

Num. 5 - 2015 | Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005 – 2015

Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005 – 2015

Sania Ortega

Docente FICAYA

smortega@utn.edu.ec



Dada la magnitud de la tarea, en diciembre de 2003, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó, a través de su resolución A/RES/58/217, el período 2005-2015 Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida». El Decenio comenzó oficialmente el 22 de marzo de 2005, Día Mundial del Agua. La declaración de este período pone en alerta al mundo sobre la importancia de conservar el líquido vital que

asegura la calidad de vida de los ecosistemas y todos los organismos que se desarrollan en él.

¿Pero por qué el agua?

Simplemente porque sin él se pondría en riesgo la vida. La problemática que circula en cuanto a la disminución del líquido vital en ciertos lugares del mundo se evidencia por los reportes de organizaciones y centenares de personas que han encendido alertas permanentemente. Según el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos

aterforlifedecade/backgroun
d.
shtml

¿Cuál fue el gran desafío del Decenio?

Dirigir la atención hacia políticas y actividades proactivas que garanticen a largo plazo una gestión sostenible de los recursos hídricos, en términos tanto de calidad como de cantidad, y que incluyan medidas de mejora del saneamiento. Para lograr los objetivos del Decenio se requirió el compromiso, cooperación e inversión por parte de todos los agentes involucrados durante, no solo el decenio 2005-2015, sino más allá.

Para mayor información de la campaña, programas y publicaciones, visitar: www.un.org

Num. 5-2015 | Presentación Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Presentación Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Ing. Jorge Granja

Coordinador Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

cirnr@utn.edu.ec



Estudiantes de la Carrera durante una salida de campo
Foto: Gladys Yaguana

La carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables fue creada mediante Resolución del Honorable Consejo Universitario, el 28 de Octubre de 1996. Nació para atender el requerimiento de profesionales que a través de sus conocimientos contribuyan a la solución de problemas relacionados con la degradación de los recursos naturales, en áreas socialmente deprimidas en la Región Norte del Ecuador.

Misión de la Carrera: Formar profesionales éticos, líderes y emprendedores contribuyendo al desarrollo sustentable y sostenible.

Visión de la Carrera: Ser el referente principal del país en la formación de talentos humanos para el manejo de los recursos naturales renovables.

Perfil Profesional: El accionar del ingeniero en Recursos Naturales Renovables, se ajusta a las necesidades del Plan Nacional de Buen Vivir y las Agendas Zonales, en lo relacionado con el manejo sostenible de los recursos. Posee valores éticos, conocimientos y habilidades para desenvolverse en el ámbito público y privado.

Proyectos de Investigación

“BONDADES MEDICINALES Y NUTRICIONALES DE LA JÍCAMA Y ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE PLANTAS MEDICINALES EN LA PROVINCIA IMBABURA”.

“TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS, CON BACTERIAS ANTÁRTICAS EN LA ESTACIÓN CIENTÍFICA PEDRO VICENTE MALDONADO”.

“ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE MICROORGANISMOS ACUÁTICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA DULCE EN LA ISLA DEE, ISLAS SHETLAND DEL SUR”.

“ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LÍQUENES Y SU ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA ANTÁRTICA ECUATORIANA, ISLAS SHETLAND DEL SUR”.

“MANEJO SOSTENIBLE DE LOS LAGOS DEL NORTE DEL ECUADOR BAJO LAS CRECIENTES ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO”.

Proyectos de Vinculación

- “REFORESTACIÓN CON ESPECIES NATIVAS EN COMUNIDADES Y ÁREAS DE ACCIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA A DISTANCIA DE IMBABURA (UNEDI).

Modalidad Presencial – Campus Matriz

Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Cordova

email: cirnr@utn.edu.ec

www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/recursos

Num. 5-2015-Art. 4 | Evaluación

de la calidad y cantidad de agua de las juntas de agua potable del cantón Montúfar – Carchi

Evaluación de la calidad y cantidad de agua de las juntas de agua potable del cantón Montúfar – Carchi

Vanessa Chiles

Estudiante FICAYA / Recursos Naturales Renovables

glendavane@hotmail.com

Casi dos millones de personas se mueren al año por falta de agua potable. Es probable que en 15 años la mitad de la población mundial viva en áreas en las que no habrá suficiente agua para todos (Vargas, 2014; BBC, 2015).



Junta Administradora de Agua Potable de San Cristobal Alto.

Sector Las Tres Lagunas

Foto: Vanessa Chiles

Según datos del Banco Mundial, el desfase entre oferta y demanda de agua se multiplicó por cinco durante el siglo XX y

se pronostica que, de aquí en adelante, el reclamo se duplicará cada 20 años. El 45% de la población mundial carece de acceso directo al agua potable o su calidad es deficiente. La creciente necesidad de llegar a un equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua para la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso, mediante el uso eficiente del agua.

El Ecuador dispone de abundante cantidad de agua, pero distribuida de manera irregular. La cobertura de agua potable ha aumentado en los últimos años; sin embargo, en las comunidades rurales existe una baja calidad, ineficiencia en el servicio y una inadecuada recuperación de costos (Da Ros, 1995).

En 2013, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Montúfar, en la Provincia del Carchi propuso realizar un estudio sobre la calidad y cantidad de agua para consumo humano, que está a cargo de 34 Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP). La información fue útil para solucionar problemas existentes en la entrega de agua en las siete parroquias rurales del cantón.

La investigación se efectuó durante un año, en el período enero-diciembre 2014, con el fin de Evaluar la calidad y cantidad de agua de las Juntas Administradoras de Agua Potable del cantón, para diseñar un Plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado.

Los objetivos fueron

1. Caracterizar los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del sitio de estudio.
2. Evaluar la cantidad y calidad de agua en relación con los valores establecidos en la norma INEN 1108 de agua potable;
3. Diseñar un plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado de agua potable.

4. Socializar el plan a los beneficiarios.

Con la colaboración activa de los miembros de las directivas de cada sistema, se realizó el inventario de las Juntas, fuentes de agua y ubicación de los sistemas que abastecen de agua potable.

Los resultados obtenidos permitieron generar la zonificación ecológica e hidrológica, fundamentales para un adecuado manejo de los recursos naturales e hídricos. Sobre esa base se propuso el plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado, que consta de cuatro programas, ocho subprogramas con sus respectivos proyectos y medidas recomendadas.

La implementación y la adopción de soluciones sostenibles actualmente está contribuyendo con el bienestar de la población a través de la optimización de la calidad y cantidad de agua.

