años	20 años - 50 años
¿Qué productos cosecha y cada qué tiempo?	Aguacate	6 meses / 30%
	Chirimoya	6 meses / 40%
	Frutales	4 meses / 40%
	Legumbres	3 meses / 30%
¿Utiliza algún tipo de agroquímico?	Si	8 / 80%
	No	2 / 20%
¿Cada qué tiempo utiliza estos agroquímicos?	Días	15 / 10%
	Meses	4 / 40%
	Meses	6 / 20%
	Año	1 / 10%
¿Utiliza algún tipo de protección?	Si	8 / 100%

	No	0 / 0%
¿Pone la cantidad de agroquímico indicada?	Si	7 / 80%
	No	1 / 20%
¿Donde desecha los envases de agroquímicos una vez utilizados?	Quema	2 / 25%
	Entierra	2 / 25%
	Recolector	
	Basura	4 / 50%
El resto de desechos (basura, desechos orgánicos) ¿donde los deposita?	Entierra	8 / 80%
	Huerto	1 / 10%
	Quema	1 / 10%
¿Donde lava los utensilios de fumigación?	Llave de casa	5 / 75%
	Huerto	3 / 25%
¿Cree que existe un buen manejo de basura en la parroquia?	Si	3 / 30%
	No	7 / 70%
¿Cree que las autoridades se preocupan de la calidad del agua?	Si	2 / 20%
	No	8 / 80%
¿Estaría dispuesto a colaborar asistiendo a capacitaciones para mejorar la calidad del agua?	Si	10 / 100%
	No	0 / 0%

El 80% de los agricultores si usan agroquímicos pero de mala manera ya que su protección es muy deficiente, incluye solamente guantes y en ocasiones gafas. Además, algunos agricultores usan más cantidad de agroquímicos de lo que está indicado en el envase, y el desecho de los envases no lo hacen en lugares adecuados al igual que el resto de los desechos como la basura. Lastimosamente, al culminar con el estudio, el interés en el aporte dado por éste, por parte de los pobladores y especialmente de los agricultores de la Parroquia, fue muy bajo; sin embargo, existe el 100% de interés en el mejoramiento de la calidad del agua por parte de las personas interesadas ya que están conscientes de que en la

parroquia no hay un buen manejo de los desperdicios y quieren mejorar esto. El 80% de los agricultores creen que las autoridades de la Parroquia no hacen nada al respecto para el cuidado del recurso hídrico por falta de interés de los mismos pero están de acuerdo con que se debe emplear una educación ambiental en la Parroquia ya que hace mucha falta este tema. En la primera charla estuvieron presentes 16 personas pertenecientes a la asociación de agricultores y en la última charla estuvieron presentes 10 personas a quienes se les hizo las encuestas, estas 10 personas también forman parte del sector agrícola de la parroquia (asociación de agricultores).

10. DISCUSIÓN

Según los resultados del índice de Shannon, se puede observar que los puntos muestreados no tienen una alta diversidad de plancton (media de 0,11; mientras el índice se acerca a 0, es menor la diversidad). En la vertiente 1 existe mayor diversidad de Diatomeas, en la vertiente 2 existe mayor diversidad de Algas Verdes y en la vertiente 3 existe mayor diversidad de Cianobacterias y Diatomeas, estos resultados podrían estar influenciados por los factores abióticos del agua. En cuanto a la diversidad de Zooplancton, en el punto 2 de la vertiente 3 existe mayor diversidad de las especies, en este punto se encontraron las 4 especies descritas en todo el estudio (*Habrotrocha* sp., *Otostephanus* sp., *Brachionus* sp. y *Epiphanes* sp.), en el resto de puntos solo encontraron una o dos de estas 4 especies. En cuanto a las abundancias, en el segundo punto de la tercera vertiente existe una mayor abundancia de Zooplancton, esto podría estar influenciado porque existe mayor cantidad de materia orgánica que en los otros sectores del estudio ya que este punto se encuentra después de pasar por la florícola más grande e importante de la Parroquia, aquí influyen las concentraciones menores de nitrógeno, carbonatos, bicarbonatos y silicio y concentraciones mayores de fósforo.

Las diferencias en diversidad y abundancia en cada punto tienen que ver con todos los factores tanto naturales (especialmente nutrientes) como exógenos al ambiente (factores inorgánicos como residuos sólidos, aceites, detergentes y agroquímicos), todos estos factores fueron determinados para calcular el ICA de cada punto de muestreo. También influye la conductividad ya que la medida de conductividad de un cuerpo es uno de los parámetros más importantes en estudios de agua debido a que por este factor, se puede conocer mucho acerca del metabolismo de un ecosistema acuático. Altas diversidades de especies corresponden a bajas conductividades y viceversa (Roldán, 2008).

