

Tratamiento del agua en atajados del Chaco Boliviano, mediante tecnología biológica y su valoración económica

Water treatment in artificial lagoons in the Bolivian Chaco through biological technology and its economic valuation

María Hidalgo ^{1,*}

¹ Fundación Nacional de Integración Nacional, Ecológica, Sustentable y Sostenible (FINESS). Programa de Cambios Globales.

Edificio Alborada, Piso 9 c. Mercado, La Paz, Bolivia

*Email para correspondencia: mchidalgo30@hotmail.com

Resumen

Las construcciones de atajados de tipo precarias sin ningún servicio básico en las comunidades del Chaco Boliviano, generan con el tiempo agua contaminada que causan enfermedades gastrointestinales (EDA) provocando la mortalidad. Como objetivo se implementó una planta de tratamiento piloto mediante tecnología biológica en dos atajados para mejorar las condiciones de vida de 295 familias indígenas de dos comunidades, Rancho Nuevo (Yarumbairú) y Rancho Viejo (Guirapembi) en la jurisdicción Municipal de Charagua, denominadas comunidades cautivas sin acceso a agua. Primero se hizo un tratamiento preliminar que tuvo el objetivo de acondicionar el agua, para su ingreso a la planta, mediante la construcción de dos estanques o lagunas y un tanque, de acuerdo a su tamaño las llenaron de plantas acuáticas flotantes, lo cual nos ha permitido conocer el funcionamiento de la remoción de nutrientes, demanda biológica de oxígeno y bacterias. El tratamiento biológico removió la cantidad de Coliformes fecales y Coliformes Totales, así también el contenido de fosfatos. Finalmente se obtuvo un tratamiento químico básico, basado únicamente en desinfección para cumplir con el criterio mínimo de salubridad. La aplicación nos permitió obtener proteínas por el uso de las plantas acuáticas, un nuevo alimento complementario Lemma (lenteja) para los animales, por las características bioquímicas de que se asemejan bastante a la soya en su contenido. Para el mantenimiento de la planta y la calidad del agua se ha diseñado una tasa modelando los niveles de ingreso del usuario a través de la medición del valor de uso directo y el valor de uso indirecto.

Palabras Clave: Tecnología biológica, tasa de consumo de agua, mantenimiento de planta

Abstract

The constructions of precarious types helters without any basic service in the communities of the Bolivian Chaco, over time they generate contaminated water that causes gastrointestinal diseases (EDA) causing mortality; the main cause is contaminated water. First there was a preliminary treatment that had the objective of conditioning the water, for its entrance to the plant, by means of the construction of two ponds or lagoons and a tank to improve the living conditions of 295 indigenous families of two communities, New Ranch (Yarumbairú) and Old Ranch (Guirapembi) in the Municipal jurisdiction of Charagua, called captive communities without access to water, according to their size they were filled with floating aquatic plants, which has allowed us to know the operation of the removal of nutrients, biological demand of oxygen and bacteria. The biological treatment removed the amount of Fecal Coliforms and Total Coliforms, as well as the phosphate content; Finally, a basic chemical treatment was obtained, based only on disinfection to comply with the minimum health criteria. For the maintenance of the plant and the quality of the water a rate has been designed modeling the user's income levels through the measurement of the direct use value and the value of indirect use.