Unicef en mayo del 2015 informa que cerca de 1000 niños mueren todos los días a causa de enfermedades diarreicas asociadas con agua potable contaminada, saneamiento deficiente o malas prácticas de higiene. <http://www.unicef.es>



Captación de la Junta Administradora de Agua Potable de Chután Alto

El estudio comprendió

– Caracterización del área de estudio: componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos

La información se recopiló mediante recorridos de campo y observación in situ; encuestas a las personas encargadas del sistema de abastecimiento y usuarios; e, información secundaria procedente del INEN, INEC, INAMHI, IGM, SNI, PDOT Cantón Montúfar y SENPLADES. Se generó información básica sobre: flora, fauna, clima, uso actual del suelo, pendientes del terreno, cobertura vegetal, población, servicios básicos, educación, salud, actividad económica y aspectos culturales.

– Inventario de Juntas, fuentes de agua y ubicación de los sistemas de abastecimiento

Se efectuó de manera participativa de acuerdo con el cronograma establecido. Como resultado se elaboraron Mapas de Ubicación de los sistemas correspondientes a las JAAP, puntualizando cada una de las fuentes y sistemas.

– Análisis para determinar la calidad del agua

Los resultados de los análisis físicoquímicos y microbiológicos realizados en el laboratorio de EPMAPA (Bolívar), que utilizó parámetros y métodos establecidos según la normativa vigente (INEN1108).

Las muestras para los análisis físicoquímicos se tomaron en envases de un litro; y, para los microbiológicos, en envases estériles de 100 ml; en cada caso, tanto en la captación, planta de tratamiento y red de distribución de cada uno de los 34 sistemas. En cada muestra se colocó una etiqueta con la respectiva identificación, registro de campo, cadena de custodia y se verificó que los envases estén perfectamente cerrados. Se mantuvo los recipientes a una temperatura de 4°C

durante el tiempo de su traslado hasta el laboratorio (como lo recomienda American Public Health Association, APHA; American Water Works Association, AWWA; y Water Pollution Control Federation, APCF 1992.

Un análisis elemental de biomasa permite calcular la cantidad de CO2 capturado de la atmósfera a través de la fotosíntesis durante su crecimiento. Con este dato, se puede calcular la contribución de las parcelas en la mitigación del cambio climático.

– Métodos para evaluar la cantidad de agua

La determinación y cálculo de la cantidad de agua se hizo con el molinete hidráulico digital o por aforo directo, dependiendo del caudal y de las condiciones topográficas.

Método de molinete

Se utilizó el molinete The global water flow probe 800-876-1172 cuando el caudal y las condiciones topográficas del lugar fueron adecuadas (profundidad y velocidad del río). Se seleccionó un tramo del río o quebrada lo más uniforme posible y se realizaron tres mediciones en cada punto para mayor confiabilidad de los datos. En concordancia con lo propuesto por Hudson (1997), para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q=V*A$$

Dónde:

Q= Caudal

A= Área de la sección

V= $a + bn$ (velocidad del agua en m/s)

n= Número de revoluciones/s

Método de aforo directo

Usado para caudales pequeños o donde no se puede utilizar el

molinete. Con un recipiente debidamente calibrado en litros se hizo hasta cuatro repeticiones para tener mayor precisión. Para los cálculos se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = V / t$$

Dónde:

Q = Caudal en litros por segundo, l/s

V = Volumen en litros, l

T = Tiempo en segundos, s

Cálculo de demanda hídrica

Para estimar las condiciones actuales y futuras de demanda de agua, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Pf=Pa (1+n)r$$

Dónde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

N = Tasa de crecimiento

R = Años a los que se proyecta la población

– Elaboración del Plan de Mejoramiento y Aprovechamiento adecuado

Se realizó teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio y, las opiniones de los usuarios y miembros de las directivas.

Se identificaron los programas de manejo y las actividades relevantes para ejecutar acciones que permitan cumplir con los objetivos del Plan, mismo que fue socializado a los beneficiarios mediante un taller participativo al que asistieron los actores involucrados.

Aspectos Importantes

La vegetación nativa ha disminuido en las zonas media y baja

de las microcuencas, debido principalmente al avance de la frontera agrícola, sin embargo, aún existen remantes de bosque natural en pendientes muy inclinadas.

Las especies de mamíferos, más representativas, resultaron ser el *Lycalopex culpaeus* Molina., (lobo de páramo), *Mustela frenata* Lichtenstein., (chucuri), *Didelphis albiventris* Lund., (raposa), *Conepatus semistriatus* Boddaert., (zorrillo), *Sylvilagus brasiliensis* L., (conejo silvestre) y *Coendou quichua* Thomas., (erizo)

Entre las aves más conocidas se encontraron: *Accipiter sp.*, (gavilán), *Penelope montagnii* Bonaparte., (pava de monte), *Turdus serranus* Tschudi., (chiguaco), *Pyrocephalus rubinus* Boddaert., (pájaro brujo) y *Ensifera ensifera* Boissonneau., (quinde).

En relación con el componente abiótico, el cantón Montúfar presenta dos tipos de climas: clima ecuatorial de alta montaña y ecuatorial mesotérmico semihúmedo; su presencia explica la variedad

de formaciones vegetales, de flora y de fauna; y, por lo tanto, su incidencia en la calidad y cantidad de agua. Los meses que registran la mayor precipitación son abril y noviembre. La temperatura oscila entre 6°C a 12°C. El suelo se ubica dentro de los órdenes entisoles, inceptisoles y mollisoles.

Se identificaron zonas ecológicas e hidrológicamente homogéneas, que permiten hacer una intervención sobre los recursos naturales de forma sostenible.

Se estableció cinco áreas ecológicas: protección, agroforestal, producción agropecuaria, forestal productora y protectora, producción agropecuaria para conservación y restauración ecológica; y, tres áreas de zonificación hidrológica: de recarga hídrica, de protección y de

restauración.

Calidad de agua. Se determinó que en el 70% de las JAAP los parámetros físico-químicos se encuentran dentro de las normas establecidas (INEN 1108 y TULSMA); a diferencia de los análisis microbiológicos que indican contaminación por coliformes totales y fecales con presencia de *Escherichia coli*

En cuanto a la coloración de las muestras se detectó la presencia de color amarillo, en el agua que administra la Junta de Fernández Salvador.

De acuerdo con los análisis de laboratorio es posible que se deba al contenido de manganeso; al igual que el hierro causa manchas rojizas y cafés que se acumulan en los tubos de cañería.

Se determinó la presencia de altos contenidos de hierro en el agua que entrega la Junta Administradora de Agua Potable de Huaquer, a pesar de que a la fecha del estudio ya se había subido la captación aproximadamente 200 m más arriba del sitio en que se encontraba anteriormente.