Se puede observar en los resultados (Tabla 11) que al aumentar la conductividad, aumentan los sólidos totales suspendidos y de igual manera si la conductividad disminuye, los sólidos también. Según Roldán (2008), una manera rápida y simplificada de medir los sólidos totales de una muestra de agua es la conductividad eléctrica; estos dos factores

tienen una estrecha relación. Aguas muy oligotróficas o pobres en iones, presentarán bajas conductividades y alta resistencia. Soluciones con mayor concentración iónica presenten mayores conductividades y menor resistencia. Por lo tanto, el agua de las vertientes de la Parroquia de Puéllaro no son aguas oligotróficas pero tampoco son aguas con poca resistencia ya que la conductividad y los sólidos totales suspendidos están en el rango intermedio determinado por Roldán (2008), por lo que se las puede catalogar como aguas de buena calidad ecológica si nos referimos solo a estos factores.

En los puntos 2 y 3 de la vertiente 1 existe una conductividad y sólidos totales suspendidos mayor que en el resto de puntos, esto se debe a la presencia mayor de iones. La conductividad para ecosistemas acuáticos como los del presente estudio va en un rango de 200 a 500 μS . La presencia de iones en el agua también está relacionado con la alcalinidad o acidez de la misma, por lo que si existen menos cantidad de iones, el agua es más ácida y si existen más iones entonces el agua es más alcalina por lo que se puede apreciar en el estudio que mientras aumenta la conductividad, también aumenta la alcalinidad del agua.

En el estudio se obtuvieron temperaturas de 17 a 20°C, la temperatura se relaciona con la altitud, para aguas de montaña con altitudes de 1500 a 2500 m.s.n.m, el rango de temperatura es de 18 a 20°C, la Parroquia de Puéllaro se encuentra a una altitud de 2000 a 2200 m.s.n.m. por lo que está dentro del rango establecido por Roldán (2008).

También existe la relación de la alcalinidad con los carbonatos y bicarbonatos, según Roldán (2008), desde el punto de vista biológico, las aguas con altos valores de alcalinidad (carbonatos y bicarbonatos) son las más productivas y adecuadas para programas de acuicultura. Aguas con pH por debajo de 6,0 poseen pocos carbonatos y son pobres desde el punto de vista biológico y viceversa. Por lo tanto, con los resultados obtenidos en el estudio se puede observar que el rango del pH va desde 6 a 8 por lo que están en el rango de neutra-a alcalina lo que hace que sea un agua apta biológicamente hablando.

Con respecto a los nutrientes, se puede observar que cada vez que el agua tiene una acción antrópica, éstos aumentan y produce un aumento en la carga orgánica del agua.

Con los resultados del ICA se puede observar que el estado de salud ecológica del agua es de buena calidad para la actividad agrícola de la zona pero esto no sucede en todos los puntos ya que cada vez que las vertientes tienen alguna intervención antrópica, la calidad del agua disminuye hasta llegar a los puntos finales (vertiente uno, el Llano; vertiente dos, Centro y vertiente tres, San José), donde se encuentra que la calidad del agua ya presenta una contaminación baja, provocada por diferentes elementos como los desperdicios orgánicos y la basura, esto produce que los factores abióticos disminuyan o aumenten su valor dependiendo del tipo de contaminante que se desecha en el punto.

Con los resultados obtenidos con el índice de Palmer se puede observar que existe una contaminación orgánica especialmente en el punto 2 de la vertiente 3 donde el OPI sobrepasa el límite (21), en este punto es donde se encontraron las 8 especies (*Closterium* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Oscillatoria* sp., *Euglena* sp., *Gomphonema* sp., *Melosira* sp. y *Synedra* sp.) de las 20 descritas por Palmer (1969). En el resto de puntos no se encontraron las 8 especies de fitoplancton por lo que el índice del OPI fue más bajo que en este punto, esto podría estar influenciado, como anteriormente se mencionó, a que existe mayor cantidad de nutrientes que en los otros puntos ya que este sector se encuentra ubicado después de pasar por la florícola más grande de la parroquia y tiene más desechos orgánicos, lo que genera mayor disponibilidad de alimento para las especies. Pero en este punto no solo existen estas 8 especies de fitoplancton, existen todas las especies descritas en el estudio, existe la mayor diversidad y abundancia de todos los grupos.

Con las encuestas realizadas se logró interpretar que en la parroquia no existen buenas prácticas agrícolas, a pesar de que la agricultura es el sustento económico de la zona. No existe la protección adecuada para poner los agroquímicos en los cultivos, ni tampoco ponen las cantidades adecuadas de pesticidas, los envases los botan en conjunto de la basura común, y no tienen un lugar adecuado donde lavar los utensilios después de ser usados. Todo esto se debe a que en la parroquia no existe la debida educación e información acerca de buenas prácticas agrícolas e incluso no existe el interés por parte de los agricultores de cambiar sus malas prácticas o malos hábitos.

