



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL II VERSION

**VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE NUTRIENTES EN UNA
GRADIENTE DE DISTURBIO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO
MATADERO. CANTÓN CUENCA. PROVINCIA DEL AZUAY**

**TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL**

AUTOR

MARIA JOSE CHERREZ TERREROS

DIRECTOR

PIERCOSIMO TRIPALDI CAPELLETTI

CUENCA – ECUADOR

JULIO 2014

DEDICATORIA

A la paciencia y comprensión, bondad y sacrificio de mis pequeños hijos, mis padres y aquel ser maravilloso, por permitirme cumplir con este logro, a ustedes por siempre y para siempre mi corazón y agradecimiento

AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas breves líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Dr. Piercósimo Tripaldi, director de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión de la misma.

Agradezco por el apoyo brindado para la ejecución de este proyecto al Ing. Xavier Sánchez Aguilera, Subgerente de Operaciones, Agua Potable y Saneamiento de ETAPA EP, de igual manera a la Ing. Yolanda Torres Moscoso, Supervisor del Laboratorio de Saneamiento.

Agradecer también la ayuda recibida por el personal del Laboratorio de Saneamiento. Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros de labores, en especial a la Dra. Rocío Tenorio, Dra. Verónica Trelles e Ing. Diego Arce por el apoyo incondicional y ayuda brindada en estos años de estudio, de todo corazón muchas gracias.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y las sugerencias recibidas de un entrañable amigo y compañero Biólogo Edwin Zárate , con el que me encuentro en deuda por el ánimo infundido y la confianza en mí depositada, de igual manera a los estudiantes: Srta. Diana Merchán y Sr. Agustín Sparer por ser quienes con su compromiso y buena voluntad me acompañaron cada día; sin importar las condiciones adversas, al sitio de estudio y aportaron enormemente con sus conocimientos al desarrollo de este trabajo.

De todo corazón y especialmente agradezco el ánimo, la compañía y la motivación de mi gran y querido amigo, Ing. David Guartatanga , gracias por ser incondicional.

A mi familia y amigos por todo lo que hoy y siempre significarán en mi vida... Son una bendición!!!

A todos ustedes, muchas gracias.

María José

RESUMEN

La problemática ambiental de la Ciudad de Cuenca y zonas periféricas, como en la mayor parte de las ciudades grandes, tiene una fuerte relación con el crecimiento y desarrollo cronológico e histórico de la misma.

Un alto porcentaje de la población total de la provincia se concentra dentro de la ciudad. El número de habitantes y el actual incremento que se evalúa en la misma, da lugar a agudas presiones sociales, demográficas y económicas que demandan espacios, infraestructura, servicios urbanos y de esparcimiento para satisfacer las necesidades cada vez mayores de una población en rápido crecimiento.

Por otro lado el perímetro rural se ha convertido en una zona de alta concurrencia de personas, sumado a esto el tráfico vehicular y las actividades que traen consigo impactos hasta ahora desconocidos cuantitativamente por: turismo, zonas de distracción, deporte, restaurantes, lugares de acogida para turistas, etc.

La determinación y cuantificación de todos los impactos producidos por las actividades humanas dentro del curso del Río Matadero, en una zona comprendida entre la parte más alta de la microcuenca, hasta aquella zona donde las actividades antropogénicas van tomando cada vez mayor fuerza, avistándose en la actualidad algunos de los disturbios más comunes que generan impacto ambiental como turismo, zonas de pastoreo de animales, concurrencia de personas, restaurantes, etc.; generará indicadores capaces de dimensionar los verdaderos impactos y con ello otros resultados que mejoraran el conjunto de una evaluación de ecosistemas acuáticos que permitan establecer exigencias para realizar las remediaciones necesarias.

Palabras clave: Gradiente de disturbio, Río Matadero, Determinación de Fósforo Total, Determinación de Nitratos, Determinación de Clorofila_a.

ABSTRACT

The Identification and quantification of the impacts produced by human activities within the course of the *Matadero* River was the main reason and purpose of this research. The measurement of nutrients in order to determine the degree of eutrophication of total phosphorus and nitrates, chlorophyll as well as certain field parameters such as temperature, dissolved oxygen and potential hydrogen helped to understand in a better way the environmental problems caused by the anthropogenic activities typical from the area of study. Due to the lack of information regarding the proposed topics, we decided to start monitoring the quality of water within this important micro basin, one of the main tributaries of the *Tomebamba* River upper basin, which is considered one of the largest providers of water for its treatment and distribution in the city of Cuenca.

Throughout this research the aforementioned parameters were quantified. Its behavior and dynamics are stable over the time, being able to identify similar characteristics in some cases, but in other stations there are much defined values.


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción

Capítulo 1. AREA DE ESTUDIO

	Página
1. Área de estudio	1
2. Criterios de selección de puntos de muestreo	4
3. Técnica utilizada para la obtención del perifiton	7

Capítulo 2. METODOLOGIA

	Página
1. Determinación de Nitratos	11
2. Determinación de Fósforo Total	11
3. Determinación de Clorofila_a	11
4. Extracto de pigmentos	11
5. Determinación de la clorofila_a en presencia de feofitina_a	12

Capítulo 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Conclusiones y Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

**VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE NUTRIENTES EN UNA GRADIENTE
DE DISTURBIO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO MATADERO.
CANTÓN CUENCA. PROVINCIA DEL AZUAY**

OBJETIVOS

GENERALES

ESPECIFICOS

Objetivo general:

Determinar la variación de nutrientes generados por las actividades humanas en la microcuenca del Río Matadero, cuenca alta del Río Tomebamba.

Objetivos específicos:

- Desarrollar una técnica adecuada para determinar los niveles de nutrientes en el orden de los microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$).
- Determinar la cantidad de nutrientes existentes en la microcuenca del Río Matadero.
- Clasificar las áreas dependiendo del nivel de nutrientes y compararlos con las actividades humanas llevadas a cabo en dichas zonas.
- Desarrollar posibles planes de remediación en las zonas de mayor afectación.

LISTA DE TABLAS, GRAFICOS Y FIGURAS

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla No. 1: Valores promedios en las determinaciones

Tabla No 2: Valores de importancia de explicación de las variables para marcar gradientes

Tabla No. 3: Loadings de componentes principales

Tabla No. 4: Valores de mediciones de campo

Tabla No. 5: Valores de Fósforo vs. Nitratos

Tabla No. 6: Valores obtenidos de Fósforo, Nitratos y Clorofila_a

Tabla No. 7: Resultados obtenidos en la Estación 1

Tabla No. 8: Criterios de calidad de agua. Varias fuentes

Tabla No. 9: Resultados obtenidos en la Estación 2

Tabla No. 10: Resultados obtenidos en la estación 3

Tabla No. 11: Resultados obtenidos en la estación 4

Tabla No. 12: Resultados obtenidos en la estación 5

Tabla No. 13: Resultados obtenidos en la estación 6

CONTENIDO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía No. 1: Sendero hacia la comunidad de Patul

Fotografía No. 2: Vegetación predominante del PNC

Fotografía No. 3: Superficies recomendadas

Fotografía No. 4: Sitio de muestreo. Trabajo hacia la cabecera

Fotografía No. 5: Proceso de obtención del perifiton

Fotografía No. 6: Raspado de perifiton

Fotografía No. 7: Presencia de heces de animales

Fotografía No. 8: Mediciones de campo y obtención del perifiton

Fotografía No. 9: Desechos de animales

Fotografía No. 10: Acceso a Patul

Fotografía No. 11: Zona de muestreo

LISTA DE TABLAS, GRAFICOS Y FIGURAS

Fotografía No. 12: Estación 1

Fotografía No. 13: Lagos con superficie marrón

Fotografía No. 14: Precipitación en los lagos.

Fotografía No. 15: Estación 2

Fotografía No 16: Estación 3

Fotografía No. 17: Presencia de truchas en la zona

Fotografía No. 18: Sitio de muestreo, junto a local de comida

Fotografía No. 19: Estación 4

Fotografía No. 20: Presencia de limo en las rocas

Fotografía No. 21: Estación 5

Fotografía No. 22: Entrada a Hostería Dos Chorreras

Fotografía No. 23: Estación 6

CONTENIDO DE GRAFICOS

Gráfico No. 1: Estudio de componentes

Gráfico No. 2: Variaciones estacionales de parámetros en 6 estaciones de muestreo en la microcuenca del Río Matadero

CONTENIDO DE MAPAS

Mapa No. 1: Mapa de la microcuenca del Río Matadero

Mapa No.2: Microcuenca del Río Matadero

ANEXOS

Descripción de las estaciones

Resultados de Laboratorio

INTRODUCCION

INTRODUCCION

La problemática ambiental de la Ciudad de Cuenca y zonas periféricas, como en la mayor parte de las ciudades grandes, tiene una fuerte relación con el crecimiento y desarrollo cronológico e histórico de la misma.

Un alto porcentaje de la población total de la provincia se concentra dentro de la ciudad. El número de habitantes y el actual incremento que se evalúa en la misma, da lugar a agudas presiones sociales, demográficas y económicas que demandan espacios, infraestructura, servicios urbanos y de esparcimiento para satisfacer las necesidades cada vez mayores de una población en rápido crecimiento.