En alrededor del 50% del agua potable que administran las Juntas en estudio, se evidenció la presencia de coliformes fecales en niveles superiores a los permitidos por la Norma INEN 1108 (< 2 UFC/100ml). Después de analizar los resultados de este parámetro, se planteó la necesidad de buscar posibles soluciones ya que la contaminación del agua por coliformes fecales representa un problema de salud para las personas que la consumen, ya que indica un alto riesgo de adquirir enfermedades entéricas.

El 72 % de las Juntas Administradoras de Agua Potable no cumplían la norma respecto del cloro residual o no usan la cantidad recomendada para el agua tratada. Asimismo, aunque se clora el agua en la planta de tratamiento en la red no se mide cloro residual y en algunos ya no se registra ningún valor al final de la entrega al usuario, poniendo en riesgo la salud de

la población que la consume.

Cantidad de agua. Al analizar el consumo y el índice de crecimiento poblacional dentro de los próximos 25 años, la zona de estudio no presentará déficit de agua en los próximos años.

Este dato proyectado fue concordante con los resultados obtenidos en el estudio: Estado situacional del Ecuador en cuanto al manejo de los recursos hídricos realizado por la Secretaria Nacional del Agua en 2011.

El consumo de agua estimado en la zona de estudio fue de 50 l/hab/día en la zona rural; y, 120 l/hab/día, en la urbana, valores comparables con estudios similares realizados por el INEC en 2012 y los de Análisis estadístico de la distribución de los servicios básicos de cada provincia a nivel nacional efectuado por Matamorros y Sandoya en el año 2000.

Una proyección a futuro que calculó el estudio demuestra que iiidentro de los próximos 25 años, “el cantón no tendrá déficit del líquido vital”.

Conclusiones

Aunque la vegetación nativa ha disminuido en las zonas media y baja de las microcuencas; la diversidad florística aún es amplia. Esa diversidad de flora es importante conservar para el mantenimiento de los caudales de agua.

Es necesario un adecuado mantenimiento de las plantas de tratamiento, como la de Cumbaltar y San Cristóbal, para mejorar los niveles de calidad del agua potable entregada a los usuarios.

El 44% de las Juntas Administradoras de Agua Potable, sobrepasan el límite establecido por la Norma 1108 para coliformes fecales, por lo que se plantea la necesidad de mejorar el tratamiento del

agua y realizar una correcta cloración para evitar riesgos en la salud de los habitantes.

Las actividad económica prevalente entre los miembros de la Juntas son agropecuarias en la modalidad de jornal o peón lo que repercute en el pago oportuno de las tarifas por concepto de agua potable ya que son personas de bajos ingresos.

La implementación del plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado, consta de cuatro programas que permitirán la adopción de soluciones sostenibles que contribuya al bienestar de la población y optimicen la calidad y cantidad de agua.

La socialización del Plan de mejoramiento y aprovechamiento adecuado, contó con la participación activa del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Montúfar y las directivas de las Juntas Administradoras de Agua Potable, adoptándolo como un instrumento para poner en práctica los programas, subprogramas y proyectos, con el fin de dotar agua segura en cantidad y calidad a la población.

Los resultados del estudio son de suma importancia para al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Montúfar, que conociendo el crecimiento poblacional y la cantidad de agua disponible podrá tomar medidas correctivas a través de la implementación de las ordenanzas necesarias.

Num. 5 - 2015 - Art. 3 |
Optimización de sistemas de

tratamiento de aguas residuales

Optimización de sistemas de tratamiento de aguas residuales

Gonzalo Andrés Farinango

Estudiante FICAYA / Recursos Naturales Renovables

andres_v88@hotmail.es



Tratamiento terciario con humedales en la planta de tratamiento

Número 4 Huaycopungo Norte

Foto: Gonzalo Andrés Farinango

La planta de tratamiento de aguas residuales de Huaycopungo Norte es una de las 11 plantas de tratamiento biológico implementadas por el Gobierno Municipal de Otavalo en el sector del Lago San Pablo. Esta planta de tratamiento está compuesta de pre-tratamiento: rejillas y caja de captación; tratamiento primario: tanque sedimentador; tratamiento secundario por medio de un filtro anaerobio de flujo ascendente; y, tratamiento terciario para remoción de nutrientes, por medio de humedales de flujo superficial. El tratamiento de los lodos removidos de los procesos se realiza

mediante lechos de secado.

El objetivo general de este trabajo constituye en analizar y recomendar criterios de optimización en la operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales de la Planta N°4 Huaycopungo Norte, para un eficiente proceso de depuración y reutilización del efluente.

El estudio comprendió

1. Visitas de campo para valorar las condiciones físicas de los sistemas de tratamiento y para revisar el registro de mantenimiento de las unidades.
2. Estudio del crecimiento físico de la especie de *Eichhornia crassipes* Mart., (Jacinto de agua) en los humedales artificiales. Para ello se depositó plantas etiquetadas en cuadrantes distribuidos a lo largo de cada estanque, se analizó el crecimiento de las plantas, se registró el peso durante 21 días y se graficaron los promedios de crecimiento del lechuguín, estableciendo la capacidad de carga operacional y rendimiento máximo de la biomasa.
3. Muestreo y análisis de calidad de agua residual que interviene en cada fase de tratamiento. Se utilizó un Ecolit portátil para medición de los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad, STD. Mediante el análisis de muestras en un laboratorio certificado se determinó el nivel de sólidos, DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), amoníaco, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfuros, metales pesados, y coliformes a la entrada de la planta (afluente) y a la salida del sedimentador (efluente), filtro y descarga, y, se lo comparó con la normativa vigente.
4. Con base en los resultados se desarrolló estrategias recomendadas para optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento desde una perspectiva sustentable.



Eichhornia crassipes. –
lechuguín

Foto: Gonzalo Andrés
Farinango

Evaluación de las condiciones de los sistemas

1. Condiciones físicas de los sistemas de tratamiento y su mantenimiento.

Al inicio del estudio, la planta estaba físicamente en buen estado, pero con mal mantenimiento:

- El tanque sedimentador se encontró rebosando.
- El manejo de lodos de sedimentadores y filtros se hacía de modo improvisado.
- El flujo de agua por el filtro anaerobio detenido.
- El lechuguín se había acumulado exageradamente, impidiendo el buen funcionamiento del tratamiento terciario. Con la participación de operarios del Municipio de Otavalo se realizó la limpieza de rejillas, caja de captación del afluente y brazos distribuidores del caudal.
- Mantenimiento del tanque sedimentador y filtro anaerobio; mediante bombeo se extrajo los lodos acumulados.
- Cosecha del exceso de lechuguín de agua propagado en los estanques.
- Limpieza de los lechos de secado.
- Limpieza general exterior.