Una de las preguntas realizadas por los agricultores de la parroquia después de haber presentado los resultados finales, fue cuales serían las medidas correctivas para este problema de la contaminación del agua; la solución a larga escala es la aplicación de una agricultura sostenible, los agricultores estuvieron de acuerdo y mencionaron que emplearían este tipo de agricultura ya que si están preocupados por la salud ecológica del agua de su parroquia. Se tomó esta pregunta como análisis principal porque esto fue el énfasis que tomaron los agricultores, al saber que existe un problema con el recurso hídrico de la zona, lo primero que quisieron saber fue que hacer para mejorar esto ya que están conscientes de que está provocando una contaminación, pero no tienen conocimiento acerca de cómo evitar que este problema aumente.

11. CONCLUSIONES

Seis de los nueve puntos de muestreo indican tener una buena calidad de agua para riego después de haber calculado el ICA. El agua de la Parroquia de Puéllaro es apta para la actividad agrícola, riego principalmente, pero no para otras actividades como consumo humano.

Muchas especies son bioindicadoras del estado de salud ecológica del agua por ejemplo *Closterium* sp., *Navicula* sp., *Nitzchia* sp., *Oscillatoria* sp., *Euglena* sp., *Gomphonema* sp., *Melosira* sp. y *Synedra* sp. son indicadoras de aguas con alta carga orgánica, el resto de especies *Amphora ovalis*, *Anabaena* sp., *Cosmarium botrytis*, *Cymbella* sp., *Lyngbya* sp., *Oedogonium* sp., *Pinnularia* sp., *Spirogyra* sp., *Surirella* sp., *Trachelomona* sp., *Habrotrocha* sp., *Otostephanus* sp., *Brachionus* sp. y *Epiphanes* sp son indicadoras de buena calidad de agua, por lo tanto, comparando estos factores con los abióticos se determina que el agua de riego de la parroquia de Puéllaro no es de buena calidad para el consumo humano, por lo que hay que tomar medidas correctivas como la aplicación de una agricultura sustentable que implique la implementación de policultivos, cultivos rotativos, para los tres puntos donde se aprecia una contaminación en el agua.

Aunque la contaminación en los tres puntos finales de cada vertiente no sea tan alta, se debe tomar medidas correctivas con respecto a la manipulación de los desechos (aceites, detergentes, desechos orgánicos) ya que el recurso más afectado con todos estos desperdicios es el agua y la población de la parroquia depende del mismo; una de las medidas correctivas que se podrían tomar sería colocar un dispositivo exclusivo para este tipo de desechos para que no sean arrojados en los canales de riego o peor en las quebradas de la parroquia.

El interés por parte de los habitantes de la parroquia fue amplio al principio del estudio, colaboraron con su apoyo y aceptación al trabajo realizado para no tener ningún inconveniente ni queja a mitad del proceso, sin embargo, al finalizar el estudio, el interés por parte de los habitantes de la Parroquia fue mínimo, se perdió el interés que se presentó al comienzo del trabajo, esto podría deberse a que hubo un cambio en la directiva de la asociación de agricultores y esto produjo problemas internos. Hay que destacar el punto de

interés al comienzo del estudio ya que el trabajo no se hubiera podido realizar con éxito sin él.

12. LITERATURA CITADA

- Acosta Solís, M. 1966. Las divisiones fitogeográficas y las formaciones geobotánicas del Ecuador. *Rev. Acad. Colombiana* 12:401-447.
- Altieri, M. 2004. La agricultura moderna: Impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. Department of Environmental Science, Policy and Management. University of California, Berkeley.
- Altieri, M. 2006. Agroecología: Perspectivas para una agricultura biodiversa y sustentable. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja – Ecuador. pp. 31.
- Anagnostidis, K. y Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes 3-Oscillatoriales. *Arch Hydrobiol.* pp. 80.
- Anton, A. y Duthie, H. 1981. Use of cluster analysis in the systematics of the algal genus *Cryptomonas*. *Can. J. Bot.* 59: 992- 1002.
- Aranda, D. 2009. Glifosato, el tóxico de los campos. Argentina. pp 12.
- Bayer CropScience. 2005. Antracol 70 PM. Ficha de datos de seguridad.
- Boltovskoy, E. 1967. Indicadores biológicos en la oceanografía. *Cienc. Inv.* 66 - 75.
- Borja, R. 1997. Enciclopedia de la política. Fondo de Cultura Económica. México. pp. 920.
- Bourelly, P. 1990. Les algues d'eau douce. Initiation á la systématique. Tome I. Les algues vertes. Paris – France. *Bulletin de Société Zoologie France* 120:191–208.
- Burger, M. y Fernández, S. 2004. Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina. Universidad de la República. Montevideo - Uruguay. *Rev Med Uruguay* 2004; 20: 202-207
- Carter, J. 1981. A taxonomic study of diatoms from standing freshwaters in Shetland. *Nova Hedwigia*. *Nova Hedwigia*, pp 33.
- Clair, L. 1983. El reto de la ecología. CECSA. Mexican Diversity of Fauna, pp 15.
- Coesel, P. 1979. Desmids of the broads area of N.W.Overijssel (The Netherlands) I. *Acta Bot. Neerl.*
- Comisión Nacional de Investigación sobre Agroquímicos. 2009. Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente, Buenos Aires – Argentina. *Acta Bot. Neerl.* 23: 361-368.