Por otro lado el perímetro rural se ha convertido en una zona de alta concurrencia de personas, sumado a esto el tráfico vehicular y las actividades que traen consigo impactos hasta ahora desconocidos cuantitativamente por: turismo, zonas de distracción, deporte, restaurantes, lugares de acogida para turistas, etc.

La determinación y cuantificación de los impactos producidos por las actividades humanas dentro del curso del Río Matadero, es el principal motivo de este estudio, en una zona comprendida entre la parte alta de la microcuenca, hasta aquella zona donde las actividades antropogénicas van tomando cada vez más fuerza, avistándose en la actualidad algunos de los disturbios más comunes que generan impacto ambiental como turismo, zonas de pastoreo de animales, concurrencia de personas, restaurantes, etc.

Para esta determinación y cuantificación se ha tomado como punto de partida los parámetros que permiten determinar el grado de eutrofización que presentan las aguas de la microcuenca del río Matadero, dichos parámetros contemplan determinaciones de Fósforo Total, Nitratos + Nitritos y Clorofila_a, así como aquellos medidos en campo: pH, Temperatura y Oxígeno Disuelto.

El objetivo primordial de conservación de las cuencas, es poder usar el recurso de manera sustentable, cuyas acciones primordialmente se sustentan en: evitar la contaminación química y biológica, evitar la sobreexplotación del recurso y conservar la carga natural del recurso evitando dicha contaminación.

Las acciones para evitar la contaminación química y biológica de la explotación implica proteger el recurso de las actividades antropogénicas contaminantes como así también disminuir la contaminación natural.

INTRODUCCION

Un tema importante que hay que tener en cuenta que además de las actividades industriales y urbanas, fácilmente detectables como fuentes de contaminación, la actividad agrícola intensiva, el uso de fertilizantes y agroquímicos es una fuente de contaminación probable, ya que el agua lluvia filtra arrastrando contaminantes hacia el agua lo cual depende de la permeabilidad del suelo.

Con los mencionados antecedentes y por la falta de información específica de cómo y cuánto aportan nutrientes las actividades humanas en la zona alta del Río Matadero, se ve la necesidad de determinar y monitorear la Calidad de Agua dentro de la microcuenca, uno de los principales afluentes de la cuenca alta del Tomebamba; como insumo para fomentar y desarrollar proyectos que se encaminarán a reducir el impacto ambiental de las descargas provenientes de la pequeña industria como negocios de restaurantes, actividades turísticas, casas de acogida, etc., recordando que dicha fuente es la mayor proveedora del líquido vital necesario para la potabilización del agua, la cual se distribuye a la población de la ciudad de Cuenca.

De ahí que se ve la necesidad de determinar ¿Cómo varían los niveles de nutrientes en una gradiente de disturbio? encaminada a caracterizarlos y relacionarlos a su vez con ciertas variables incluidas en los sistemas acuáticos.

A lo largo de esta investigación se cuantifican los parámetros mencionados anteriormente, así como se describen las técnicas utilizadas en laboratorio para la determinación de los nutrientes gracias a técnicas que nos permiten reportar resultados en el orden de los microgramos por litro (ug/l) adoptadas de la Universidad de Quebec, técnicas que se han venido trabajando a lo largo del tiempo y que han demostrado ser robustas y con repetibilidad y reproducibilidad de los resultados, para demostrar lo indicado, se adoptó el realizar controles de calidad de patrones de concentración conocida.

Con la información obtenida, nos enfocaremos en el estudio de aquellas zonas de importancia ambiental y mayor eutrofización, se trató de recopilar datos históricos pero se encontraron algunas determinaciones realizadas en años anteriores a esta investigación que no reflejan el sector estudiado por lo que las variaciones a lo largo del tiempo se realizarán en futuras investigaciones, lo que se espera es que los resultados obtenidos concuerden con las actividades humanas observadas.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

AREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Cajas (PNC) está ubicado en el centro sur de la República del Ecuador, dentro de la provincia del Azuay. Políticamente forma parte del cantón Cuenca y su territorio comparte las parroquias de Sayausí y San Joaquín en un 80%, y las de Chaucha y Molleturo en un 20%.

Se ubica a 20 Km al oeste de la ciudad de Cuenca y su acceso es a través de la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal. Geográficamente ocupa los territorios de la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos entre las coordenadas UTM: 679573 hasta 706858 Este y 9674923 hasta los 9696821 Norte en la Zona 17 sur; altitudinalmente el PNC está enmarcado entre los 3.150 m.s.n.m. y los 4.460 m.s.n.m. La vegetación del lugar se encuentra relacionada con ambientes encharcados, humedales, lagos y nacientes de quebradas y ríos.

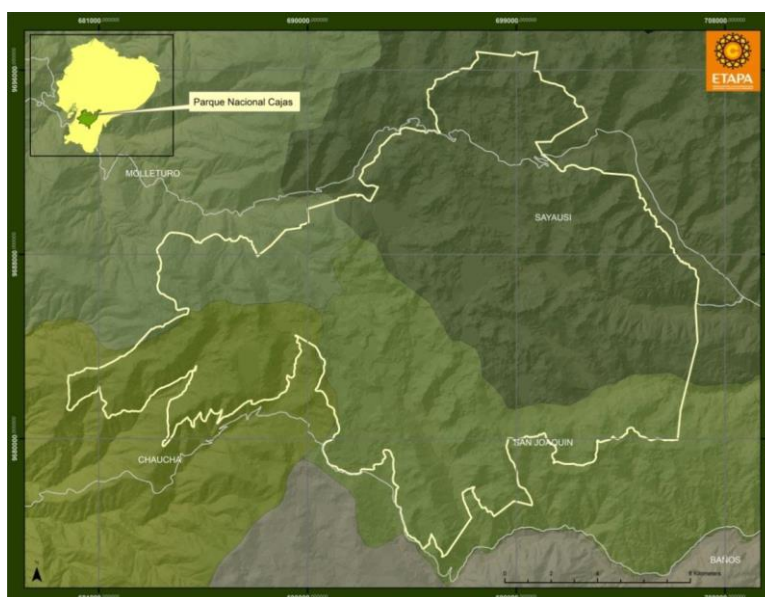


Figura No. 1: División Política del Parque Nacional Cajas

Fuente: Sistema Cartográfico PNC IGM 1:10.000; Cartas topográficas 1:50.000 IGM.

Elaboración: Mosquera, P. 2012.

El páramo es el ecosistema predominante principal del Cajas, con una gran influencia en el régimen hidrológico de las áreas de drenaje. Los suelos del área pertenecen a la clasificación Histic Hydrandept, los cuales son suelos con cenizas volcánicas muy finas o en parte; son suelos muy negros, pseudolimosos, muy untuosos o esponjosos, tixotrópicos y con buena

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

retención hídrica.(Expediente PNC.2007). Estos suelos pertenecen al grupo de los inceptisoles (USDA Soil Taxonomy, 1995) y de acuerdo a la clasificación de la Soil Survey Staff (1999), se agrupan en los denominados Andisoles, que son equivalentes a los denominados Andosoles en el sistema de clasificación propuesto por la FAO (FAO/ISRIC/ISSS, 1998). Se caracterizan, generalmente por poseer propiedades especiales para el almacenamiento y regulación del ciclo hidrológico, ya que también poseen un alto contenido de materia orgánica, alta porosidad y baja densidad aparente lo que permite que la mayor parte del agua sea retenida en el suelo y lentamente entregada hacia los cursos de agua, volviéndose el principal regulador del ciclo hidrológico en este tipo de ecosistemas.

La comunidad vegetal mejor representada dentro del parque es el páramo herbáceo (90,6%), estructurado fundamentalmente por Calamagrostis intermedia, pero también la vegetación de almohadillas es un grupo importante ya que las quebradas andinas normalmente encuentran su fuente en estos sitios. La vegetación leñosa del parque se divide en tres clases: el Bosque de Polylepis sobre los 3.300 m.s.n.m., el Bosque de Neblina Montano y el Bosque Siempre Verde Montano Alto, que están ubicados entre los 2.900 y 3.400 m.s.n.m. (Carrasco, Mosquera. 2012)

Entre los principales usos y actividades de las zonas que conforman el Parque Nacional Cajas, se encuentran el turismo, la pesca deportiva, algunas zonas dedicadas a la ganadería extensiva y zonas comerciales de acogida y afluencia de turistas nacionales y extranjeros pero ya en las áreas más cercanas a la ciudad.

Hidrológicamente el área es muy rica, pues posee una red de ríos y riachuelos que alimentan a más de 800 cuerpos de agua de origen glaciar lo que ha hecho de esta área un importante laboratorio natural para el desarrollo de estudios de hidrología y ecología acuática de zonas altoandinas. Uno de los principales problemas del PNC es la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal, la cual atraviesa parte de su territorio en 12,5 km, fragmentando su ecosistema e interfiriendo en el flujo hídrico superficial y subterráneo de las microcuencas del Río Quinuas y del Río Miguir; este hecho ha provocado un serio desbalance hídrico que afecta principalmente a los cuerpos lacustres de menor tamaño, los que en la actualidad muestran ya procesos de eutrofización y pérdida de volumen.

La microcuenca del Río Quinuas forma parte de la Subcuenca del Río Tomebamba y constituye la microcuenca más grande dentro de este sistema con 9408 ha, de las cuales 3262,54 ha se encuentran protegidas dentro del PNC; esto constituye una protección del 34,7% de toda la microcuenca.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

Se podría decir que actualmente esta es la microcuenca que más problemas presenta en la meseta del Cajas, ya que está atravesada por la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal; siguiendo el margen del río Quinuas y que prácticamente la divide.