2. Estudio del crecimiento físico de la especie de *E. crassipes*.

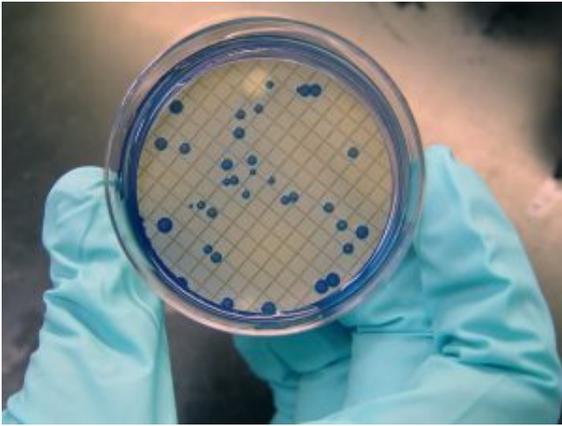
Se determinó que el crecimiento diario del cultivo alcanza valores de 43,2 g/m² a 53,5 g/m², que la capacidad de carga operacional ideal es 1600-1700 g/m²; y, que 357,04 kg es la masa fresca por cosecha que se obtiene de todos los estanques cada dos semanas, lo que equivale a 7140,8 kg/año (7,14 ton/año).

3. Muestreo y análisis de calidad de agua residual en cada fase de tratamiento.

Comparando los datos obtenidos de calidad de agua con el límite máximo permisible por las normas, la planta cumple con los requisitos de tratamiento en todos los parámetros, con la excepción de los niveles de coliformes totales y fecales, cuya disminución es significativa en la planta de tratamiento (97,91% de coliformes fecales), pero no alcanzan a los niveles (99,99% de remoción para coliformes fecales) exigidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA).

Los resultados indican que los procesos de degradación que ocurren en el sedimentador y el filtro de flujo ascendente se ejecutan de manera adecuada, brindando condiciones óptimas para que las bacterias oxiden y estabilicen la mayor cantidad de materia orgánica.

Los procesos de degradación aerobios producidos en los humedales artificiales con lechuguines de agua se ejecutan de manera eficiente, puesto que cumplen con su principal función: degradar la mayor concentración de nutrientes presentes producto de la fotosíntesis, adsorción o absorción por rizomas y por acción de bacterias nitrificantes presentes en los estanques.



Prueba de coliformes utilizada como indicador de patógenos en agua, es de bajo costo y rápida.

Foto:

<http://hoopmanscience.pbworks.com/w/page/47828206/Water%20Monitoring%3A%20%20Coliform>

Conclusiones

Las aguas residuales procesadas en la planta, presentan una carga orgánica en DB05 de 6,64 kg/ha/día, con una relación DB05/DQ0 de 0,30; fácilmente tratables mediante procesos biológicos.

La planta registra un tiempo de retención de 9,41 días con resultados satisfactorios, situación que determina una capacidad de reserva para operaciones futuras. El crecimiento diario del cultivo de *E. crassipes* alcanza valores de 43,2 g/m² a 53,5 g/m².

El funcionamiento óptimo de los humedales artificiales se logra con una cosecha del cultivo realizada 15 a 18 días, para evitar el aumento de carga orgánica innecesaria.

La planta de tratamiento opera satisfactoriamente dentro de los límites permisibles de descarga, excepto en la reducción de coliformes cuya población se mantiene variable.

Recomendaciones

Estudiar las características de mecánica de fluidos en los estanques orientado a mantener un crecimiento uniforme de la especie en todos los estanques.

Investigar técnicas eficientes para la eliminación de coliformes, con el fin de mantener controlada permanentemente la población bacteriana.

Analizar la acumulación de lodo en el sedimentador, filtro y estanques.

Implementar proyectos de compostaje y biodigestores para el tratamiento de lodos y materia orgánica en general, siguiendo un adecuado control de calidad. A su vez también desarrollar proyectos para la producción de abonos.

Num. 5 - 2015 - Art. 3 | **Estrategias para la** **Conservación de la** **Microcuenca de Yahuarcocha**

Estrategias para la Conservación de la Microcuenca de Yahuarcocha

Eduardo Gudiño

Estudiante FICAYA / Recursos Naturales Renovables

eduardogozono@gmail.com

El alto grado de intervención antrópico sobre los ecosistemas

de la microcuenca de Yahuarcocha ha incidido en la pérdida de biodiversidad y en la calidad de los hábitats para albergar a especies de interés para la conservación.

Ante la problemática expuesta, es necesario conocer la diversidad florística y de avifauna en la zona media – alta de la microcuenca de Yahuarcocha, ya que es un sector ampliamente diverso y rico en cuanto a sus recursos; adicionalmente es imprescindible actualizar la información acerca de la biodiversidad que se encuentra en el sector con miras al establecimiento de métodos y recomendaciones para la conservación de este ecosistema.

El presente estudio tuvo como objetivo establecer métodos adecuados para la evaluación de la diversidad de flora y aves, mismos que diagnostiquen efectivamente el estado de conservación de los ecosistemas presentes en la microcuenca de Yahuarcocha.

Este estudio se realizó de manera secuencial; para ello se analizaron tres momentos que involucran aspectos metodológicos.



Evaluación de la diversidad de flora y aves

Evaluaciones en la Microcuenca

-Área de estudio

La microcuenca posee un desnivel que se extiende desde los 2200 msnm, altura en la que se encuentra el espejo de agua de Yahuarcocha, hasta los 3720 msnm., la superficie del área es de 866.53 ha.



Vista de Yahuarcocha

Foto: Juan Carlos Morales

-Unidades de Paisaje

Se elaboró un mapa de los elementos del paisaje de la zona media – alta de la microcuenca de Yahuarcocha, donde claramente se pudo evidenciar las zonas de cultivo, pastizales, bosques plantados, áreas erosionadas y la vegetación propia del sector; adicionalmente se observó la presencia de ecosistemas conformados por pajonal arbustivo altimontano paramuno, el bosque altimontano norte – andino siempreverde y el arbustal húmedo montano.

-Hidrografía

Del mapa de la red hídrica se define el drenaje principal que es la quebrada de Añaspamba; además se pueden observar los drenajes secundarios que determinan el comportamiento morfo-estructural que dan lugar a formaciones lineales de interés hídrico. Además se pudo observar la cobertura vegetal original que va desde las plantas parcialmente sumergidas hasta las

formaciones arbóreas y arbustivas del bosque en galería. Se evidenció que los pocos parches remanentes de vegetación riparia actualmente están siendo destruidos mediante la quema de los mismos.