Keywords: biological technology; water consumption rate; plant maintenance

Introducción

Las comunidades de El Chaco Boliviano, dentro de sus actividades socioeconómicas presentan una agricultura de subsistencia, sumadas a las adversidades climatológicas efectuados por la sequía, los agricultores no tienen las condiciones favorables, capaces de generar ingresos económicos, que posteriormente repercuten en los altos niveles de pobreza que presenta la región. Las frecuentes sequías que viene soportando el agricultor afecta en forma considerable la situación socioeconómica. Las construcciones de atajados de tipo precarias sin ningún servicio básico generan con el tiempo una serie de problemas sociales, sumados a enfermedades que se dan en la mayoría de las comunidades indígenas, cada vez más acentuadas por las constantes epidemias en la región. Una de las principales causas de mortalidad son las enfermedades gastrointestinales (EDA), las causas principales son las aguas contaminadas por falta de higiene y la mala nutrición. En la época de estiaje en toda la región de la provincia Cordillera la mortalidad es alta debido fundamentalmente a la falta del líquido elemento (agua), lo que hace que tanto pequeños productores como grandes que carecen de infraestructura adecuada (atajados acondicionados), registren pérdidas económicas. La falta de agua en el sector pecuario se traduce o se refleja en los índices zootécnicos que en la mayoría de los casos son bajos. Por los antecedentes arriba mencionados el estudio tiene el objetivo de mejorar las condiciones de vida de 295 familias indígenas de dos comunidades denominadas cautivas de agua, Rancho Nuevo (Yarumbairú) y Rancho Viejo (Guirapembi) en la jurisdicción municipal de Charagua, beneficiando a una población de 1477 personas entre hombres, mujeres y niños, disminuyendo en 70% las enfermedades gastrointestinales en el área rural a partir del consumo de agua limpia, en menos de un año, mediante: La construcción de dos atajados implementando una Planta de Tratamiento con Tecnología biológica para la obtención de agua potable para un mejor aprovechamiento en el consumo humano y animal en épocas de sequía, asegurando la provisión del agua durante la época de estiaje y

la apropiación de la tecnología por los comunarios indígenas, mediante el cobro de una tasa de agua para el mantenimiento de la planta. Adicionalmente, los objetivos específicos fueron los siguientes: Estimar el valor económico directo del agua limpia en la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Bajo Isoso. Evaluar los factores determinantes para la disposición a pagar por agua tratada o limpia. Determinar tarifas de cobro por servicio de agua tratada en las comunidades rurales beneficiadas por el proyecto piloto.

Materiales y métodos

Infraestructura de la obra

Se ha estudiado el proceso en dos atajados, una por cada comunidad, construyendo dos estanques y un tanque, de acuerdo los siguientes pasos: Replanteo y trazado de atajados; replanteo y trazado de lagunas, estanques y tanques in situ con instrumentos de precisión; se hizo la limpieza y remoción de capa vegetal dejando el área libre de raíces y troncos; excavación en los atajados y evacuación del material excavado; conformación de terraplén y compactado de reservorios, depósito de materiales provenientes de cortes o préstamos dentro de los límites; revestimiento para zanja, H^oC^o, excavación para las obras que comprenden las zanjas, el revestimiento de zanjas para lagunas estuvo compuesto de cemento, agregado grueso, agregado fino, piedra agua y aditivos que fueran requeridos, dosificados y mezclados de acuerdo a lo establecido; se realizó la construcción de estanques y tanque, para las obras que comprenden las lagunas de tratamiento; se realizó la construcción de tanques para consumo humano (agua potable) y animal (agua filtrada), la excavación para las obras que comprenden las lagunas de tratamiento, cuyo volumen de agua u otro líquido resultante de las operaciones de construcción es expulsado por bombeo o desagüe; colocación de cemento portland normal según especificación AASHTO M-134, a la losa de H^oA^o para las lagunas, dosificado y mezclado con agregado grueso, agregado fino, piedra, agua y aditivos que fueran requeridos; lagunas de ladrillo revestido de muros, garantizando que la provisión de la lemma debe

estar en buen estado antes de su colocación; provisión y colocación de tubería PVC $\varphi=2''$, $\varphi=4''$ y $\varphi=6''$; se colocó una bomba manual para agua potable; se colocó llave de paso 2'', 4'' y 6'' colocando accesorios; reservorio con tapa, losa de H^oA^o y muros de ladrillo; relleno compactado con tierra seleccionada. Los rellenos se realizaron con materiales provenientes de cortes o préstamos. Los bebederos se ejecutarán empleando ladrillos macizos; canaletas o recolección para agua tratada, colocación de canaletas de lata; colocación de placas perforadas para regulación de

caudal en lagunas; colocación de un cerco perimetral donde se incluyó el portón de malla olímpica.

Alternativas de tratamiento y criterios de diseño

Primero se acondicionó un canal para el ingreso del agua contaminada a la planta, por los caudales de diseño tan pequeños que se presentan; el tratamiento preliminar consta únicamente de una reja y bomba manual para el abastecimiento de agua en los estanques (Figura 1).