Este hecho ha generado en la actualidad una serie de impactos profundos que se reflejan no solamente en la hidrología y los procesos de escorrentía por la compactación del suelo y destrucción del ecosistema, sino que también ha permitido un amplio desarrollo de actividades humanas como son el turismo en toda su extensión y la edificación de construcciones, piscícolas y restaurantes sin estudios técnicos o ambientales generando un cambio del uso de suelo anti-técnico y una contaminación orgánica alta del río Quinuas, lo cual se comprueba al realizar el seguimiento en las estaciones establecidas para los monitoreos realizados en un período de 3 meses consecutivos.

Entre otro de los grandes problemas que presenta esta microcuenca, es la circulación de transporte pesado con productos que son peligrosos para la calidad de agua que se utiliza para el consumo de la población de la ciudad de Cuenca; en caso de existir derrames accidentales, ya que la captación de la planta potabilizadora de agua El Cebollar, recibe el líquido vital de esta microcuenca y de otras provenientes del PNC (Llaviucu y Mazán) pocos kilómetros aguas abajo, volviéndose un peligro latente que podría traer consigo efectos catastróficos e irremediables a la calidad del agua, agravado por el tipo de sistema hidrológico de esta cuenca que presenta una alta retención y regulación, bajo un sistema mayoritariamente lenticó.

Como medidas de control del paso de sustancias tóxicas, así como el control de ingreso hacia el PNC, se han establecido dos controles vehiculares en el tramo de la vía que atraviesa el parque, tanto a la entrada como a la salida y mantiene un programa de uso público quién controla y regula la actividad turística, así como el Programa de Monitoreo y Vigilancia de Recursos Hídricos realizada periódicamente por personal técnico de ETAPA EP, que realiza periódicamente estudios en suelo, quebradas, humedales y calidad del aire cercanos a la vía, para determinar el impacto de la circulación vehicular en la calidad ambiental de la porción de esta microcuenca.

Otro fuerte impacto para toda la microcuenca en general es el sendero hacia la comunidad de Patul, que atraviesa horizontalmente la parte alta de la cuenca generando fuertes impactos a la calidad del agua y los humedales, ya que la zona en general es utilizada para pastoreo de caballos pertenecientes a todas las comunidades que atraviesan dicha trocha.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO



Fotografía No. 1: Sendero hacia la comunidad de Patul

A la parte de la microcuenca que se encuentra protegida dentro del PNC, la podemos subdividir en dos sistemas para efecto de estudio, la parte alta de la microcuenca en donde se encuentra la mayor cantidad de cuerpos de agua y lugar donde se concentra la mayor parte de la actividad turística dentro del PNC, y el segundo sistema se encuentra la parte media y baja de la microcuenca, siendo muy importante los remanentes de bosque Montano Alto que aún se conservan en esta sección de la cuenca.

Criterios de selección de puntos de muestreo

Dentro de los lineamientos específicos del muestreo, se disponen de diferentes estaciones localizadas en diversos puntos del curso de la microcuenca del Río Matadero, los sitios de muestreo fueron ubicados en relación a su gradiente de actividad antropogénica. La microcuenca del Río Matadero presenta una extensión aproximada de 2679 ha, con un rango altitudinal que va desde 3500 a 4390 msnm. El clima es frío con un promedio de 10°C aproximadamente y con precipitaciones promedio de 1000mm anuales. La vegetación y zona de vida en su gran parte pertenece a Páramo herbáceo. (Sierra 1999)

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

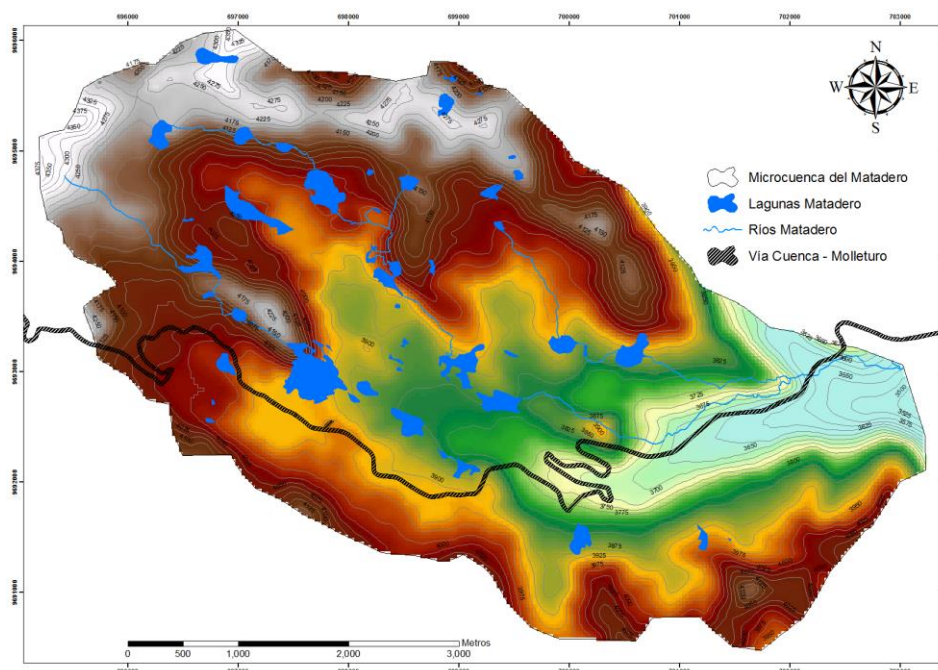


Fotografía No. 2: Vegetación predominante del PNC

Dentro de la microcuenca en estudio la primera zona contempla la parte más alta, zona alta de la entrada al área de Patul, la cual al inicio se la tomó como punto de referencia por ser un área presuntamente de difícil acceso y con ello los disturbios menores o inexistentes, por debajo de esta zona, es una zona que a más de ser transitada, es frecuente encontrar senderos de recorrido tanto de personas como de animales (acémilas).

Luego se baja hasta una zona donde ya se evidencia actividad debido al pastoreo de caballos de usuarios del sendero a Patul, después se ingresa ya a la zona de la Laguna Toreadora en la cual la actividad turística juega un papel preponderante y ha tomado gran importancia en términos de impacto ambiental, y para terminar tenemos la zona del Jardín del Cajas donde ya las actividades son turísticas y de gran impacto por la cantidad de personas que ingresan; así se pudo diferenciar que las actividades descritas en el proyecto inicial del estudio han mejorado o empeorado la calidad del agua dentro de la microcuenca, con estos resultados tanto de análisis químicos de laboratorio como aquellos encontrados de forma visual, se podrán tomar medidas a futuro.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO



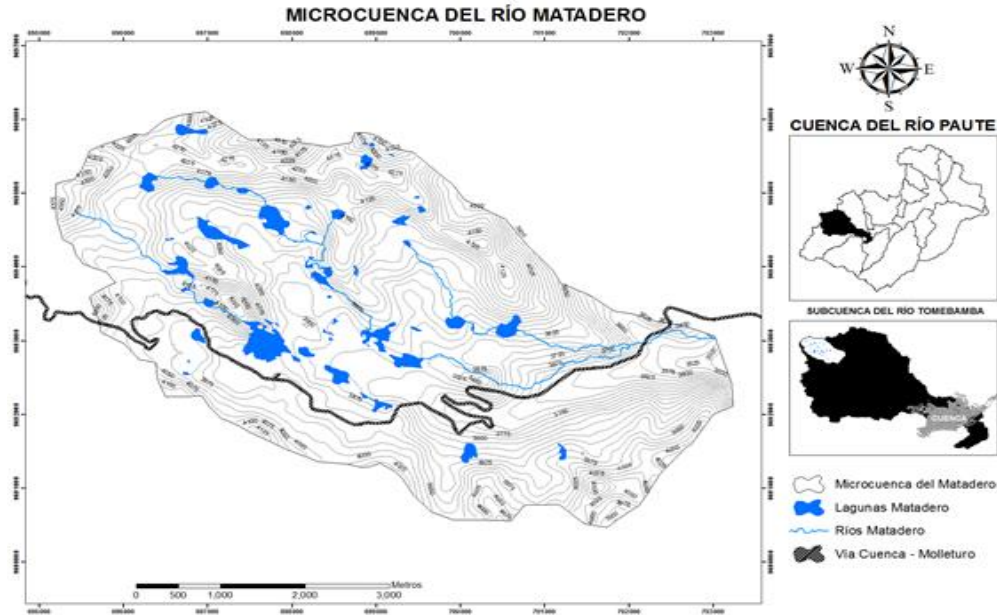
Mapa No. 1: Mapa de la microcuenca del Río Matadero

Se realizaron los muestreos en las seis estaciones establecidas, dichos monitoreos se los realizó quincenalmente con la ayuda de un equipo técnico conformado por estudiantes de noveno ciclo de la Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Biología de la Universidad del Azuay; por un período comprendido entre el mes de agosto (2013/08/08) hasta el mes de noviembre (2013/11/23), tres meses consecutivos.

En cada estación de muestreo se realizaron mediciones tanto de pH como de oxígeno disuelto y temperatura, a fin de conservar una línea base de los parámetros más representativos in situ. Las mediciones que se realizaron en laboratorio fueron fósforo total, nitratos y clorofila_a. Los métodos utilizados son los descritos por la Universidad de Quebec, cuyos resultados son reportados en el orden de los microgramos por litro (ug/l).