Vegetación alto andina

Foto: Eduardo Gudiño

-Grupos Biológicos

Flora. Se encontró mayor riqueza en cuanto a la flora en el arbustal húmedo montano, con 50 especies, y una relación más homogénea entre los ecosistemas de bosque altimontano, norteandino siempre verde y el pajonal arbustivo altimontano paramuno, con 21 y 25 especies respectivamente.

En cuanto al índice de Shannon los valores fluctúan entre 0.5 y 2, lo que indica que la vegetación corresponde a un estado de sucesión secundaria.

Aves. Según el índice de sensibilidad de Stotz (1996); se establece que las especies encontradas en el sitio de estudio se encuentran bajo la categoría de sensibilidad baja, que son capaces de adaptarse y colonizar zonas alteradas. Un número inferior de especies de sensibilidad media, que pueden soportar ligeros cambios ambientales.



Vegetación alto andina

Foto: Eduardo Gudiño

El área tiene zonas de bosque en buen estado de conservación con ligeras alteraciones de los hábitats permitiendo la supervivencia de las especies.

La presencia de especies de aves con una sensibilidad baja es mayor en sitios con un grado de composición florística de especies nativas y endémicas inferior.

Evaluación Socioeconómica

Se determinó que los propietarios de los predios no realizan actividades de manejo adecuadas, sin embargo hacen un uso intensivo de los recursos.

Propuesta de Estrategias de Conservación

Las estrategias de conservación propuestas van dirigidas a mejorar las posibilidades de supervivencia de la biodiversidad, con el fin de responder a necesidades como: aumentar el área de vegetación nativa, proteger los remanentes de vegetación natural de perturbaciones, y/o mejorar la calidad de los hábitats, así como la protección de las vertientes de agua de la microcuenca.

Conclusiones



Mirlo de los Páramos
Andinos

Foto: Eduardo Gudiño

Fue posible establecer estrategias de conservación en la zona media-alta de la microcuenca de Yahuarcocha en tres niveles: a nivel de paisaje fue posible definir las zonas de intervención de las estrategias, a nivel de ecosistemas se definió la fisionomía y estructura de los hábitats actuales, y finalmente al nivel de poblaciones definir las especies nativas y endémicas de la zona, que constituyen especies de interés para la conservación.

La incidencia de las actividades antrópicas sobre la diversidad de plantas de la parte media y alta ha sido determinante en la dispersión y aislamiento de las especies nativas y endémicas.

La biodiversidad nativa, a pesar de sufrir cambios en su estructura desde la invasión de nuevas especies y el recambio total o parcial de las mismas, puede sobrevivir en paisajes altamente fragmentados.

El índice de Shannon calculado para plantas leñosas con un DAP > a 2.5 cm en los sitios de muestro, fluctúa entre 0.5 y 1.5, lo que indica que la riqueza y abundancia obedece a niveles altos de perturbación donde existe una menor riqueza de especies en función de la abundancia.

Num.5-2015-Art.2 | Zanjas de infiltración como alternativa para la retención de agua en zonas secas

Zanjas de infiltración como alternativa para la retención de agua en zonas secas

Gladys Yaguana

Docente FICAYA / Recursos Naturales Renovables

gnyaguana@utn.edu.ec

Según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el 35% de la superficie de los continentes puede considerarse como áreas desérticas (PNUMA, 2000).



Implementación de las zanjas de infiltración

Foto: Gladys Yaguana

La erosión y la baja disponibilidad de agua en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, conocidas como áreas secas, son problemas de importancia local y global. Estos fenómenos conducen hacia

la desertificación, forma irreversible de degradación caracterizada por la desaparición física del suelo, con graves implicaciones en la vida de los ecosistemas donde el factor limitante es el agua.

La escasa precipitación que cae en estas zonas cuya superficie es de 543 millones de hectáreas (360 millones en peligro de desertificación) de los 1750 millones de hectáreas de Latinoamérica, según la Agencia Alemana para la Cooperación Económica y el Desarrollo (BMZ, 1999), genera insuficiente cobertura vegetal, quedando las superficies expuestas a la acción de agentes de remoción y arrastre del suelo. El almacenamiento de agua tampoco es posible debido a las mismas condiciones del clima y por cuanto, ésta en su recorrido no encuentra obstáculos que favorezcan la infiltración, produciéndose por el contrario altos niveles de escorrentía.

Una de las maneras de ayudar a resolver estas problemáticas es la construcción de zanjas de infiltración, estructuras mecánicas de conservación de suelos que favorecen la retención de agua y sedimentos. El objetivo de este artículo es dar a conocer el papel de las zanjas de infiltración en el mantenimiento de la humedad, restauración de suelos y recuperación de la cobertura vegetal, empleando como evidencia los resultados obtenidos en cuatro sitios de la parte media de la microcuenca de Yahuarcocha.

¿Qué son las zanjas de infiltración?

Las zanjas de infiltración son excavaciones en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen en el terreno siguiendo las curvas de nivel. Sirven para detener la escorrentía de las lluvias y almacenar agua para los pastos, árboles y cultivos instalados debajo de ellas. (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú, 2014). Se utilizan en todas las altitudes de

las zonas tropicales y subtropicales secas (IICA, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2011), recomienda que para el adecuado funcionamiento de esta técnica se tenga en cuenta el manejo entre zanjas, mediante la construcción de un ducto y la plantación en curvas de nivel.

Las dimensiones de las zanjas varían en función del clima, la escorrentía que se aporta, la pendiente, el tipo de suelo y la vegetación. El volumen de captación, debe ser igual al volumen de escorrentía menos el volumen de infiltración.

Las zanjas de infiltración se adoptan para suelos poco profundos (menores a 50cm), pendiente de 10-50 %; de preferencia en suelos francos que permitan la infiltración de agua. No son convenientes en suelos arenosos, muy sueltos que puedan derrumbarse.

Retención de agua y restauración de los suelos



Ensayo instalado en el entorno del Lago Yahuarcocha

Foto: Gladys Yaguana

Las zanjas de infiltración acortan la longitud de la pendiente, disminuyendo de esta manera los riesgos de grandes escorrentías que causan erosión en sitios de ladera durante la

época lluviosa. Otra función importante es detener o depositar el agua de escorrentía de las laderas favoreciendo su infiltración en el terreno y el mantenimiento de la humedad en el suelo (FAO, 2011).