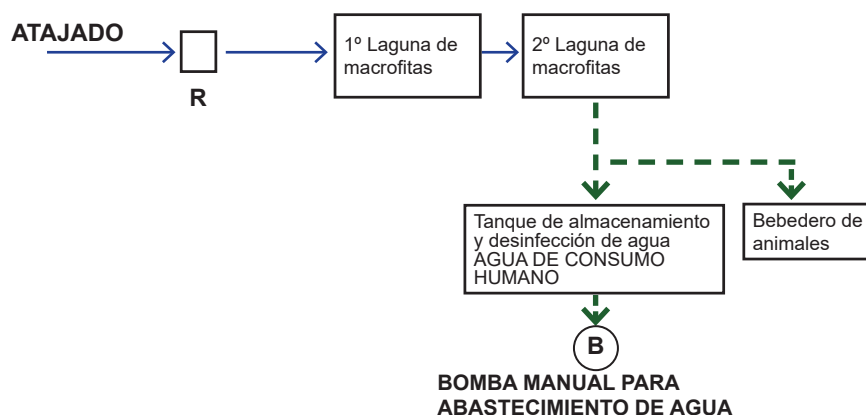


Figura 1. Distribución esquemática de la construcción de los estanques.

El tratamiento biológico propuesto tuvo como finalidad remover la cantidad de coliformes fecales y coliformes totales, así también el contenido de fosfatos. Finalmente se obtuvo un tratamiento químico básico, basado únicamente en desinfección (hipoclorito de sodio), con el objetivo de lograr la calidad deseada, y cumplir con

el criterio mínimo de salubridad. A la izquierda de la Figura 2, se observa el bebedero de animales y en el medio el tanque de tratamiento químico del agua con hipoclorito de sodio, para la obtención de agua potable, a la cabeza del tanque se observa el grifo.



Figura 2. Ilustración de la infraestructura de la planta de tratamiento.

Sistemas con lenteja de agua o Lemna

Comparativamente con los sistemas convencionales ofrecen la posibilidad no sólo de remover eficientemente y a bajo costo la materia orgánica y los sólidos suspendidos, sino también los nutrientes y las sales que en forma disuelta se encuentran en el agua, produciendo en una o dos etapas -si se tiene pretratamiento- efluentes de calidad terciaria; recuperación de los nutrientes presentes en las aguas residuales en forma de biomasa vegetal; el tamaño y estructura de la planta permite una fácil remoción por medio de implementos muy sencillos; el contenido alto de proteína y bajo en fibra le da a la lenteja de agua un valor nutricional y digestivo alto en ganado; el cubrimiento total de la superficie del agua proporciona condiciones de aquietamiento que facilitan la sedimentación y evita el crecimiento de algas, a diferencia de las lagunas convencionales en donde la presencia de algas aumenta las concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente; así mismo, el cubrimiento total de la superficie evita el crecimiento de mosquitos (Skillicorn, 1993); la capa formada por las plantas previene la salida de gases que pueden producir malos olores. En el caso del ácido sulfhídrico, se considera que este es oxidado en las capas de agua cercanas a la superficie, que tienden a ser aeróbicas por efecto de la cercanía a las plantas; se reducen las pérdidas por evaporación, puesto que la superficie del agua está cubierta. Esto es particularmente importante en zonas muy secas; la utilización de la lenteja de agua es altamente competitiva con respecto a otros métodos de tratamiento secundario existentes, ya que pueden reducir significativamente los gastos de todo el tratamiento además de los subproductos que se obtienen (Osorio, 2005).

Desinfección

Se trata de una desinfección mediante el hipoclorito de sodio dosificado entre 0.5 - 3 mg l⁻¹, concentraciones más altas contienen sabor y olor. La concentración de cloro residual aconsejable es de mínimo 0.2 mg l⁻¹. La dosificación en peso de hipoclorito de sodio se calcula

de la siguiente manera:

$$Pv = \frac{V \times D}{\%C \times 10} [gr \text{ o } cc]$$

Donde:

Pv = Peso o volumen del desinfectante.

V = Volumen de agua a desinfectar.

D = Dosis aplicada (mg l⁻¹) que como mínimo deje 0.2 mg l⁻¹

%C = Porcentaje activo del desinfectante.

Cada toma de muestras está conformada por una muestra en la superficie, una media y una inferior, para el análisis fisicoquímico; y una muestra para el análisis bacteriológico.