Los muestreos se realizaron bajo estrictos protocolos de toma de muestras, almacenamiento y transporte hasta su procesamiento en el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA EP, ubicado en las instalaciones de Ucubamba, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO



Mapa No. 2: Microcuenca del Río Matadero

TECNICA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DEL PERIFITON DE LAS ROCAS PARA LA DETERMINACION DE CLOROFILA_a

Para su obtención y posterior determinación de la Clorofila_a, la bibliografía sugiere que se sigan los protocolos de tipo cuantitativo para el análisis de las comunidades perifíticas.

En general en muestreos para el cálculo de la biomasa y la diversidad, se halla implícita la determinación de los organismo presentes en una superficie conocida del área en estudio. No existen en el mercado equipos diseñados para este fin, pero se pueden adaptar algunas técnicas, como es el caso puntual de la obtención del perifiton, de algunos compendios bibliográficos y por experiencia propia.

Experimentalmente lo que se pretende es obtener de una superficie conocida, todo el material adherido a las rocas sumergidas en el agua objeto de estudio, debe seleccionarse un segmento del río donde puedan encontrarse los sustratos adecuados, como norma general.

En el caso de este estudio, en cada una de las estaciones escogidas, se tomó material adherido al sustrato de un cuadrante de 5x5 cm, realizando raspados con un cepillo de dientes en piedras escogidas al azar.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

Selección del sustrato

Dentro de los lineamientos generales es recomendable muestrear las comunidades cuya superficie sea parduzca y resbaladiza.



Fotografía No. 3: Superficies recomendadas

Aquellas comunidades que se desarrollen sobre sustratos duros, estables situados en zonas sumergidas del lecho fluvial como: rocas, piedras y cantos rodeados de un tamaño mínimo de 10x10cm, en el caso de encontrarse otro tipo de sustratos se seguirá la metodología detallada en la siguiente tabla (Stevenson & Bahls):

Consideraciones antes del muestreo

- Evitar muestrear sustratos procedentes de zonas muy sombreadas, a no ser que esta sea la característica distintiva del punto a evaluar.
- Evitar tomar sustratos de zonas emergidas o que presumiblemente lo hubieran estado en algún momento reciente.
- Evitar tomas de sustratos en áreas demasiado cercanas a las orillas, y obtenerlas principalmente del punto medio del río, en zona de corriente.
- Evitar zonas debajo de puentes o recientemente afectadas por obras de ingeniería o de alteración de lecho fluvial.
- Evitar los pozos y los tramos de escasa corriente en las que suele haber deposición de limos y de detritos lo que limita la colonización de las diatomeas epilíticas; tampoco son recomendables las zonas de excesiva corriente (rápidos).
- Muestrear solo un tipo de sustrato, así se disminuirá la variabilidad y mejorará la calidad de los resultados.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

Protocolo de muestreo

1.- Elegir un sitio de muestreo donde el sustrato bajo el agua sea lo más uniforme posible. En ríos y arroyos trabajar hacia la cabecera. Seleccionar al azar rocas que sean relativamente planas y lo suficientemente grandes como para acomodar el cuadrante a ser utilizado, dependiendo del diámetro del mismo. Para ello, caminar por el lecho sin prestar atención a las posibles concentraciones de algas, detenerse y recoger la primera piedra que sea de la forma y tamaño apropiados. Llevar la piedra muestreada a la orilla y repetir el proceso hasta obtener un total de 5 piedras para realizar las repeticiones en cada sitio de muestreo.



Fotografía No. 4: Sitio de muestreo. Trabajo hacia la cabecera

2.- Adosar el cuadrante hecho de cinta plástica con una de las piedras muestreadas. Con el cepillo de dientes raspar la superficie expuesta, evitar aquellas superficies de erosión y sedimentación, lavar con la piseta con pequeñas cantidades de agua.



Fotografía No. 5: Proceso de obtención del perifiton.

MUESTREO Y TRABAJO DE CAMPO

3.- Transferir todo lo que se obtiene del raspado con el cepillo de dientes a un recipiente de muestreo etiquetado interna y externamente.



Fotografía No. 6: Raspado de perifiton

4.- Repetir el proceso de lavar, raspar con el cepillo y lavar las veces que sean necesarias hasta que se observa que todo el material haya sido transferido al recipiente.

5.- Anotar en el recipiente el diámetro de superficie raspada con el cepillo de dientes, para próximas determinaciones y cálculos.

6.- Es importante guardar los recipientes que contienen el perifiton del sol y la luz ya que puede existir degradación de las porciones de clorofila presentes en la muestra.

7.- Dicho procedimiento se lo realiza en 5 piedras (repeticiones) tomadas al azar, es decir; que por cada estación de muestreo se tomarán 5 réplicas de perifiton, para procesar los datos se trabajará estadísticamente con la mediana de todos los resultados obtenidos.

Manual de campo para el muestreo
de Bentos. Versión 1.0. 2002

METODOLOGIA

Al realizar los análisis de laboratorio se determinó utilizar técnicas adecuadas que nos permitan conseguir y reportar resultados en el orden de microgramos por litro, dichas técnicas son las descritas y utilizadas por la Universidad de Quebec, las cuales fueron adoptadas por el Laboratorio de Saneamiento, las técnicas utilizadas para la determinación de Fósforo Total fue determinado con el método de azul de molibdeno de Murphy y Riley (1962).

DETERMINACION DE NITRATOS

Método Murphy y Riley (1962)

Capacidad del método: 0.05 – 45 μM (0.7 – 630ppb)

Límite de detección: 0.05 μM (0.7 $\mu\text{g/L}$) (cubeta de 1cm)

DETERMINACION DE FÓSFORO TOTAL

Método Murphy y Riley (1962)

Capacidad del método: 0.03 – 5 μM (0.93 – 155ppb)

Límite de detección: 0.03 μM (0.93 $\mu\text{g/L}$) (cubeta de 10cm)

DETERMINACION DE CLOROFILA *a*

La concentración de pigmentos fotosintéticos se utiliza ampliamente para calcular la biomasa del fitoplancton. Todas las plantas verdes contienen clorofila *a*, que constituye aproximadamente del 1 al 2 por ciento del peso seco de las algas planctónicas. Otros pigmentos presentes en el fitoplancton incluyen a las clorofilas *b* y *c*, xantofilas, ficobilinas y carotenos.

Extracto de pigmentos

Se utilizó el método de Wetzel (Standard Methods for water and wastewater) que básicamente, se extraen los pigmentos del concentrado de plancton con acetona acuosa y se determina la densidad óptica (absorbancia) del extracto con un espectrofotómetro. La facilidad con la que se extraen la clorofila de las células varía considerablemente con las diferentes algas. Para lograr una extracción completa y homogénea de los pigmentos, rómpase mecánicamente las células con una trituradora de tejidos.

METODOLOGIA

Fórmula para cálculo de biomasa de cl "a"

$$Cl\ a\ (ug/cm^2) = \frac{2.43\ (Db-Da)*11.0*v}{S * L}$$

Db = D.O 665 – D.O 750 antes de la acidificación

Da = D.O 665 – D.O 750 después de la acidificación

v = volumen de acetona utilizada

L = ancho de la cubeta (1cm)

S = superficie raspada en cm²

Obtención del factor 2.43

Determinación de la clorofila_a en presencia de feofitina_a: La clorofila_a puede sobreestimarse por incluir feopigmentos que absorben cerca de la misma longitud de onda que la clorofila_a. La adición de ácido a la clorofila_a da lugar a la pérdida del átomo de magnesio y a su transformación en feofitina_a.

Acidifíquese con cuidado hasta una molaridad final no superior a 3×10^{-3} para evitar que algunos pigmentos accesorios cambien su absorbancia a la misma longitud de onda que la feofitina_a¹³. Cuando una solución de la clorofila_a pura se transforma en feofitina_a por acidificación, la relación del pico de absorción (DO664/DO665) de 1.7 se unas para corregir la concentración aparente de clorofila_a para feofitina_a.

Las muestras con una relación DO664 antes/ DO665 después de acidificación ($664_b/665_a$) de 1.7 se considera que no contiene feofitina_a y están en estado fisiológico excelente. Las soluciones de feofitina pura no presentan reducción de DO665 al acidificar y tienen una relación $664_b/665_a$ de 1.0. Así, las mezclas de clorofila_a y feofitina_a tiene relaciones del pico de absorción que van desde 1.0 a 1.7.

Estas relaciones se basan en el uso de acetona al 90% como disolvente. Usando acetona al 100% como disolvente se obtiene una relación de clorofila_a antes y después de acidificar de alrededor de 2.0.

METODOLOGIA

$$\left[\begin{array}{c} 664_b \\ \hline 665_a \end{array} \right] \text{clorofila_a pura}$$

$$\begin{array}{cc} 664_b \text{ clorofila_a pura} & 664_b \text{ feofitina_a pura} \\ \hline 665_a & 665_a \end{array}$$

$$\frac{1.7}{1.7 - 1.0} = 2.43$$

RESULTADOS OBTENIDOS

RESULTADOS OBTENIDOS

Dentro de los lineamientos específicos del muestreo, se determinaron seis estaciones localizadas a lo largo de la microcuenca en estudio, las cuales comprendían desde la entrada a Patul hasta el puente que se encuentra junto a la entrada a la Hostería Dos Chorreras, se dispuso esta selección con el fin de realizar un estudio de variación de la contaminación, que estaría dada por las actividades humanas predominantes; así como la afección generada por el tránsito en la vía Cuenca-Molleturo.