Sobre el borde superior e inferior de la zanja es conveniente plantar especies de tallo rígido -perennes, herbáceas o arbustivas, de abundantes raíces- que sirvan como barreras vivas que merman la velocidad del agua de escorrentía, propician mayor infiltración y menor acumulación de sedimentos al interior de la zanja.

Para aprovechar el agua retenida en la zanja de infiltración, en la parte inferior se plantan especies forestales o nativas. El propósito es lograr mayor cobertura vegetal y disminuir la erosión del suelo.

Precisamente, las zonas de secano se caracterizan por una escasa vegetación: pastos y arbustos de crecimiento lento. Tampoco, existe mucha materia orgánica que mejore las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y del ecosistema, con lo que se inicia un círculo vicioso que se repite y avanza a medida que el suelo sigue perdiendo cobertura. Sin suficiente cobertura vegetal el suelo queda expuesto a la acción de agentes erosivos como el agua y el viento.

En ese contexto, las zanjas de infiltración, constituyen estrategias que ayudan a revertir el proceso; pues, interceptan y almacenan agua, favorecen el incremento de vegetación (lo cual, en condiciones normales es más difícil en zonas secas). Al pasar el tiempo aumenta el contenido de materia orgánica, tan importante para mejorar la vida sobre el suelo.

Construcción de zanjas de infiltración

- Trazar las curvas de nivel en el terreno (líneas horizontales, perpendiculares a la pendiente, con

desnivel 0%).

- Marcar con estacas los límites de excavación.
- Excavar la zanja a la profundidad calculada, usualmente 20 a 40 cm.
- Mejorar los taludes proporcionándoles inclinación para una mejor estabilidad. El talud superior debe tener un ángulo de 45° en suelos estables o de textura fina; y, de $26,5^{\circ}$ (en relación con la horizontal) en suelos ligeros, con mayor proporción de arena; cortar el talud inferior menos inclinado y compactar los bordes.
- Depositar la tierra de excavación en la parte baja de la zanja, 10-20 cm del borde, para formar un pequeño camellón.
- Construir barreras vivas, en la parte superior e inferior de la zanja de infiltración.
- Plantar árboles o arbustos al pie de la zanja.

Dar mantenimiento:

- Eliminar sedimentos acumulados en el fondo de la zanja ya que reducen el volumen de almacenamiento de agua.
- Usar los sedimentos como abono; y, evitar daños de los bordes, causados especialmente por el ganado.

Implementación en la parte media de la microcuenca de Yahuarcocha



Retención de agua en
las zanjias de
infiltración,
Yahuarcocha
Foto: Gladys Yaguana

El área de la microcuenca del lago Yahuarcocha, siempre ha captado el interés de Instituciones públicas y Organismos de Desarrollo. No obstante, los esfuerzos por mejorar la cobertura vegetal en la zona, aún siguen siendo insuficientes o se pierden a causa del mal manejo, el pastoreo o las quemadas.

La Universidad Técnica del Norte, con la participación de docentes y estudiantes de la FICAYA en el periodo 2007-2009, realizó la investigación **“Recuperación y rotección de suelos y aguas, utilizando especies nativas en el entorno del Lago Yahuarcocha”**. Se probó la siembra directa y plantación de tres especies nativas: *Acacia macracantha* Willd., Humb (faique o espino), *Caesalpinia spinosa* (Feuillée ex Molina) Kuntze., (guarango o tara); y, *Schinus molle* L. (molle) al pie de zanjias de infiltración, con humus y sin humus. La importancia de estas especies está en que se adaptan a condiciones de clima seco, suelos duros, compactados y con alta densidad aparente; pueden usarse con fines de protección y comerciales.

El objetivo de esta investigación fue brindar alternativas para la protección y mejoramiento de los suelos erosionados de la cuenca lacustre de Yahuarcocha, que permitan disminuir el arrastre de sedimentos hacia el lago.

El trabajo de campo

Se efectuó en cuatro sitios experimentales de la parte media de la microcuenca de Yahuarcocha, ubicada al noreste de la ciudad de Ibarra, entre las coordenadas 00° 25' 44" a 00° 22' 35" N y los 78° 07' 21" a 78° 07' 28" W. Las áreas experimentales fueron protegidas para evitar el acceso de ganado. Se instaló

los ensayos entre 2200 a 2400 msnm, con una precipitación promedio de 625mm/año.

Se aplicó el diseño experimental bloques al azar (DBCA), con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Se trazó las parcelas y siguiendo las curvas a nivel se construyó las zanjas de infiltración de 0,40m de ancho por 0,30m de profundidad y 2m de longitud.

Al pie de las zanjas se excavaron hoyos de 40x40x40cm, en los cuales se realizó la siembra o plantación de las especies en estudio, en época lluviosa. En los tratamientos con humus se colocó 2kg de humus/hoyo.

Las variables evaluadas fueron altura, diámetro basal y sobrevivencia de las especies; cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo: antes, 10 y 18 meses de instalados los ensayos; influencia de las zanjas de infiltración en la retención de humedad; incremento de la flora y fauna; y, costos de cada tratamiento. Las mediciones de sobrevivencia, altura y diámetro se realizaron por un lapso de 24 meses.



Crecimiento de especies y regeneración de cobertura vegetal

Foto: Gladys Yaguana

Resultados importantes

El contenido promedio de humedad del suelo fue mayor en el área de influencia de la zanja, con valores de 13,1% en el espacio de no incidencia y de 15,5%, en el de incidencia de las zanjas de infiltración. La mayor retención de humedad se explica porque la función de la zanja es disminuir la velocidad de escorrentía, atrapar y retener agua debido al mejor contacto de ésta con el suelo.

Se elevó el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y micronutrientes; el potasio se mantuvo en niveles altos. Al incrementarse la materia orgánica, se coadyuva la infiltración de agua, carga y actividad microbiana del suelo, favoreciendo las posibilidades de mayor cobertura vegetal.

Se registró un incremento –progresivo- de las especies de flora, que fue más abundante y aproximadamente el doble en época lluviosa en relación con la época seca (60 y entre 30-40 especies, respectivamente). El índice de similaridad (S) entre los sitios fue de 70% en época lluviosa y de 64% en época seca. La diversidad de especies fue alta (94% en época lluviosa y 90% en época seca), siendo las especies más representativas la mosquera, el chamano, izo, tupirrosa y pastos.

Se detectó la presencia de aves, mamíferos y reptiles, destacándose entre ellos por su abundancia los petirrojos, colibríes, lagartijas y conejos silvestres.