Valoración económica del agua para diseño de la tasa

Conceptualmente, el valor económico total (VET) de un recurso cualquiera, entre ellos el agua, está dado por el valor de uso (VU) y el valor de no uso (VNU). El valor de uso puede dividirse en valor de uso directo (VUD), valor de uso indirecto (VUI) y valor de opción (VO) o valor de uso potencial. Por otro lado, las categorías del valor de no uso (VNU) son el valor de existencia (VE) y valor de legado (VL), por lo tanto podemos representar la ecuación siguiente:

$$VET = VU + VNU \text{ ó } VET = (VUD + VUI + VO) + (VE + VL)$$

Estos valores fueron reflejados según cada individuo o colectivo dependiendo de la intensidad de uso del recurso, su bagaje cultural, sus creencias, las posibilidades de uso futuro o alternativo, entre otros. Una estimación del valor económico total requirió, por tanto, evaluar todos estos tipos de valor de uso.

Valoración económica del recurso agua limpia en los atajados

La realización de esta investigación permitió establecer pagos o tarifas para el mantenimiento y renovación de estos sistemas, por el servicio de abastecimiento de

agua tratada o limpia. Así mismo, como recurso el agua dulce en el mundo es cada vez más escaso, asumiendo que la tendencia per cápita tiende a disminuir de manera sostenida, por lo que como bien económico, el agua tratada tiene un precio. Se estimó un modelo econométrico lineal múltiple mediante Mínimo Cuadrado Ordinario (MCO). La variable dependiente es la disponibilidad a pagar y las que se indican en el cuadro son las variables independientes. La función de demanda fue:

$$Q_w = Q_w(p_w, p_a, p; y; z)$$

Donde:

Q_w : nivel individual de consumo de agua en un determinado tiempo y período

p_w : precio del agua

p_a : precio del agua de una fuente alternativa

p : precio índice promedio que representa todos los otros bienes y servicios

y : ingreso del consumidor

z : otros factores como clima y preferencias

Los entrevistados se agruparon en submuestras y a cada miembro de la submuestra, se les presentó un mismo precio, preguntándole si pagarían dicho precio o no. A cada submuestra se le asignó aleatoriamente un precio. El método fue familiar para la mayoría de entrevistados debido a que sus decisiones en el mercado cuando compran algo la hacen similarmente. Elimina el sesgo estratégico pues los entrevistados no tienen incentivo para sesgar su respuesta. El modelo estadístico usado fue el Logit, el cual predijo la probabilidad de aceptar una oferta en función del valor requerido y otras variables (socioeconómicas, actitudes y creencias). El método Logit es más complejo y menos familiar que el usado para la pregunta abierta y subasta (se calcula más fácil el valor de la media o la mediana). También existió una combinación del método de referéndum con uno de seguimiento. Si la respuesta es no, se le proporciona un nuevo valor más pequeño, seleccionado aleatoriamente. Si es sí, se proporciona un nuevo valor más grande, seleccionado aleatoriamente. Con este

proceso se ganó en información y se redujo el número de muestra que requiere el método de contingencia mediante encuestas. Se consideraron los siguientes datos para la valoración, una vez realizada la encuesta y sistematizados. El trabajo de investigación estimó sólo el valor de uso directo del agua en la TCO mencionada. Concretamente, dado que el agua que se consume trae consigo consecuencias colaterales en la salud de las familias que habitan en la zona rural, se pudo medir el valor subjetivo que los pobladores asignaron al agua limpia, en promedio. Este valor de uso directo fue estimado mediante la aplicación del método de Valoración Contingente definiendo por niveles de ingreso la Disponibilidad a Pagar (DAP) por agua potable o limpia. El propósito de la valoración contingente (Hanemann, 1994) es “derivar” las preferencias del consumidor. Normalmente el procedimiento seguido en la práctica consistió en analizar la conducta de la persona (en el estudio con la aplicación de las encuestas) con respecto a algún bien privado, que tiene por tanto un mercado, y que guarda relación con el disfrute del bien individual (Azqueta, 1994). Entre los factores que influyen en las preferencias por el uso de agua tratada en el estudio, asumimos: el número de miembros de la familia, edad, educación, etnicidad, ingreso, organización del centro poblado, entre otros.