- Conde-Porcuna, J. Ramos-Rodríguez, E. y Pérez-Martínez, C. 2002. Correlations between nutrient limitation and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology*, 47: 1463-1473.
- Conde-Porcuna J. Ramos-Rodríguez E. y Morales-Baquero E. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lenticos. Instituto del Agua. Universidad de García I. Contaminación por fitosanitarios. Plaguicidas. García 958: 243 – 372.
- Condiza, C. 1998. Agricultura Sostenible. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria Pronatta. Ministerio de Agricultura. República de Colombia.
- Donald, R. 1997. DDT, global strategies and malaria control crisis in South America. *Emerg Infect Dis* 1997;3:295-302.
- FAO. 2004.
- Fernández, N. Ramírez, A. Solano, F. 2001. Índices FísicoQuímicos de Calidad del Agua un Estudio Comparativo. Departamento de Biología y Química. Universidad de Pamplona. Colombia.
- Gardillo, D. 1995. Ecología y contaminación ambiental. Interamericana-McGraw Hill. UNAM. México. McGraw-Hill, 1995. pp 566.
- González, J. Pedrós-Alió, C. Gasol, J. 2008. Plancton Bacteriano de los Océanos. Investigación y Ciencia.
- Hairston, N. 1996. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. *Limnology and Oceanography*, 41: 1087-1092.
- Henao, S., y Corey, G. 1986. Plaguicidas organofosforados y carbámicos. OPS, OMS. México. pp.27, 28, 30, 31, 32, 33.
- Horowitz, M. 2000. Diccionario de Antropología. Thomas Barfield. México. [pag. 446-447].
- Huber-Pestalozzi, G. 1955. Euglenophyceen. In Huber-Pestalozzi, G. (ed): *Das Phytoplankton des Subwassers. Systematik und Biologie*. 96: 85. 82.

- Junshum, P. Choonluchanon, S. y Traichaiyaporn, S. 2008. Biological indices for classification of water quality around Mae Moh power plant, Thailand. *Mj. Int. J. Sci. Tech.* 2(01), 24-36. Thailand.
- Komárek, J. y Anagnostodos, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes 4-Nostocales. *Arch Hydrobiol. Suppl.* 82.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. 1991. Baciliariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In *Ett.* pp 576.
- MacLachlan D. PROPINEB (105 – see dithiocarbamates). Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. MacLachlan. pp 903.
- Nebraska Department of Agriculture. 2008. Pesticide Label Query: Products Allowing Chemigation. IDAPA. pp 22.
- Paggi, J. y Susana, B. 1997. Efectos de los pesticidas sobre el zooplancton de las aguas continentales: análisis revisivo. Escuela Superior de Sanidad. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe – Argentina. pp 72.
- Párraga, C. Espinel, R. 2006. Análisis de la actividad agrícola como contaminante del agua, alternativas tecnológicas para la desinfección del agua para consumo humano en comunidades rurales y recursos legislativos para la prevención y su conservación. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- Pérez, W. y Forbes, G. Manejo integrado del tizón tardío. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima – Perú. pp 25.
- Peudayé, J. Ferro, A. y Pedauyé, V. 2000. Alimentos Transgénicos. Mc Graw-Hill. España. pp. 155.
- Quizhpilema, E. 2009. Factibilidad de un centro de acopio de productos agrícolas de la parroquia de Puéllaro. Universidad Autónoma de Quito – UNAQ. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Quito – Ecuador. pp 108.
- Ramírez, A. y Mijangos, A. 1999. Efectos nocivos provocados por el uso de plaguicidas en la fauna silvestre de México y sus consecuencias ecológicas. *UNAM. México.* 58:387-393.