Conclusiones

La zanja de infiltración contribuye a la retención de humedad del suelo, notándose diferencia entre el área de influencia de la zanja y fuera de ella.

La fertilidad del suelo mejora y se incrementa conforme transcurre el tiempo de protección y buen manejo; aumentando el contenido de materia orgánica y nitrógeno total que ayudan a la retención de humedad y favorecen el crecimiento de la vegetación, en su orden.

La práctica permite un aumento de la cobertura vegetal y con ello el de la fauna; pues, se corroboró que a mayor vegetación se incrementa la fauna en relación directa.

La introducción de zanjas de infiltración constituye una alternativa viable para la conservación de la humedad y recuperación de suelos en proceso de degradación, por lo que debería tenerse en cuenta para programas de restauración de ecosistemas de zonas secas y potencialmente erosionables.

[Num.5-2015-Art.1 | Plantas acuáticas en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas](#)

Plantas acuáticas en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas

Mónica León

Docente FICAYA / Recursos Naturales Renovables

Ana María Lucero

Estudiante FICAYA / Recursos Naturales Renovables

angelmony8@gmail.com

Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides, aplicadas en asociación o monocultivos en sistemas comunitarios y unifamiliares, en el proceso de remoción de contaminantes en aguas residuales domésticas.



Eichhornia crassipes. Foto:
Mónica León y Ana María
Lucero

La pérdida constante de recursos naturales es uno de los mayores problemas que el planeta enfrenta en la actualidad, entre los más importantes para la vida se encuentra el agua, que con el crecimiento poblacional y la demanda diaria ha incrementado su contaminación de forma acelerada, problema que es más evidente en aquellos sitios donde no existen políticas que rijan las condiciones de uso del agua y su eliminación al ambiente especialmente en fuentes de agua dulce natural. En América Latina el tratamiento de estas aguas se constituye en un reto, debido a que alrededor del 80% de las aguas residuales son dispuestas sin tratamiento en el ambiente y/o usadas para fines agrícolas, constituyéndose en un problema sanitario de envergadura en muchas localidades (CEPIS, 2004).

En las dos últimas décadas, se han incorporado diversos procesos que tienen por objetivo promover la remoción de compuestos específicos, como son el nitrógeno y fósforo contenidos en este tipo de aguas residuales. Las descargas de aguas residuales con este tipo de compuestos producen efectos altamente negativos en los cuerpos receptores, tales como eutrofización, reducción de oxígeno disuelto o la disminución de la efectividad de los procesos de desinfección en las plantas de tratamiento (Ortíz, 2001).

Aspectos importantes



Azolla filiculoides. Foto:
Mónica León y Ana María
Lucero

Los sistemas de depuración de bajo coste energético pueden ser una alternativa de tratamiento de las aguas residuales domésticas en entornos rurales al basarse en reproducir, en espacios limitados, los procesos de depuración que se dan en la naturaleza, necesitando pocos o nulos aportes energéticos externos. Además, los residuos que generan los procesos de depuración, así como el mantenimiento que requiere, son mínimos (Ortíz Muñoz, 2001).

El tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que, también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos.

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible valor nutritivo, las así denominadas macrófitas acuáticas flotantes, la lenteja de agua o lemna (*Lemna spp*), azolla (*Azolla spp*), y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* Mont.) son del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico en

sistemas de tratamiento de aguas (Suárez y González-García, 1998). Las funciones que las plantas acuáticas cumplen en los sistemas de tratamiento son las siguientes:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

E. crassipes conocida en Ecuador, como jacinto o lirio de agua pertenece a la familia *Pontederiaceae*, se trata de una planta flotante compuesta por una larga ronda de esponjosos tallos, sus hojas son de color verde profundo, grande y erecto, las raíces son variables en longitud de unos 10 cm a 90 cm de largo. Es una planta de rápido crecimiento distribuida en casi todos los países tropicales, que puede tolerar condiciones de contaminación por metales o por eutrofización de cuerpos de aguas lénticos y lóticos. Esta planta se ha convertido en un problema ambiental; no obstante, ha despertado interés en el tratamiento de la contaminación por metales en suelos agrarios y cuerpos de agua (Benítez et al., 2011).



Lemna gibba Foto: Mónica León y Ana María Lucero

Es una de las especies acuáticas más estudiadas, debido a sus

características depuradoras y facilidad de proliferación. Posee un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorecen la acción depuradora (Benítez et al., 2008).

Azolla filiculoides Lam., Azolla es un género perteneciente a la familia Salvinaceae que agrupa varias especies de pequeños helechos acuáticos tales como: *Azolla microphylla* Kaulf., *Azolla caroliniana* Kaulf., *Azolla mexicana* Schltdl. y Cham y *Azolla pinnata* R.Br.

Consiste en un corto tallo ramificado que posee raíces las cuales cuelgan hacia abajo en el agua. Cada hoja es bilobulada, el lóbulo superior contiene clorofila verde mientras que el lóbulo inferior es incoloro. Esta planta de forma individual usualmente alcanza entre 2 y 5cm de longitud, pero puede llegar a los 4 cm y su diámetro es de 1-2 cm. Posee rizomas y raíces individuales ramificadas (1-3 cm) en determinados puntos de los lóbulos (Becerra, 2015).

Bajo ciertas condiciones, también existe un pigmento de antocianina, que le confiere al helecho un color entre rojiza y carmelita. La coloración mencionada está asociada con la sobrefertilización del reservorio acuático, excesiva contaminación o luz solar, ya que prefiere lugares sombreados.

Tiene la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a su asociación en simbiosis con una cianobacteria denominada *Anabaena azollae*. Vive en las cavidades de las frondas del helecho, es capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la azolla para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno (Sevillano et al., 2008).

Lemna gibba L. o lentejas de agua son pequeñas macrófitas flotantes que prosperan en aguas estancadas o de corriente lenta. Las lemnáceas constituyen una familia de plantas vasculares, que flotan libremente sobre la superficie del

agua, y que tienen una distribución mundial. Existen cuatro géneros: Spirodela, Lemna, Wolffia y Wolffiella, y cerca de 40 especies (Cordoba et al., 2010).



Cosecha del jacinto acuático Foto: Mónica León y Ana María Lucero

Estas macrófitas tienen una morfología relativamente simple, puesto que no tienen tallos ni hojas verdaderas; comúnmente consisten en una o pocas frondas de forma ovalada que raramente exceden los 5 mm de longitud. Cada fronda puede tener una o algunas raíces, y las plantas florecen muy raramente (Lara, 1999).