Resultados y discusión

Localización, población de la zona de estudio y costos de los atajados

La zona de estudio, se halla ubicada en el Municipio de Charagua, geográficamente se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas: Latitud Sur 18°56'07", Longitud Oeste 58°45' y Latitud Sur 20°30'17" y Longitud Oeste 63°20'. La población beneficiada por el estudio de tratamiento de aguas se presenta en la Tabla 1, describiendo un número de 990 en Rancho Nuevo, y de 487 en Rancho Grande. La población de mujeres y hombres es distribuida próxima al 50% (Tabla 1).

Tabla 1.- Población Beneficiada por el tratamiento de aguas en el Distrito de Bajo Isoso

Comunidad	N° de Familias	Hombres	Mujeres	Total
RanchoNuevo	200	440	550	990
RanchoViejo	95	248	239	487
TOTAL	295	688	789	1.477

Fuente: PDM, Municipio de Charagua, Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

La Tabla 2, presenta a la población distribuida por edades donde la población menor a 45 años constituye la mayoría de la población en 60% respecto del total.

Tabla 2. Población entre grupos por edades en las comunidades de estudio del Municipio de Charagua, Bajo Isoso

Comunidad	0-15		16-30		31-45		46-60		61 y más años		Total
Rancho Nuevo	150	210	85	100	75	95	85	95	45	50	990
Rancho Viejo	118	127	70	73	26	25	19	17	6	6	487

En la Tabla 3 podemos advertir los costos incurridos con el proyecto sobre el cual luego se calculó como una inversión a recuperar o cubrir a través del pago de una tasa para mantenimiento descrito más adelante.

Tabla 3.- Inversión, construcción de atajados y plantas de tratamiento

Item	Costo item	Detalle \$	Bs.
Remodelado y Acondicionamiento	15574.04	Licencia ambiental	7030.2
		Muestras	8543.84
Construcción	194113.80	Construcción atajado Rancho Viejo	89425.56
		Construcción atajado Rancho Nuevo	91513.12
		Construcción Tanque de purificación Rancho viejo	6813.72
		Construcción Tanque de purificación Rancho Nuevo	6361.40
Inversión total Bs			209687.84

Tecnología biológica

La temperatura de las aguas en los estanques presentan una amplia variación entre la época de estiaje (8° a 12°C) y de lluvias 13° a 20°C. Existe una ligera disminución de la temperatura en la salida con respecto a la entrada, que es de aproximadamente de 1°C, esta variación se debe al escaso calentamiento de las aguas por la presencia de una capa considerable de *lemnaceae*, que alcanza alrededor de 2 a 3 cm. de espesor. El pH es básico, con pequeñas variaciones, debido probablemente a las mezclas de las aguas residuales con las aguas frescas en los estanques. Los valores de conductividad obtenidos

en los estanques presentan pequeñas variaciones, los datos encontrados en la entrada con respecto a la salida tienden a disminuir o aumentar ligeramente, debido principalmente a la precipitación de las sales disueltas. Las aguas presentan una turbidez en todos los estanques además de un olor fuerte debido a la elevada carga orgánica, se observa una disminución importante hacia la salida de los estanques, debido principalmente a la sedimentación que sufren los sólidos suspendidos a lo largo y ancho de los estanques. El color verdadero disminuye en los estanques 1 y 2, mientras que en los estanques 3 y 4 sucede lo contrario estas variaciones se deben a la elevada productividad primaria que se da

en los estanques (Figura 3).