Según descripción visual se determinó que en algunos sitios de muestreo existe presencia de animales (caballos), tanto los que acceden por el camino que lleva a Patul como aquellos que permanecen en algunas zonas de pastoreo, lo que en los análisis de laboratorio y visualmente se puede evidenciar por la presencia de sus desechos.

En todas las determinaciones realizadas, los muestreos correspondientes a los meses de Agosto a Noviembre, de manera quincenal, se obtuvieron resultados en algunos casos concordantes a la situación visual y relacionada a la actividad cercana a la zona como descargas de aguas residuales provenientes de negocios de comida, casas de acogida, algunas zonas que presentaron cierto impacto, no tanto visual pero si en momentos de realizados los análisis como aquellas rutas de acceso de turistas, pesca deportiva, etc., y en otros casos, se presume que los valores se encontraban un poco altos, al parecer por acción de escorrentía y de la presencia de animales en pastoreo, así como el estado erosivo del suelo en el área de estudio.

Los resultados obtenidos permitieron observar las variaciones de la temperatura, oxígeno disuelto, pH, N, P y Clorofila a lo largo del curso del río Matadero (ver Tabla 1).

Estación	pH	O ₂	T°	P	N	Clorofila_a
M1	7,182	5,408	6,48	7,494	12,3	0,366
M2	7,028	5,498	10,84	9,15	26,446	0,544
M3	7,416	5,4	12,32	13,522	20,038	0,402
M4	7,97	5,242	14,76	8,43	23,476	0,81
M5	8,17	5,116	14,34	10,998	19,068	1,604
M6	7,964	5,398	13,006	11,916	23,462	1,184

Tabla No. 1: Valores promedios en las determinaciones

RESULTADOS OBTENIDOS

Usando PAST 3.0 (Hammer et al. 2013), se realizó un análisis de componentes principales para buscar las relaciones entre las variables de calidad de agua analizadas. Determinándose que los componentes principales 1 y 2 prácticamente explican el 92% de la variación o las que marcan la ordenación entre las estaciones (ver Tabla No 1).

Básicamente se identifica que las variables que marcan la gradiente y ordenan las estaciones de muestreo o las puede clasificar de alguna manera no tan determinante son la temperatura, nitrógeno y fósforo. Mientras que las variables de OD y clorofila no contribuyen a la caracterización entre las estaciones.

PC	Eigenvalue	% Varianza
1	29.3435	75.105
2	6.60878	16.915
3	3.081	7.8858
4	0.0355074	0.090881
5	0.00132838	0.0034

Tabla No. 2: Valores de importancia para marcar las gradientes.

PC1 muestra una gradiente positiva con Nitrógeno y Temperatura, mientras que PC2 tiene gradiente positiva con Fósforo y Temperatura (ver Tabla No. 3)

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
pH	0.027134	0.12159	-0.15289	0.98029	0.011767
Oxígeno	-0.00055006	-0.032782	0.059252	0.0013466	0.9977
Temperatura	0.43263	0.61243	-0.63193	-0.18719	0.058144
Fosforo	0.15324	0.66029	0.73433	0.028655	-0.021869
Nitrógeno	0.88804	-0.41604	0.18585	0.056301	-0.024294

Tabla No. 3: Loadings de Componentes principales

RESULTADOS OBTENIDOS

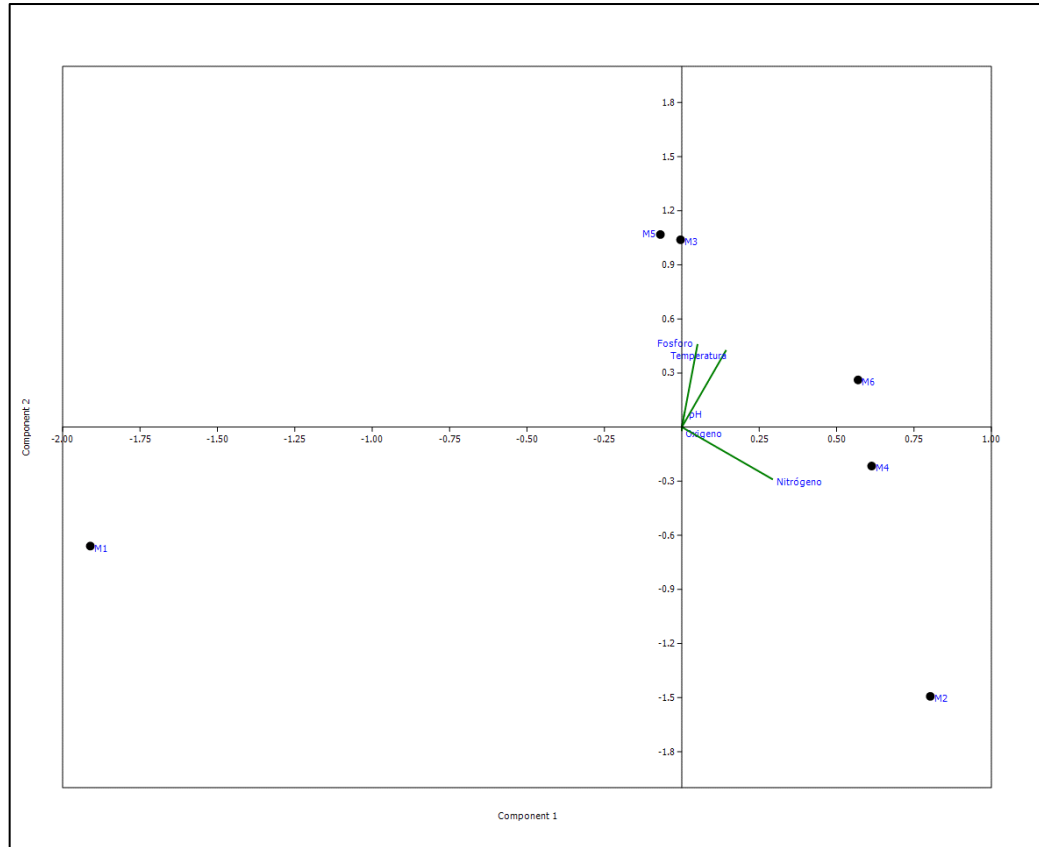


Gráfico No. 1: Estudio de componentes

Usando los componentes podemos ver que la estación 1 está muy alejada de resto debido a que presenta bajas temperaturas así como bajos niveles de nutrientes; mientras que la estación 2 se separa por presentar niveles mayores de nitrógeno pero bajos niveles de Fósforo. Las estaciones 3 y 5 se separan del resto por los altos niveles de Fósforo y más o menos altos niveles de nitrógeno; las estaciones 4 y 6 se agrupan por sus altos niveles de Nitrógeno.

Con estos resultados podemos interpretar que las estaciones 1 y 2 son las que menos influencia de actividades humanas presentan a pesar de que en la estación 2 tiene niveles más altos de nitrógeno en sus aguas, seguramente por las actividades de pastoreo de caballos que se da a los alrededores de ésta.

Los niveles de O_2 y clorofila_a no presentaron valores significativos de cambio por lo que no han contribuido en la agrupación o clasificación de las estaciones, no así las variables de nitrógeno, fósforo y temperatura que en sus valores presentan datos variables entre unas y otras.

RESULTADOS OBTENIDOS

Variaciones entre estaciones

En el gráfico No. 2 realizado con los valores promedios, se nota claramente que la temperatura aumenta al descender las aguas en la microcuenca, lo que tiene sentido debido al aumento de la temperatura ambiente y porque el lecho se ensancha y recibe mayor influencia solar.

Los valores de Fósforo y Nitrógeno, solo en la estación 1 se mantienen relativamente bajos, mientras que en el resto de estaciones se elevan, con una tendencia que no es clara en fósforo y una relativa tendencia a la baja en nitrógeno.

El comportamiento de la clorofila_a es un poco más definida, con una tendencia a subir conforme se desciende en la microcuenca, lo que tiene sentido considerando que el lecho es más ancho, tienen más incidencia solar con lo que la temperatura sube.