- Ramírez, J. y Lacasaña, M. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Instituto Nacional de Salud Pública. Universidad Pompeu Fabra. Barcelona – España. Arch Prev Riesgos Labor 2001;4(2):67-75.
- Remmers, G. 2010. Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Universidad de Córdoba. España. pp 158.
- Rodríguez, J. 2011. La Estructura de Tamaños del Plancton: un tópico interdisciplinar y Margalefiano. Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071. Málaga – España.
- Roldán, G. 1996. Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad del Agua. Universidad de Antioquía. Posgrado de Biología. Medellín – Colombia.
- Roldán, G. Ramírez, J. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquía. Segunda Edición. Colombia.
- Schmidt-Rhaesa, A. 2008. Meiofauna Marina: Biodiversity, morphology and ecology of small benthic organisms. Volume 16. München – Germany. ISSN, Vol. 16, pp. 109-116.
- Sierra, C. 2011. Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico. Universidad de Medellín. Medellín – Colombia.
- Sierra, R. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación vegetal para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Sierra, R. (Ed.) 10: 144-154.
- Silva, C. Troya, V. Inchausty, V. Pazmiño, A. 2009. Agua para la Vida: Aportes a la construcción de mejores prácticas en el manejo sustentable del agua y la biodiversidad. UICN. Ecuador.
- TULAS. 2002. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Presidencia de la República. Ecuador.
- Vernier. 2006. Oxígeno Disuelto. Ciencias con lo Mejor de Vernier.
- Vicente, E. Hoyos, C. Sánchez, P. Cambra, J. 2005. Metodología para el Establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua: Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. Universidad de Valencia. España.

13. GLOSARIO

Autodepuración: es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica. En este proceso los compuestos orgánicos son diluidos y transformados progresivamente por la descomposición bioquímica, aumentando su estabilidad. Cada etapa se caracteriza por su distinta composición física y química.

Auxótrofo: organismo incapaz de sintetizar una molécula orgánica indispensable para su propio crecimiento.

Bentónico: organismos que viven y realizan sus funciones vitales en dependencia estricta de un sustrato.

Diatomeas pennadas: presentan simetría bilateral, son móviles y tienen surco longitudinal. Ejemplo: Género *Navícula*.

Equidad: supone medir el grado de uniformidad con que son distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y consumidores locales.

Estabilidad: es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo.

Estenoicos: organismos que necesitan del cumplimiento riguroso de condiciones ambientales muy precisas para sobrevivir. Su capacidad de adaptación es limitada. Organismos que no toleran amplias variaciones de las condiciones ambientales.

Eutrófico: es el medio natural rico en componentes nutritivos, especialmente en sales minerales y otros nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

Extremófilos: organismos, en su mayoría microorganismo, que poseen la aptitud de desarrollarse en condiciones físicas y químicas extremas.

Mesosaprobio: son los organismos que viven en medios con una cantidad moderada de materia orgánica y variable cantidad de oxígeno en disolución, como algunas algas clorofíceas.

Mucílago: es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. Se encuentran en las algas.

Oligotrófico: es el medio acuático con escasa cantidad de sustancias disueltas aprovechables y que se encuentran en el primer paso de su proceso evolutivo. Es decir, es el cuerpo de agua con pocos nutrientes y pocos organismos vivos.

Pelágico: son los organismos tanto de animales como plantas que viven en alta mar pero no a grandes profundidades.

Planctófagos: son los organismos que se alimentan del plancton tanto fitoplancton como zooplancton.

Productividad: es la medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, labor o insumo utilizado.

Rafe: es la hendidura longitudinal mediana presente en las valvas de algunas diatomeas pennadas, a veces con estructuras llamadas nódulos, que aseguran la comunicación con el exterior del frústulo. Puede estar en ambas valvas o solamente en la epivalva.

Sustentabilidad: es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas.

14. ANEXOS

Anexo N°1: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola según la regulación del TULAS:

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5

Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3

Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: (TULAS, 2002).

Anexo N°2: parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego según la regulación del TULAS.

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5	5	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					
Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3	3	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3	3		
Cloruros:					
Irrigación superficial	meq/l	4	4	10	>10,0
Aspersión	meq/l	3	3		
Boro:	mg/l	0,7	0,7	3	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/l	5	5	30	>30,0
Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

Fuente: (TULAS, 2002)

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).

(3)Sólidos disueltos totales.

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.

(7) Afecta a los cultivos susceptibles.

Anexo N° 3: parámetros de los niveles del agua según Roldán 2008.

Factor Abiótico	Rango
pH	6 - 9
Conductividad	200 - 600 us
Temperatura	16 – 20 °C
Sólidos Totales Suspendidos	100 - 500 ppm

Anexo N° 4: Resultados de pesticidas de los análisis del agua de la vertiente 1.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-26499
ORDEN DE TRABAJO No034184