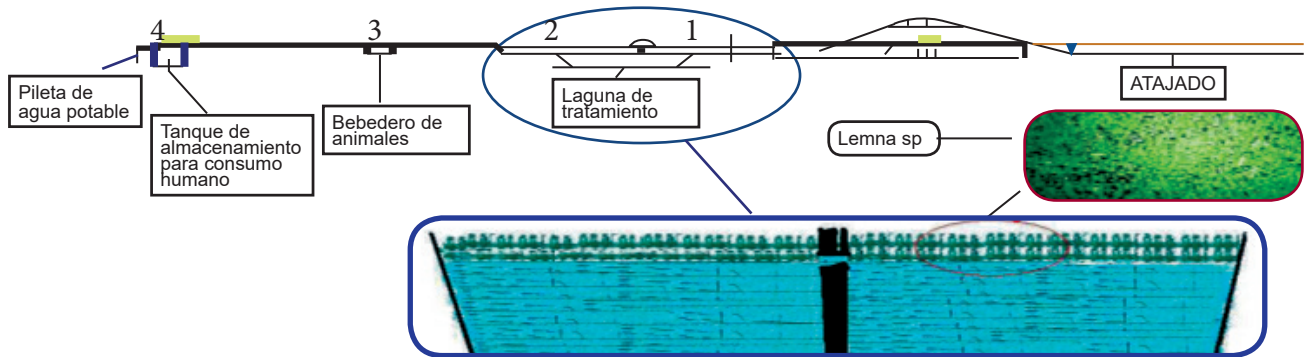


Figura 3. Esquema del sistema de tratamiento, mediante estanques con macrofitas (Lemna) y tanque de almacenamiento de agua para la obtención de agua potable agregando hipoclorito de sodio

La remoción de nutrientes es elevada en los estanques 2 y 3, alcanzando desde 92% hasta 93% respectivamente y un poco inferior 79% en el estanque 4 y la más baja remoción es de 64% en el estanque 1. La remoción de fosfatos es buena en el estanque 3 (87%) y 4 (69%), en el estanque 1 el 51% y una remoción muy baja en el estanque 4 (4%). En el canal abierto la concentración de sulfatos es elevada alcanzando 92 mg l⁻¹. En la entrada a los estanques disminuye un poco y en la salida disminuye mucho más.

En el canal abierto la concentración de N_{total} es de 240 mg l⁻¹. En los estanques los valores de N_{total} son inferiores, estos disminuyen significativamente hacia la salida de los estanques. La remoción de N_{total} varía en los cuatro estanques, pero el estanque que presenta una mejor remoción es el 3 (74%), el estanque 2 alcanza a 55%, y una remoción relativamente baja en el 1 (20%) y muy baja en el estanque 4 (5%).

En cuanto a la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), en el canal abierto alcanza valores altos de alrededor de 300 mg l⁻¹. La remoción de la DBO en los estanques 2 y 3 alcanzan alrededor del 70% y 73%, respectivamente, en el estanque 1 el 64% y una baja remoción en el estanque 4 (53%).

Las evaluaciones de coliformes totales y coliformes fecales en el tratamiento de aguas residuales mediante

la producción de lemna nos demuestra, que en los cuatro estanques existe una disminución de la concentración de bacterias en la entrada respecto a la salida. Esta disminución expresada en porcentaje de remoción indica que el estanque 1 es el más efectivo, presentando una remoción del 83% para coliformes totales y 86% para coliformes fecales.

El desarrollo de las lemnaceae ha sido muy interesante, puesto que estas plantas en el estanque 1 presentan las mismas características cuando fueron sembradas, es decir, el tamaño de las frondas se mantiene pequeña, mientras que en el resto de los estanques se incrementa, debido posiblemente a las condiciones de cada estanque. El comportamiento de esta planta es frecuentemente así cuando las concentraciones de DBO disminuyen (Gillman com. Per.). El estanque 1 presenta una uniformidad en cuanto al tamaño de las frondas como al tamaño de las raíces con ligeras variaciones durante el período de estudio. El estanque 2 presenta un máximo de 7.9 cm en el crecimiento de las raíces al igual que en el estanque 3, que es del orden de 10.9 cm, bajando las dimensiones en época seca, debido posiblemente a las temperaturas bajas en los estanques. Se realizaron varias cosechas cada 7 días durante el tiempo que duró el experimento, esto ha permitido la buena remoción de nutrientes en los estanques.

Valoración económica del recurso agua limpia en los atajados

De acuerdo a los resultados obtenidos, no hay diferencia estadística en la disposición a pagar (DAP) por agua potable entre las poblaciones indígenas. El método de evaluación contingente (MVC) es una técnica analítica basada en la aplicación de una

encuesta a los agentes involucrados en el uso directo o indirecto, o participación en algún beneficio o perjuicio de un activo ambiental. En la encuesta se establecen situaciones hipotéticas o experimentales que permiten asignar un valor monetario a los bienes y servicios que no tienen un valor en el mercado (Schmis, 1989). En la Tabla 4 podemos advertir los costos de mantenimiento de la planta.