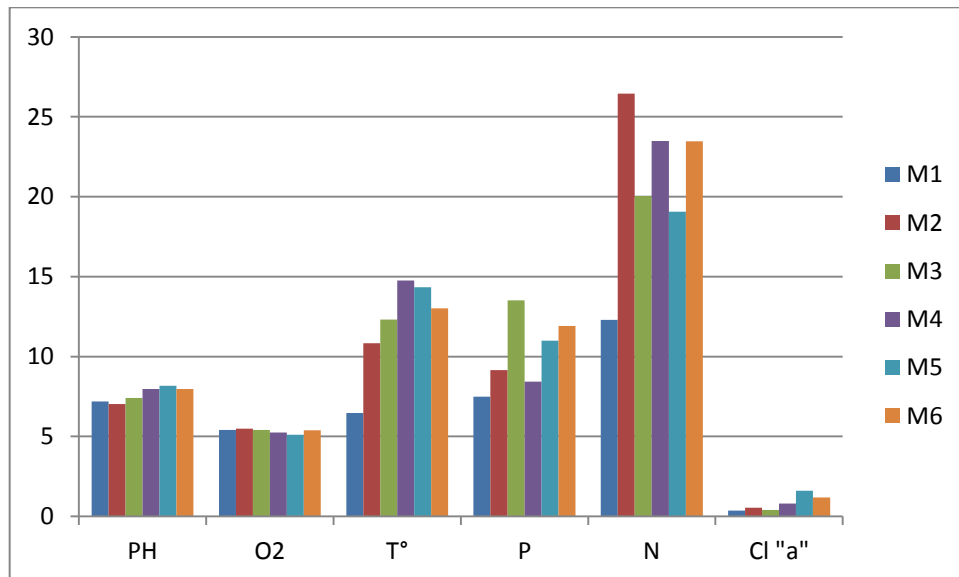


Gráfico No. 2: Variaciones estacionales de parámetros en 6 estaciones de muestreo en la microcuenca del río Matadero

Cabe recalcar que con los datos obtenidos se hicieron comparaciones con normas como el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), la Guía para la calidad del agua potable y normas relativas a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano de la Comunidad Europea y no existen valores que sobrepasen los límites máximos permisibles, por lo que se encuentran los valores dentro de las normas tanto las que legislan el país como aquellas normas internacionales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de esta investigación se pudo establecer parámetros de medición visual, el momento de elegir las estaciones; que podrían dar un referente del impacto ambiental que se suscita en una zona de área protegida y parque nacional; estas características visuales no demuestran concordancia total con las determinadas de forma físico-química en el laboratorio usando métodos apropiados que reflejen la verdadera situación y grado de disturbio de las aguas de la zona de estudio.

En primer lugar las estaciones que se monitorearon en un período de tres meses consecutivos cada quince días, mostraron a grandes rasgos el comportamiento de la dinámica de la microcuenca, en realidad es un período corto de tiempo como para poder establecer la hidromorfología de la misma, pero se puede recalcar la importancia de haber establecido una línea base de unas características desconocidas hasta la realización de este estudio para futuras determinaciones.

Las condiciones en que este ecosistema se desenvuelve es aún un limitante para conocer a ciencia cierta el comportamiento de ciertos compuestos como los determinados en esta investigación, su química, abundancia o deficiencia que disminuyen la supervivencia de ciertas especies hasta el punto de extinción.

En el curso de esta investigación se tuvo la oportunidad de conocer en parte que las fuentes de agua en los páramos conforman hidrosistemas sensibles a las variaciones de temperatura, el aporte de nutrientes puede generarse ya sea por acción natural, erosión del suelo, lluvias, aporte atmosférico, y por otros aportes de origen antropogénico como se creía que es mayoritariamente el caso de este estudio.

En la cuantificación de fósforo total, quien a menudo es considerado como el nutriente más importante en el control el fitoplancton y a su vez el factor limitante en la regulación de la producción biológica de un ecosistema, dichos valores; expresados en microgramos por litro, se encuentra aislado en relación a cualquier otra determinación realizada en esta investigación; su comportamiento es dependiente únicamente del aporte que pueda recibir la zona de estudio por descargas de agua residuales o domésticas, como se puede observar en la estación 6, cuyo aporte es evidente; se recibe por descargas provenientes de la actividades económicas relacionadas al turismo como restaurantes cercanos a la zona de muestreo, según inspecciones realizadas genera varios efluentes de aguas residuales y tiene declarados algunos pozos sépticos cercanos al río, lo que se presume que puede existir ya sea contaminación por descarga directa o filtraciones provenientes de los pozos cercanos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El caso de la cuantificación de nitratos en las aguas provenientes de la microcuenca del Río Matadero presenta un comportamiento similar en cuanto a la particularidad de que es aislado e independiente de cualquier otro parámetro medido en el presente estudio, los valores encontrados en las diferentes estaciones presentan patrones de comportamiento entre estaciones, las cuales no nos permiten una clasificación de estaciones.

La primera estación presenta valores altos de nitratos en relación a las encontradas en las estaciones intermedias, esto puede deberse al grado de erosión del suelo, la actividad presente en la zona, el constante paso y uso del suelo por parte de los comuneros de Patul, se pudo evidenciar visualmente el grado de contaminación por desechos fecales por parte de los animales que transitan por la zona de estudio, dichas concentraciones pueden deberse a los mencionados aportes. Además puede ser por mayor concentración ya que el caudal es menor que en otras estaciones.

Otra estación en la cual es importante el aporte de nitratos al agua es en la Estación 6, cuyas concentraciones alcanzan el orden de hasta 70ug/l, en relación a otros valores encontrados de 1ug/l cuantificado en estaciones intermedias, esta particularidad se debe a las mismas razones expuestas en el punto anterior, el aporte vendría directamente de la actividad cercana a la zona de muestreo.

En realidad los valores cuantificados en las estaciones intermedias, son mucho más altas, en unos casos en otros no; a las concentraciones de Fósforo Total en la misma estación, su comportamiento es independiente uno del otro pero ambos en conjunto indican el grado de eutrofización y determinan la calidad de agua de la zona. Aunque no supere los valores establecidos en la normativa vigente ya sea para tratamiento primario y como destinada al consumo humano pre tratamiento, las concentraciones medidas son alertas para empezar un proceso de remediación en las zonas de mayor afectación.

El comportamiento de los nutrientes (Fósforo Total y Nitratos) es estable a través del tiempo y del espacio, se puede concluir que entre ellos existe una dinámica de regularidad en cada estación estudiada.

Dentro de las determinaciones realizadas en campo es posible divisar el comportamiento del oxígeno disuelto en cuanto a la temperatura, la cual se reproduce según indica la bibliografía, cuya afirmación cita que a medida que aumenta la una, disminuye la otra y viceversa; debido al menor grado de solubilidad, en este caso del oxígeno presente en el agua y asimilable por las especies acuáticas propias de la zona de estudio, lo que también se considera como un limitante de la supervivencia de ciertas especies que no sobreviven en ecosistemas anóxicos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La temperatura observada en algunas estaciones presenta datos bajos en relación a las estaciones aguas abajo de la zona de estudio cuyos valores se presentan, en la mayoría entre 10 a 17°C, esto es normal ya que la disminuir la altitud la temperatura ambiente aumenta y por consiguiente la temperatura del agua también.

Los valores de pH se encontraron bastante homogéneos, tendiendo a la neutralidad, generalmente se medían valores entre 6 a 8. Esto es un indicativo importante ya que regula la supervivencia y mantiene estable el ecosistema, permitiendo así el desarrollo de la vida.

Según bibliografía consultada, existe una estrecha relación entre los niveles de clorofila_a con la temperatura, dicho parámetro tiende a degradarse por acción de la temperatura (ya que se oxida la molécula de clorofila) y la actividad del agua, así como es un factor limitante la cantidad de luz natural que reciben las superficies que han sido utilizadas para la extracción de su sustrato, pero en este caso el comportamiento de la clorofila al parecer responde a la dinámica propia del sitio de estudio, como se indicó anteriormente es difícil modelar el sistema hidrológico de la microcuenca en un período tan corto de tiempo y sin tomar mucho en cuenta las características globales del ecosistema.

Conforme a los análisis tanto de campo como de laboratorio realizados, se permiten diferenciar dos estaciones marcadas en cuanto a grados efectivos de contaminación se refiere: la estación 1, aquella localizada en la entrada a la Comunidad de Patul, la cual presenta valores de nitratos de 57.79ug/l el más alto, considerando que la contaminación y el aporte de nitratos se da de una forma puntual, lo cual puede deberse a la frecuente presencia de desechos de animales, los cuales pueden contaminar el agua de la zona por escurrimiento o filtración y además se puede atribuir también la erosión del suelo debido a que por esa zona está localizado el sendero de acceso a dicha comunidad.

Otra estación que requiere atención prioritaria es la Estación 6, que recibe los afluentes de un número considerable de restaurantes, es posible que se empiece a controlar las descargas realizadas por esta actividad ya que conlleva a una fuerte contaminación de vertidos, se encuentran elevadas concentraciones de Nitratos en el orden de los 70.38ug/l y en esta estación el aporte de fósforo total ya se suma con una concentración de 47.23ug/l, que en este caso es debido a las descargas de las actividades aledañas a la zona de muestreo.

La remediación en estos casos puede sugerirse a modo de control en la zona de descarga de los efluentes domésticos en el caso de la estación 6, ya que la mayoría de parámetros que se encuentran en aumento indican contaminación puntual y por residuos domésticos, en el caso de la Estación 1, es un poco más difícil el control ya que como es el acceso a una comunidad, se torna más complicado el restringir el paso, lo que se pudiese recomendar es un plan de

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

remediación y reforestación de la zona, así evitaríamos la erosión o frenar un poco este proceso, además que fuese importante el control de los animales en pastoreo en la zona.

Con estas consideraciones me permito entregar un prospecto de línea base el cual debería continuarse monitorizando con el fin de conocer de una forma más real la dinámica y comportamiento del agua proveniente de una microcuenca, la cual es la principal afluente del río de mayor caudal que atraviesa la ciudad de Cuenca y que sirve para dotar del servicio de agua potable a toda la población de la ciudad de Cuenca.

Esta investigación deja planteadas ciertas inquietudes por lo que se recomiendo continuar con el monitoreo, y así determinar la dinámica real de los nutrientes y clorofila en la microcuenca.