SOLICITADO POR:	ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCION:	ALBORNOZ OE5-114 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION:	23/11/11
HORA DE RECEPCION:	09H40
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	AGUA V1.1 Y V1.3
FECHA DE ANALISIS:	23/11 A 22/12/11
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	23/12/11
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS, ESTADO:	TRANSPARENTES LIQUIDO
CONTENIDO:	1 GALON
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ORGANOFOSFORADOS:			
ACEFATO	µg/l	<0.02	EPA 8141 La sumatoria de compuestos organofosforados, no debe exceder los 100 µg/l <100
CLOFIRIFOS	µg/l	<0.02	
DIAZINON	µg/l	<0.02	
DIMETOATO	µg/l	<0.02	
ETIL-PARATION	µg/l	<0.02	
MALATION	µg/l	<0.02	
METAMIDOFOS	µg/l	<0.02	
MONOCROTOFOS	µg/l	<0.02	
PROFENOFOS	µg/l	<0.02	
TRICLORFON	µg/l	<0.02	
SUMATORIA DE ORGANOFOSFORADOS	µg/l		

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE**



Jenny Murillo
DRA. JENNY MURILLO
JEFE DE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL



1 de 1

RAM-4.1-04

Dirección: Francisco Yáñez s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquim.ucae.edu.ec - E-mail: laboratorioosp@hotmail.com



Anexo N° 5: Resultados de pesticidas de los análisis del agua de la vertiente 2.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-26500
ORDEN DE TRABAJO No034184

SOLICITADO POR:	ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCIÓN:	ALBORNOZ OE5-114 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION:	23/11/11
HORA DE RECEPCION:	09H40
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	AGUA V2.1 Y V2.3
FECHA DE ANALISIS:	23/11 A 22/12/11
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	23/12/11
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS. ESTADO:	TRANSPARENTES LIQUIDO
CONTENIDO:	1 GALON
MUESTREO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ORGANOFOSFORADOS:			
ACEFATO	µg/l	<0.02	EPA 8141 La sumatoria de compuestos organofosforados, no debe exceder los 100 µg/l <100
CLOFIRIFOS	µg/l	<0.02	
DIAZINON	µg/l	<0.02	
DIMETOATO	µg/l	<0.02	
ETIL-PARATION	µg/l	<0.02	
MALATION	µg/l	<0.02	
METAMIDOFOS	µg/l	<0.02	
MONOCROTOFOS	µg/l	<0.02	
PROFENOFOS	µg/l	<0.02	
TRICLORFON	µg/l	<0.02	
SUMATORIA DE ORGANOFOSFORADOS	µg/l		

"Los ensayos marcados como * no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Jenny Muriello

DRA. JENNY MURILLO
JEFE DE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Guillermo Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
Teléfax: 3216-740 - Web: www.facq.uce.edu.ec - E-mail: laboratorioaqa@hotmail.com



Anexo N° 6: Resultados de pesticidas de los análisis del agua de la vertiente 3.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-2650J
ORDEN DE TRABAJO No034184

SOLICITADO POR:	ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCIÓN:	ALBORNOZ OE5-114 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION:	23/11/11
HORA DE RECEPCION:	09H40
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	AGUA V3.1 Y V3.3
FECHA DE ANALISIS:	23/11 A 22/12/11
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	23/12/11
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS.	TRANSPARENTES
ESTADO:	LIQUIDO
CONTENIDO:	1 GALON
MUESTREO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al OSP .

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ORGANOFOSFORADOS:			
ACEFATO	µg/l	<0.02	EPA 8141 La sumatoria de compuestos organofosforados, no debe exceder los 100 µg/l <100
CLOFIRIFOS	µg/l	<0.02	
DIAZINON	µg/l	<0.02	
DIMETOATO	µg/l	<0.02	
ETIL-PARATION	µg/l	<0.02	
MALATION	µg/l	<0.02	
METAMIDÓFOS	µg/l	<0.02	
MONOCROTOFOS	µg/l	<0.02	
PROFENOFOFOS	µg/l	<0.02	
TRICLORFON	µg/l	<0.02	
SUMATORIA DE ORGANOFOSFORADOS	µg/l		

*Los ensayos marcados con * no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE*



Jenny Murillo

DRA. JENNY MURILLO
JEFE DE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL



3 11

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gaito Ibarra - Teléfonos: 2502-262 / 2503-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
Teléfono: 3216-740 - Web: www.facqam.uce.edu.ec - E-mail: laboratorioosp@utmsul.com

Anexo N° 7: Resultado de los análisis físico químicos de la vertiente 1.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-28154

ORDEN DE TRABAJO No 036605

SOLICITADO POR: ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCIÓN: ALBORNOZ OE 5-144 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION: 28/05/12
HORA DE RECEPCION: 09H57
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCION: AGUA V1.2 V1.3
FECHA DE ANALISIS: DEL 28/05 AL 08/06/12
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA 08/06/12
SECRETARIA
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE
ESTADO: LÍQUIDO
CONTENIDO: 2 LITRO
MUESTREO POR: CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*SILICIO	mg/l	34	COLORIMETRICO MERCK
FOSFORO TOTAL	mg/l	0.5	MAM-17/APHA4500-P B y/c MODIFICADO
*CARBONATOS	Como mg/CaCO3/l	15	CALCULO
*BICARBONATOS	Como mg/CaCO3/l	160	CALCULO
NITROGENO TOTAL	mg/l	<1	MAM-45/COLORIMETRICO MERCK