Tabla 4. Costo de mantenimiento de la planta por comunidad en Bolivianos (Bs)

Mantenimiento y limpieza	Sueldo y salario encargado/mes	Gasto mensual de materiales de limpieza incluyendo el cloro	Costo de mantenimiento mensual
Planta Rancho Nuevo	1800.00	500.00	2300.00
Planta Rancho Viejo	1000.00	400	1400.00
Costo total			3700.00

Los sesgos identificados a través de los resultados sistematizados por la encuesta y la aplicación de la MVC fueron los siguientes: Sesgo de complacencia se refiere a que el entrevistado por querer complacer al entrevistador, contesta sin tomar en cuenta su criterio propio, para reducir esto se seleccionó entrevistadores profesionales que no afecten las respuestas del entrevistado. El sesgo del punto de inicio fue ya discutido en el formato de subasta. El sesgo relacional ocurre cuando el recurso a ser valorado es relacionado por el entrevistado con otro recurso. Sesgo de posición e importancia ocurre donde se mencionan varios atributos a valorar y la gente piensa que por estar de primero o mayormente mencionado es muy importante. Asimismo, porque cree que se le pregunta un valor extra, este debe ser debido a que si existe este valor, lo que se valora es muy importante.

La mala interpretación del escenario, ocurrió cuando el entrevistado no entendió la situación dada presentada por el entrevistador. Para reducir este resultado se tuvo

que diseñar cuidadosamente, las pruebas pilotos y de convergencia hasta estar seguros de que se comprende por las familias indígenas encuestadas lo presentado.

El desarrollo de la actividad pecuaria en general se caracteriza por el uso irracional del monte mediante el ramoneo y la trashumancia, en la cría de bovinos, caprinos y ovinos. En casos especiales, algunas comunidades con proyectos ganaderos han realizado actividades orientadas al enriquecimiento del monte, construyendo divisiones e implantando sistemas de silvopasturas.

También mediante el método Costo Beneficio se calculó el precio mínimo al que deberá venderse el agua, analizando la inversión y el costo de mantenimiento de la planta de tratamiento, obteniendo como resultado un valor mensual mínimo por familia de Bs m⁻³. En la tabla 5 vemos los montos de recaudación para mantenimiento de la planta (Tabla 5).

Tabla 5.- Recaudación en Bolivianos (Bs) para mantenimiento de la planta de tratamiento de agua en las comunidades estudiadas

Comunidad	Rancho grande	Rancho viejo
Agua requerida de la Comunidad en ml.	18000.00	9000.00
Capacidad atajado ml.	18286.50	18286.50
Ingreso por persona	340.00	253.00
ingreso promedio mes por familia	1700.00	1265.00
ingreso de la comunidad por mes	68000	24035.00
número de familias	200	95
consumo agua por persona	1.5	1.5
consumo agua por familia	7.5	7.5
Costo del agua	226.67	168.67
Método B/C m3 Agua (Bs)	2.00	2.00
Promedio Pago Tasa mensual por familia	15	15
Monto mensual recaudado por la comunidad para mantenimiento de la planta	3000	1425

Conclusiones

La implementación de la planta biológica de tratamiento de aguas residuales mediante plantas acuáticas flotantes, nos ha permitido conocer el funcionamiento y la eficiencia de la remoción de nutrientes, Demanda biológica de oxígeno y bacterias, obteniendo una nueva alternativa de tratamiento de aguas residuales, además del uso de las plantas acuáticas como alimento complementario para los animales, por las características bioquímicas de que se asemejan bastante a la soya en su contenido de proteínas, hasta llegar a la fase de desinfección mediante hipoclorito de sodio, obteniendo agua potable, situación que permitió mejorar la calidad de vida de la población local.

En cuanto a la valoración económica, cuando se inició el proceso de llenado de encuestas con las poblaciones beneficiadas se percibió emoción al recibir agua potable y tuvo una valoración extrema de hasta \$US 100 a \$US 150 pagar el litro por mes por familia, importe que para muchas familias representaba un salario por mes; pero llegando a realizar ajustes sobre los sesgos de opinión y considerando los niveles bajos de ingreso de muchas familias debido a la escasez de agua, se diseñó una tasa de Bs 15 ó \$US 2 de pago mensual por familia, destinado a la limpieza y mantenimiento de la

planta de tratamiento representando una tasa simbólica de valoración del recurso agua en la Región del Chaco Boliviano, en relación al beneficio de mejora de la calidad de vida que se proporcionó a los comunarios.