ANEXOS

RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA ESTACION

Los monitoreos se realizaron de una manera periódica, estableciendo un rango de trabajo cada quince días (15 días), las fechas en las que se realizaron los muestreos son: 2013/08/08, 2013/09/07, 2013/09/13, 2013/09/28, 2013/10/18, 2013/11/09, 2013/11/23, los parámetros a medirse en campo fueron: pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura, y Fósforo Total, Nitratos y Clorofila_a; los determinados en laboratorio. Los muestreos se realizaron bajo estrictos protocolos de toma de muestras, almacenamiento, transporte hasta su procesamiento en el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA EP, ubicado en las instalaciones de Ucubamba.



Fotografía No. 7: Presencia de heces de animales

Los monitoreos fueron realizados en compañía de estudiantes de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Escuela de Biología, quienes apoyaron en todos los monitoreos y de quienes se obtuvo la técnica utilizada para la obtención de perifiton, necesario para la determinación de Clorofila_a. Además de aquellas mediciones hechas en campo (oxígeno disuelto, pH y temperatura); las cuales estuvieron a cargo de los mencionados estudiantes



Fotografía No 8: Mediciones en campo y obtención del perifiton

ANEXOS

Dentro de todas las determinaciones realizadas, en los muestreos correspondientes a los meses de Agosto a Noviembre, de manera quincenal, se obtuvieron resultados en algunos casos concordantes a la situación visual y relacionada a la actividad cercana a la zona como descargas de aguas residuales provenientes de negocios de comida, casa de acogida, algunas zonas que presentaron cierto impacto, no tanto visual pero si en momentos de realizados los análisis como aquellas rutas de acceso de turistas, pesca deportiva, etc., y en otros casos, se presume que los valores se encontraban un poco altos, al parecer por acción de escorrentía y de la presencia de animales en pastoreo, así como el estado erosivo del suelo en el área de estudio.

Las réplicas para la determinación de clorofila_a se realizaron en un número de 5 por cada punto, obteniendo resultados muy similares en algunas estaciones y en otras la diferencia era considerable, pero a razón de cálculos y para mejor manejo, se trabajará con el valor de la mediana de dichas concentraciones.

Dentro de los datos obtenidos en el trabajo de campo, ciertas mediciones como: oxígeno disuelto, pH y temperatura, se presentan en la siguiente tabla:

4	M1	3,4	50,37	0,11	6,64	3,17
5	M1	2,4	24,27	0,06	7,42	7,34
6	M1	1,21	57,79	0,04	7	4,39
7	M1	2,68	20,38	0,03	7,48	5,36

Tabla No. 4: Valores de mediciones de campo

ANEXOS

Los datos obtenidos en las estaciones muestreadas y que corresponden a los parámetros determinados en laboratorio: Nitratos, Fósforo Total y Clorofila_a, se presentan en la siguiente tabla, en la cual no se contemplan los valores de Clorofila_a debido a que no se tomaron dichas muestras en la primera campaña:

Campaña	Estación	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)
1	M1	3,74	9,71
1	M2	6,09	6,47
1	M3	6,38	7,35
1	M4	4,03	6,76
1	M5	4,62	3,24
1	M6	8,15	5,88

Tabla No 5: Fósforo vs. Nitratos

Campaña	Estación	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)
2	M1	0,93	34,81	0,23
2	M2	0,94	10,13	0,09
2	M3	5,21	3,25	0,01
3	M1	9,93	25,1	0,06
3	M2	4,13	18,43	0,07
3	M3	4,57	9,77	0,27
3	M4	7,61	2,43	0,42
3	M5	11,23	5,77	1,01
3	M6	25,58	69,1	1,14
4	M1	3,4	50,37	0,11
4	M2	3,95	8,03	0,04
4	M3	6,27	3,7	0,68
4	M4	6,55	1,03	0,75
4	M5	8,19	11,02	0,66
4	M6	47,23	52,03	0,94
5	M1	2,4	24,27	0,06

ANEXOS

5	M2	8,28	7,6	0,13
5	M3	1,51	5,27	0,22
5	M4	4,75	6,27	0,82
5	M5	2,84	10,27	1,5
5	M6	29,16	25,6	1,57
6	M1	1,21	57,79	0,04
6	M2	4,19	17,45	0,12
6	M3	5,39	8,14	0,24
6	M4	3,75	5,03	2,34
6	M5	9,42	6,41	2,21
6	M6	33,75	55,38	3,2
7	M1	2,68	20,38	0,03
7	M2	2,96	20	0,12
7	M3	9,15	15,77	0,06
7	M4	5,21	4,62	2,34
7	M5	4,23	6,54	1,21
7	M6	38,03	70,38	2,19

Tabla No. 6: Resultados obtenidos en las determinaciones de Fósforo, Nitratos y Clorofila_a

Descripción de las Estaciones

Estación 1.

La primera estación corresponde a la entrada a Patul, aproximadamente a unos 20 minutos de la carretera Cuenca-Molleturo- Naranjal, dicha zona es constantemente transitada por ser el acceso a la comunidad de Patul.

Sus comuneros prefieren realizar el acceso tanto a pie como a caballo a través de un sendero, además es común encontrar en dicha zona abundante desechos de animales, la afluencia constante de turistas nacionales y extranjeros que prefieren tomar este sendero para acceder a ciertas lagunas a realizar actividades como pesca deportiva, ascensos, caminatas, etc., lo cual lleva a intuir que las cantidades de nutrientes encontrada en dicha zona es producto de una intervención antrópica por turismo y actividades de pesca en lagunas cercanas.

ANEXOS



Fotografía No 9: Desechos de animales



Fotografía No. 10: Acceso a Patul



Fotografías No. 11: Zona de muestreo



Fotografías No. 12: Estación 1

ANEXOS

Los datos obtenidos en las determinaciones se presentan en la siguiente tabla:

Campana	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	3,74	9,71				
2	0,93	34,81	0,23			
3	9,93	25,1	0,06	7,37	6,78	4,4
4	3,4	50,37	0,11	6,64	3,17	8,4
5	2,4	24,27	0,06	7,42	7,34	6
6	1,21	57,79	0,04	7	4,39	6,7
7	2,68	20,38	0,03	7,48	5,36	6,9

Tabla No. 7: Resultados obtenidos en la estación 1

Para poder comparar con los valores obtenidos en las estaciones, se recopiló los datos que algunas fuentes emiten sobre los criterios de calidad permisibles en aguas limpias y de consumo, la siguiente tabla ilustra lo mencionado, para poder tener bases y fundamentos de comparación con lo que se ha venido investigando en este trabajo:

Parámetro	Unidad	Criterios de Calidad TULAS Tabla 1	Criterios de Calidad TULAS Tabla 2	Criterios de Calidad TULAS Tabla 3	Directiva Marco del Agua	Criterios de Calidad OMS
Fósforo Total	mg/l	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Nitratos+Nitritos	mg/l	10	10	N/D	50	50
Clorofila_a	mg/l	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
pH		06-sep	06-sep	6,5 - 9	N/D	6,5 -9,5
OD	mg/l	> 6mg/l	> 6mg/l	> 6mg/l	N/D	N/D
Temperatura	°C	N/D	3°C	3°C máx 20°C	N/D	N/D

Tabla No. 8: Criterios de Calidad de Agua. Varias fuentes

N/D No se encuentra considerado este valor

Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS): R.O. No 3516 Edición Especial 2,

ANEXOS

31 de marzo del 2003, Libro 6: De la Calidad Ambiental, Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Afluentes: Recurso Agua.

OMS, 2006: Guías para la calidad del agua potable Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. ISBN 92 4 154696 4.

Consejo de la Unión Europea. 1998. Directiva 9/83/CE del Consejo, Relativa a la calidad de las Aguas destinadas al consumo humano. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L330/32-54.

Estación 2

La segunda estación se encuentra a unos 800 metros aguas abajo de la primera estación, su acceso en realidad es bastante limitado ya que es una zona muy adentrada del Parque Nacional Cajas, en el tramo comprendido entre la estación 1 y 2 es muy común encontrar vegetación propia de la zona, a más de pequeños lagos con una superficie color marrón metalizado posiblemente formado por ácidos húmicos y hierro férrico precipitado en la superficie, en estas precipitaciones es posible que el Carbono no se mineralice sino se acumula de forma disuelta y particulado.



Fotografía No. 13: Lagos con superficie marrón

ANEXOS



Fotografía No. 14: Precipitación en los lagos



Fotografía No. 15: Estación 2

ANEXOS

Los datos obtenidos en la estación 2 se presentan en la siguiente tabla:

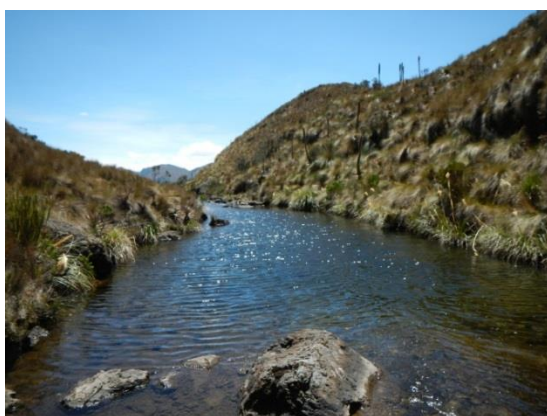
Campaña	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	6,09	6,47				
2	0,94	10,13	0,09			
3	4,13	18,43	0,07	6,36	7,63	7
4	3,95	8,03	0,04	6,73	3,78	14,4
5	8,28	7,6	0,13	7,48	4,04	10,2
6	4,19	17,45	0,12	7,27	5,84	12,3
7	2,96	20	0,12	7,3	6,2	10,3

Tabla No. 9: Resultados obtenidos en la Estación 2

Estación 3

La tercera estación se encuentra a 1 kilómetro después de la segunda estación, antes de llegar a la Laguna Toreadora, como en el caso de la estación anterior, su acceso se vuelve más complicado y difícil, además la vegetación de la zona a simple vista se mantiene intacta, no se evidencia la presencia de animales en pastoreo y tampoco se pudo apreciar incidencia de visitantes o turistas que generalmente acceden a dichas zonas para realizar actividades de pesca.