[Firma]
Quím. Lander Pérez
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatti Subrafi - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
Teléfono: 3216-740 - Web: www.ficquimuce.edu.ec - E-mail: laboratorioosp@hotmail.com

RAM-4.1-04



Anexo N° 8: Resultado de los análisis físico químicos de la vertiente 2.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-28155
ORDEN DE TRABAJO No 036605

SOLICITADO POR: ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCIÓN: ALBORNOZ OE 5-144 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION: 28/05/12
HORA DE RECEPCION: 09H57
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCION: AGUA V2.2 V2.1
FECHA DE ANALISIS: DEL 28/05 AL 08/06/12
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 08/06/12
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE
ESTADO: LÍQUIDO
CONTENIDO: 2 LITRO
MUESTREO POR: CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*SILICIO	mg/l	32	COLORIMETRICO MERCK
FÓSFORO TOTAL	mg/l	0.3	MAM-17/APHA4500-P B y/o C MODIFICADO
*CARBONATOS	Como mg/CaCO ₃ /l	NO DETECTABLE	CALCULO
*BICARBONATOS	Como mg/CaCO ₃ /l	135	CALCULO
NITROGENO TOTAL	mg/l	<1	MAM-45/COLORIMETRICO MERCK



Quím. Ender Pérez
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

2 de 4

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
Teléfono: 3216-740 - Web: www.fbcq.umano.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo N° 9: Resultado de los análisis físico químicos de la vertiente 3.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-28156
ORDEN DE TRABAJO No 036605

SOLICITADO POR:	ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
DIRECCIÓN:	ALBORNOZ OE 5-144 Y VALDEZ
FECHA DE RECEPCION:	28/05/12
HORA DE RECEPCION:	09H57
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	AGUA V3.1 V3.3
FECHA DE ANALISIS:	DEL 28/05 AL 08/06/12
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	08/06/12
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	TRANSPARENTE
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	2 LITRO
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*SILICIO	mg/l	28	COLORIMETRICO MERCK
FOSFORO TOTAL	mg/l	0.5	MAM-17/APHA4500-P B y/o C MODIFICADO
*CARBONATOS	Como mg/CaCO3/l	5	CALCULO
*BICARBONATOS	Como mg/CaCO3/l	81	CALCULO
NITROGENO TOTAL	mg/l	<1	MAM-45/COLORIMETRICO MERCK



[Firma]
 Quím. Lander Pérez
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
 Teléfono: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriosqam@fotmail.com

RAM-4.1-04



Anexo N° 10: Resultado de los análisis de pesticidas del sustrato.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-28157
ORDEN DE TRABAJO No 036605

SOLICITADO POR: ESCOBAR CARDENAS MARIA JOSE
 DIRECCIÓN: ALBORNOZ OE 5-144 Y VALDEZ
 FECHA DE RECEPCION: 28/05/12
 HORA DE RECEPCION: 09H57
 MUESTRA DE: SUELO
 DESCRIPCION: SUELO V1.3- V3.3
 FECHA DE ANALISIS: DEL 28/05 AL 08/06/12
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 08/06/12
 CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: CAFE
 ESTADO: SOLIDO
 CONTENIDO: 1 KG
 MUESTREADO POR: CLIENTE
 OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por cliente y entregada al OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
*ORGANOCLORADOS:			
Alfa BCH	µg/kg	<10	MAL 82/ EPA 8270 D
Beta BCH	µg/kg	<10	
Gamma BCH	µg/kg	<10	
Delta BCH	µg/kg	<10	
Heptaclor	µg/kg	<10	
Aldrin	µg/kg	<10	
Heptacor epoxide isomero B	µg/kg	<10	
Endosulfan I	µg/kg	<10	
4,4 DDE	µg/kg	<10	
Dieldrin	µg/kg	<10	
Endrin	µg/kg	<10	
4,4 DDD	µg/kg	<10	
Endosulfan II	µg/kg	<10	
Endrin aldehido	µg/kg	<10	
4,4 DDT	µg/kg	<10	
Endosulfan sulfato	µg/kg	<10	
Endrin cetona	µg/kg	<10	
Metoxiclor	µg/kg	<10	



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Subral - Telefonos: 2502-263 / 2503-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facqimucce.edu.ec - E-mail: laboratorioosp@hotmail.com

RAM-4.1-04





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

*ORGANOFOSFORADOS:		
O,O,O-trietilfosforothionato	µg/kg	<10
Thinazin	µg/kg	<10
Sulfotep	µg/kg	<10
Phorate	µg/kg	<10
Dimethoate	µg/kg	<10
Dianizon	µg/kg	<10
Disulfoto	µg/kg	<10
Methyl parathion	µg/kg	<10
Malation	µg/kg	<10
Ethil Parathion	µg/kg	<10
Ehion	µg/kg	<10
Famphur	µg/kg	<10

MAL 81/ EPA 8270 D



Quím. Lander Pérez
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL



ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES.