El aspecto socio-cultural de estas tierras comunitarias de origen (TCO) presentan muchas particularidades cuando se enfrenta a una problemática común y riesgosa para su salud. La población de ambas comunidades se encuentran regidas por sus líderes políticos y sus bases, las que no podían tomar decisiones en la implementación de la planta y obtención de agua potable, a mucha lucha de las Jefas de Hogar se impuso su necesidad por evitar la muerte de sus hijos y el peligro que representaba no acceder a aguas tratadas. El acceso a los recursos en el espacio territorial del distrito del Isoso tiene dos particularidades: acceso a nivel familiar y a nivel comunal, dependiendo de la organización productiva y actividad a realizar en cada comunidad; mayormente el acceso a los recursos con fines agrícolas es familiar; pero existen algunas otras actividades o proyectos desarrollados bajo propiedad comunal. El acceso a los recursos por los comunarios es irrestricto, todos tienen el mismo derecho de acceder a ellos, más aun si el aprovechamiento es con fines de uso doméstico.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico y técnico de la Fundación de Integración Ecológica Sustentable y Sostenible (FINESS), a los comunarios y demás población de las Comunidades Rancho Nuevo y Rancho Viejo por su amplia participación, sin su apoyo brindado, no se habría podido obtener los resultados alcanzados.

Referencias

- Apha, Awwa & Wpcf. (1989): Standard Methods for the examination of water and wastewater, Joint. Ed. Board. Washington.
- Arze, C., 1987: Estudio de Schoenoplectustatora para la descontaminación de aguas, La Paz Bolivia, 148 p.
- Barboza, a. & Flores, D., (1994). Manual de Operación de la Zona de Agro saneamiento para el Tratamiento de las Aguas Servidas mediante el cultivo de Lemnaceae, Prism Perú, 97 p.
- Culey, d., Rejmankova, e., Kvet, j. & Frie, j.b., (1981). Production chemical quality and use of duckweeds (Lemnaceae) in aquaculture, Waste management and animal feeds, J World Maricul. Soc., 12(2), pp 27-49.
- Haustein, a.t., 1985: Estudio de la Lenteja de agua, Lemnasp en aguas servidas, Revista Lima Perú.
- Landolt, E., Kandeler, r. 1987: The family of Lemnaceae a monographic study, Veroffentlchungen Des Geobotanischen Institutes der E.T.H. Stiftung Rubel, in Zurich 71 Heft, 2pp 565.
- Palacios & Laguna, 1991: Estudios de la biomasa y análisis bromatológico de la lenteja de agua (Lemnasp) en la Bahía de Puno. Tesis de Licenciatura. Puno - Perú 67 p.
- Zurita, G. 1992: Eficiencia de la Remoción Bacteriológica en las Lagunas de Estabilización el Kenko La Paz. Tesina de Grado, Biología, Universidad Mayor de San Andrés. 51 p.
- Aguilera, F. y V. Alcántara (1994) De la Economía ambiental a la Economía. Ecológica. Fuhemm. Barcelona.
- Azqueta, D. (1994) Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGrawHill. Madrid.
- Anderson, D. (1992) Economic Growth and the Environment. Policy Research Working Papers Series 979 September. World Bank.
- Arrow, K. Et al (1993) Natural Resource Damage Assesment under the Oil Pollution Act of 1990. EE.UU. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Braden J. y Ch. Kolstad (1991) Measuring the Demand for the Environmental Quality. North-Holland Publishing Company. New York.
- Cepal (1991) Evaluaciones del Impacto Ambiental en América Latina. CEPAL Santiago de Chile.
- Constanza, R. (1991) Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability. Columbia University Press. New York.
- Dasgupta, P. y G. Heal (1979) Economic Theory and Exhaustible Resources. Cambridge University Press. Oxford.
- Dixon, J. et al (1986) Economic Valuation Techniques for the Environment. A Case Study Workbook. The Johns Hopkins Press, Baltimore y London.
- Haneman, Michael. (1994). Valuing the Environment Through Contingent Valuation. Journal of Economic Perspectives. Vol. 8 N° 4, 1994.
- Hardner J. (1999). Measuring the value of potable water in partially monetized rural economics. Water Resources Bulletin. Vol 32. N° 6.
- Johansson, P. y K. Lofgren (1986) The Economics of Forestry and Natural Resources. Basil Blackwell. New York.