Se tuvo la oportunidad de apreciar la presencia de truchas en el agua de la cual se tomaron las muestras, esto es un indicativo de la calidad de agua presente en la zona.



Fotografías No. 16: Estación 3

ANEXOS



Fotografía No. 17: Presencia de truchas en la zona

Los datos obtenidos en la estación 3, se presentan en la siguiente tabla:

Campaña	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	6,38	7,35				
2	5,21	3,25	0,01			
3	4,57	9,77	0,27	7,4	8,32	8
4	6,27	3,7	0,68	7,67	5,21	13,4
5	1,51	5,27	0,22	7,26	4,66	13
6	5,39	8,14	0,24	7,49	3,58	14,7
7	9,15	15,77	0,06	7,26	5,23	12,5

Tabla No. 10: Resultados obtenidos en la Estación 3

Estación 4

La cuarta estación está ubicada a unos 100 mts después del control vehicular, entrada al Parque Nacional Cajas, es la zona donde inicia la ubicación de locales informales de venta de comida, expendio de alimentos, casas de acogida y demás actividades antropogénicas, la presencia activa de personas, de actividades deportivas, etc.; ayudan a evidenciar el impacto presente en la calidad de agua de esta estación.

ANEXOS



Fotografía No. 18: Sitio de muestreo, junto a local de comida



Fotografía No. 19: Estación 4

Los datos obtenidos en la estación 4 son los presentados en la siguiente tabla:

Campaña	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	4,03	6,76				
3	7,61	2,43	0,42	8,4	8,36	11,7
4	6,55	1,03	0,75	7,67	5,21	13,4
5	4,75	6,27	0,82	8,04	4,87	15,9
6	3,75	5,03	2,34	8,22	2,37	16,9
7	5,21	4,62	2,34	7,52	5,4	15,9

Tabla No. 11: Resultados obtenidos en la Estación 4

ANEXOS

Estación 5

La quinta estación se encuentra aguas más abajo de la zona de páramo y más cercanas a las actividades comerciales y de turismo del Parque Nacional Cajas, esta estación se la ubicó en el puente del Río Quinuas, después del paso del santuario de la Virgen del Cajas.

Esta zona ya se puede apreciar aún más intervenida que las demás, en cuanto a vegetación, áreas de recreación de pesca deportiva, viviendas, comedores, restaurantes, piscícolas, etc. Se presumió por la ubicación de la estación que sería un buen referente para la determinación de nutrientes ya que recoge todo el paso del agua por la actividad antropogénica de esta zona.



Fotografía No. 20: Presencia de limo en las rocas



Fotografía No. 21: Estación 5

ANEXOS

Los datos obtenidos en la estación 5 son los siguientes:

Campaña	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	4,62	3,24				
3	11,23	5,77	1,01	8,33	8,42	10,8
4	8,19	11,02	0,66	7,98	5,43	14,7
5	2,84	10,27	1,5	8,24	2,92	16,9
6	9,42	6,41	2,21	8,2	4,23	15,7
7	4,23	6,54	1,21	8,1	4,58	13,6

Tabla No. 12: Resultados obtenidos en la Estación 5

Estación 6

La última estación de monitoreo se sitúa en la entrada a la cafetería de la Hostería Dos Chorreras, justamente situada debajo del puente del lugar antes mencionado, se tomó como punto de referencia por los datos históricos de descargas y contaminación que aporta este establecimiento.

En este sector la vegetación cambia, la erosión es más notable y la actividad comercial y productiva se acentúa mucho más que en las zonas anteriormente descritas, el grado de disturbio es evidente de manera visual y cuantificable con los parámetros medidos en campo y en laboratorio.



Fotografía No. 22: Entrada a la Hostería Dos Chorreras

ANEXOS



Fotografía No. 23: Estación 6

Los datos obtenidos en la estación 6 se presentan a continuación:

Campaña	Fósforo Total (ug/l)	Nitratos+Nitritos (ug/l)	Clorofila_a (ug/l) (MEDIANA)	pH	O.D	Temperatura (°C)
1	8,15	5,88				
3	25,58	69,1	1,14	8,06	7,32	9,7
4	47,23	52,03	0,94	7,74	5,85	14
5	29,16	25,6	1,57	8,17	4,92	14,9
6	33,75	55,38	3,2	7,87	4,31	13,9
7	38,03	70,38	2,19	7,98	4,59	12,5

Tabla No. 13: Resultados obtenidos en la Estación 6

Las actividades humanas, la producción de desechos, el manejo de las aguas residuales son puntos que debería tomarse en consideración dentro de esta zona de área protegida, es importante recordar que con el crecimiento poblacional, las ciudades se extienden cada vez más hacia la periferia y con ello empieza a aparecer las primeras alteraciones a la conservación

ANEXOS

y mantenimiento de la calidad de agua, de una esponja natural que aporta el Parque Nacional Cajas.

Los valores y las concentraciones de Fósforo y Nitratos en todas las estaciones son aisladas en cuanto a los demás parámetros, es decir no se encuentra una relación fija con algún otro medido ya sea en campo o laboratorio, están más vinculadas a la actividad cercana a la zona y al incremento de actividades humanas y aumento de visitantes a restaurantes y actividades deportivas como la pesca y caminatas, así como turismo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. 2012.
- CARRASCO M, MOSQUERA P. Estudio de la Integración Biótica de ríos y quebradas del Parque Nacional Cajas.
- CONSEJO DE LA UNION EUROPEA. 1998. Directiva 9/83/CE del Consejo, Relativa a la calidad de las Aguas destinadas al consumo humano. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L330/32-54.
- GUIA PARA AAL CALIDAD DEL AGUA POTABLE. OMS. Tercera Edición. ISBN 92 4 154696 4.
- INEN. NORMA TECNICA ECUATORIANA. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras. NTE INEN 2 169:98. 1998
- LUTZ BREUERA; KELLIE B. VACHÉA; STEFAN JULICHA; HANS-GEORG FREDEA. 2010. Current concepts in nitrogen dynamics for mesoscale catchments. Institute for Landscape Ecology and Resources Management (ILR), Gießen, Germany. Online publication date: 18 January 2010.
- MERCHAN Y SPARER. Paper sobre la metodología Perifiton. 2013
- ORELLANA J. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO. 2005
- PLANAS D., Ph. D. 1998. Seminario de Limnología Aplicada. Etapa. Universidad de Quebec Montreal. Documento base del curso. Apuntes de algunos asistentes.
- Parque Nacional Cajas. Expediente para la inscripción a patrimonio de la Humanidad. Unesco. Municipio de Cuenca. ETAPA. 2007.
- SIERRA, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador
- SOLORZANO, I. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. Limnol. Oceanogr. 14: 799-801
- STANTON, M.P., M.J. CAPEL y F.A.J ARMSTRONG. 1974. The Chemical analysis of Freshwater. Fish. Res. Board Can. Misc. Apoc. Publ. 25, Ottawa, 125pp
- STEVARD, W.D.P., G.P. FITZGERALD y R.H. BURRIS. 1967. In situ studies on N₂ fixation using acetylene reduction technique. Proc. Natl. Acad. Sci., USA 58: 2071-2078
- STICKLAND, J.D.H. y T.R. PARSONS. 1972 – A practical handbook of sea water analysis (2nd ed.). Bull. Fish. Res. Bd. Canada. No. 167. Ottawa, 310p.
- STEVENSON, J., & Bahls, L. (s.f.). Chapter 6: Periphyton Protocols. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, Second Edition*, 1-23.
- TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SECUNDARIA. TULAS. R.O. No 3516 Edición Especial 2, 31 de marzo del 2003.
- VINCENT (W.F.), WURTSBAUGH (W.A.), VINCENT (CL.), RICHERSON (p. J.), 1984. - Seasonal dynamics of nutrient limitation in a tropical high-altitude lake (Lake Titicaca, Peru-Bolivia) : application of IPHYSiological bioassays. Limnol. Oceanogr., 29 : 540-552.

- ZAIXSO H. Manual de campo para el muestreo de Bentos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Versión 1.0. 2002

PAGINAS WEB

- <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1425/2.NUTRIENTES.pdf>.
- <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/ciclodel.htm>
- <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/ciclodel.htm>
- <http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/quimica/ciclodel.htm>
- <http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricultura/biblio/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf>
- <http://fosfatos.gl.fcen.uba.ar/index.php/generalidades/ciclo-del-fosforo/>
- www.navarra.es/home/temas/medio.../parametrosnutrientes.htm
- <http://fosfatos.gl.fcen.uba.ar/index.php/generalidades/ciclo-del-fosforo/pdf>.
- <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=133114>