Anexo N° 11: Modelo de encuesta para los agricultores de la Parroquia de Puéllaro.

- 1. Nombre:**
 - 2. Ocupación o cargo en la asociación de agricultores:**
 - 3. ¿La agricultura es su principal sustento económico? Si su respuesta es NO entonces mencione cual es su principal sustento económico.**
 - 4. ¿Cuánto tiempo ha practicado la agricultura en la Parroquia?**
 - 5. ¿Qué productos cosecha y cada qué tiempo?**
 - 6. ¿Utiliza algún tipo de agroquímico (pesticida o fertilizante) para el cuidado de sus productos?**
 - 7. ¿Cada qué tiempo utiliza estos agroquímicos?**
 - 8. ¿Utiliza algún tipo de protección al momento de poner los agroquímicos en sus productos?**
 - 9. ¿Pone la cantidad de agroquímico indicada en el envase? Si su respuesta es NO, diga cuanto pone.**
 - 10. ¿Donde desecha los envases de agroquímicos una vez utilizados?**
 - 11. Y el resto de desechos (basura, desechos orgánicos) ¿donde los deposita?**
 - 12. ¿Donde lava los utensilios de fumigación luego de aplicar el producto?**
 - 13. ¿Cree que existe un buen manejo de basura en la Parroquia? Si su respuesta NO, indique el por qué**
 - 14. ¿Cree que las autoridades de la Parroquia se preocupan de la calidad del agua? Si su respuesta es NO, indique el por qué**
 - 15. ¿Estaría dispuesto a colaborar con capacitaciones para tener mayor conocimiento acerca de una agricultura amigable con el medio ambiente y así mejorar la calidad del agua? ¿Por qué?**
-

La ponderación para las encuestas:

Pregunta 3: SI – NO

Pregunta 4: Corto tiempo → semanas, meses (baja importancia), Largo tiempo → años (alta importancia de 1 a 10 dependiendo de los años).

Pregunta 5: corto tiempo → semanas (baja importancia), largo tiempo → meses (alta importancia de 1 a 10 dependiendo de los meses).

Pregunta 6: SI – NO

Pregunta 7: poco tiempo → años (baja importancia), mucho tiempo → semanas, meses (alta importancia de 1 a 10 dependiendo de las semanas, meses)

Pregunta 8: SI – NO

Pregunta 9: SI – NO

Pregunta 10: basurero especial para desechos químicos 1 - basurero propio 2 – basurero público 3 – calle 4 – quebrada 5.

Pregunta 11: basurero especial para desechos 1 - basurero propio 2 – basurero público 3 – calle 4 – quebrada 5.

Pregunta 12: lugar solo para lavar utensilios de fumigación 1 – casa propia 2 – lugar público 3 – canal de riego 4 – vertiente 5.

Pregunta 13: SI – NO

Pregunta 14: SI – NO

Pregunta 15: SI – NO se medirá de 1 al 5 el grado de interés por parte de los agricultores.

15. APÉNDICES

Apéndice N° 1: Fotografías de los materiales de campo.



Figura N° 5: Oxigenómetro y multiparámetro. **Figura N° 6:** Red Surber.



Figura N° 7: 18 frascos con muestra.

Figura N° 8: Frasco ambar.

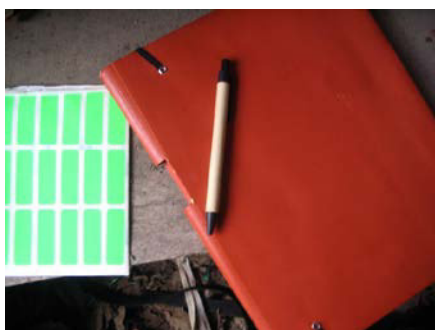


Figura N° 9: Libreta de campo y etiquetas adhesivas.

Apéndice N° 2: Fotografías de los materiales de laboratorio.



Figura N° 10: 6 embudos de decantación.

Figura N° 11: Centrífuga.



Figura N° 12: Centrífuga.

Figura N° 13: Probeta.



Figura N° 14: 18 tubos de vidrio.

Figura N° 15: Microscopio.

Apéndice N° 3: Fotografías de la socialización con la gente de la Parroquia de Puéllaro.



Figura N° 16: María José Escobar dando la primera charla.



Figura N° 17: Agricultores de la Parroquia.

Figura N° 18: María José Escobar dando la charla final.



Figura N° 19: Agricultores respondiendo las encuestas entregadas.