Las Lemnáceas se han utilizado en algunas oportunidades para aprovecharlas como plantas depuradoras de aguas residuales y particularmente, han sido incluidas en circuitos complejos de depuración de excretas porcinas, mientras que en otras ocasiones, la atención de los investigadores se ha movido preferencialmente hacia su uso en nutrición animal (Zarela, 2012).

Alrededor de 500.000 personas en el Ecuador viven en el ecosistema y lo usan cotidianamente para obtener productos que permiten su subsistencia (Medina, 1997). De manera indirecta, varios millones de personas usan los páramos a través de los sistemas de riego, agua potable y generación hidroeléctrica (Mena y Medina, 2001).

Manejo de los cultivos en los sistemas de tratamiento

Para determinar la eficiencia de las especies en la remoción de contaminantes se realizaron ensayos en uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Turucu. En el cual se aplicaron los tratamientos donde se emplearon las especies *E. crassipes*, *A. filiculoides* y *L. gibba* en la depuración de las aguas. Aplicándose las proporciones de siembra sugeridas por Rodríguez (2001), quien recomienda que la proporción de *Azolla sp* sea 1,71 kg/m², *E. crassipes* 5 kg/m² y *Lemna. sp* de 1,5 kg/m².



Asociación de *E. crassipes*,
A. filiculoides, y de *L.*
gibba

Foto: Mónica León y Ana
María Lucero

Tratamiento uno: cultivo y manejo de *E. crassipes*

Proceso de siembra se realizó en base a hijuelos de plantas grandes obtenidas de otros los sistemas de tratamiento de aguas residuales y del Lago San Pablo. La siembra fue realizada dispersándose esporádicamente los hijuelos de jacinto de agua en los cuatro estanques de la comunidad de Turucu con la finalidad de evitar un estrés en la planta y una mejor adaptación.

Manejo de *E. crassipes*. Durante el cultivo se realizaron varias cosechas, seleccionado especialmente a las plantas con

coloración amarillenta o aquellas que presentaban bulbos blanquecinos, permitiendo el crecimiento de los individuos en buenas condiciones. Para la determinación del crecimiento, rendimiento de la biomasa y la capacidad de carga operacional KOP y rendimiento máximo de la biomasa por el método gráfico (León-Espinoza y Lucero, 2008).

Tratamiento dos: cultivo y manejo de *A. filiculoides*

El proceso de siembra de la semilla consistió en la dispersión de pequeñas plantas de *A. filiculoides*, que se obtuvieron en las orillas del Lago San Pablo.

Manejo de *A. filiculoides*. En investigaciones antes realizadas en la provincia esta especie ha sido utilizada como un tratamiento terciario; en este estudio se consideró la posibilidad de emplearlo como un tratamiento secundario.

Establecido el cultivo, la biomasa fue cosechada cada semana y se realizaron mediciones del tamaño de las raíces, altura de la planta en cada una de los estanques, con el propósito de verificar su tolerancia en aguas con mayor contaminación.

Tratamiento tres: cultivo y manejo de *L. gibba*

Este cultivo ha sido empleado en otras investigaciones proporcionando excelentes porcentajes en remoción de contaminante de aguas residuales domésticas. Para este proyecto se consideró como un tratamiento adicional el uso de la lenteja, para evaluar la incidencia del manejo adecuado en los procesos de depuración. La Lemna fue obtenida de otros sistemas de tratamiento, en Cotacachi.

Tratamiento cuatro: cultivo y manejo en asociación (*E. crassipes*, *A. filiculoides* y *L. gibba*)

La aplicación de este tratamiento se propuso para comparar la eficiencia de los cultivos solos y en asociaciones de las tres especies. El orden con que fueron cultivadas las especies se

basó en los porcentajes de remoción en las diferentes pruebas realizadas en *E. crassipes*, *A. filiculoides* y *L. gibba* por separado, elaborando un cuadro con las variables a evaluarse (parámetros físicos, químicos y microbiológicos) y su respectiva calificación en la que se acreditó el valor tres al porcentaje con mayor depuración, dos al de mediana purificación y uno al de menor remoción.

Proceso de análisis

Luego de realizados los análisis de aguas en cada tratamiento, se procedió a obtener los promedios de los resultados de los análisis de aguas. En el cuadro se puede observar el porcentajes de remoción en los cuatro tratamientos. La remoción de la mayoría de parámetros la alcanzó la especie *E. crassipes*, seguida de la especie *A. filiculoides*, y de *L. gibba* quedando como última opción la asociación de las tres especies propuestas anteriormente.

Conclusiones

de las aguas residuales domésticas fue *E. crassipes*, debido al importante número de parámetros removidos, logrando la permisibilidad en la mayoría, a excepción de los microbiológicos para los cuales la mejor alternativa de remoción fue *L. gibba*.

Los tratamientos adicionales propuestos *A. filiculoides*, *L. gibba* y asociación de las tres especies, también lograron eficientes niveles de remoción, el segundo lugar después de *E. crassipes* la ocupa *A. filiculoides*, seguido de *L. gibba* y finalmente la asociación propuesta.

Las especies presentaron diferencias en la remoción de contaminantes debido a la necesidad en requerimientos nutricionales de cada una.

E. crassipes remueve parámetros físicos, al igual que parámetros químicos como DBO y DQO.

La asociación y *E. crassipes* removieron en su mayoría los compuestos nitrogenados.

A. filiculoides logró mejores niveles de remoción en compuestos fosfatados.

L. gibba con los parámetros microbiológicos alcanzaron mejores remociones.

Parámetros	<i>L. gibba</i>	<i>A. filiculoides</i>	<i>E. crassipes</i>	Asociación
Conductividad	13.44	18.76	25.35	2.02
Sólidos totales	14.51	18.81	25.69	1.78
Sólidos Suspendidos	91.29	93.91	95.40	88.38
Sólidos sedimentales	93.85	92.59	94.80	98.62
DQO	63.12	72.48	76.30	70.35
DBO	78.26	79.25	87.68	40.00
N-Nitratos	33.14	31.05	0.30	38.09
N-Nitritos	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrógeno amoniacal	0.00	0.00	20.01	23.62
Nitrógeno total K	5.74	6.38	77.78	0.00
Fósforo total	63.32	77.35	0.00	62.57
Fosfato	63.32	77.76	0.00	58.88
Coliformes totales	96.98	83.42	94.09	72.16
<i>Escherichia coli</i>	98.55	88.88	97.76	86.62

Fuente: León-Espinoza y Lucero-Peralta, 2008

Que contiene la tabla: El porcentaje de remoción de los diferentes parámetros físico- químicos de aguas residuales domésticas, en sistemas de tratamiento comunitarios en la comunidad de Turucu, cantón Cotacachi.