

## **TRATAMIENTO DEL AGUA EN ATAJADOS DEL CHACO BOLIVIANO, MEDIANTE TECNOLOGIA BIOLÓGICA Y SU VALORACIÓN ECONÓMICA**

Las construcciones de atajados de tipo precarias sin ningún servicio básico en las comunidades del Chaco Boliviano, generan con el tiempo enfermedades gastrointestinales (EDA) que causan la mortalidad, las causa principales son las aguas contaminadas. Se implementó una planta de tratamiento piloto con 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.

El tratamiento del agua se realizó mediante la construcción de cuatro estanques para la remoción de nutrientes, hasta finalizar con el tratamiento químico, basado en la desinfección.

Para el mantenimiento de la planta y la calidad del agua se ha establecido una mínima tasa, para el cobro a cada usuario con base a su nivel de ingresos; diseñada mediante la aplicación de los métodos de valoración contingente y costo beneficio.

Palabras clave: Tecnología Biológica, métodos de valoración contingente y costo beneficio  
Clasificación JEL: O33, Q55, Q57

CÓDIGO: 7093

# **“TRATAMIENTO DEL AGUA EN ATAJADOS DEL CHACO BOLIVIANO, MEDIANTE TECNOLOGIA BIOLÓGICA Y SU VALORACIÓN ECONÓMICA”**

## **I. 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 causa principales son las aguas contaminadas, faltas de higiene y la poca resistencia por la mala nutrición. En la época de estiaje en toda la región de la provincia Cordillera la mortandad 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) 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.

## **II.- Objetivos**

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, beneficiando a una población de 1.477 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 a dos comunidades rurales de la de la Provincia de Charagua, en época de sequía y la

apropiación de la tecnología por los comunarios indígenas, mediante el diseño y cobro de una tasa de agua para el mantenimiento de la planta

Adicionalmente, los objetivos colaterales de esta investigación fueron los siguientes:

Estimar el valor económico directo del agua limpia en la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Bajo Isoso, Jurisdicción Municipal de Charagua, Región Cordillera – Santa Cruz, para las poblaciones Indígenas que se encuentran asentadas en ese lugar. Se considera como valor de uso directo el agua tratada/potable. Con esta estimación podrá evaluarse la posibilidad y/o pertinencia económica de instalar plantas de tratamiento de agua en atajados mediante tecnología biológica para la obtención de agua potable para consumo humano y animal, en otras comunidades rurales de esta cuenca.

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.

**Población beneficiada.** (Ver Anexo Nro.1)

Distrito	Comunidad	Nº de Familias	Hombres	Mujeres	Total
Bajo Isoso	Rancho Nuevo	200	440	550	990
	Rancho Viejo	95	248	239	487
<b>TOTAL</b>		<b>295</b>	<b>688</b>	<b>789</b>	<b>1.477</b>

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

Geográficamente, el Municipio de Charagua, se encuentra ubicado en Latitud Sur 18°56'07", Longitud Oeste 58°45' y Latitud Sur 20°30'17" y Longitud Oeste 63°20'

### **III.- Marco Teórico y conceptual**

#### **III.1.- El Valor del Agua y la Eficiencia Económica**

##### **III.1.1.Criterio de Pareto y el análisis beneficio costo**

La eficiencia económica se basa en el "principio de optimización de Pareto" el cual ocurre

cuando el beneficio marginal de usar un bien o servicio es igual al costo marginal de proveerlo.

Esto permite una asignación de recursos tales que no haya posibilidad de una nueva reasignación, sin la posibilidad de que exista ganancias o pérdidas para los consumidores o productores.

Estudiar el paradigma de eficiencia económica en el marco de los recursos hídricos tiene dos razones fundamentales:

- La eficiencia económica es un objetivo social muy importante. Los valores conocidos como eficientes sirven para resolver conflictos, sobretodo bajo condiciones de escasez progresiva y creciente competencia entre los usuarios de agua.

- Los valores eficientes reflejan los costos de oportunidad cuando se evalúan alternativas de un mismo objetivo.

Alcanzar la eficiencia económica en la asignación de los recursos hídricos no es una tarea sencilla. Por tal razón, el uso de análisis de beneficio costo y sus resultados se toman como una vía para analizar si una determinada decisión se dirige y mueve hacia la eficiencia de Pareto.

La Figura 1 muestra una comparación entre los criterios de Eficiencia de Pareto y el de Beneficio-Costo. La curva señalada como B (W) representa los beneficios agregados (excedente del consumidor o productor) de niveles distintos de servicios de agua. La curva C (W) muestran los costos agregados para proveer tales servicios. Las dos curvas representan una medición del bienestar social o de utilidad agregada y costo. Las formas de las curvas muestran el supuesto convencional de que los beneficios se incrementan a una tasa decreciente a medida que se emplean más cantidades del recurso, mientras que la tasa de los costos cada vez más va creciendo. La solución eficiente de Pareto, punto de eficiencia

económica está en el nivel de agua que representa la máxima distancia vertical entre  $B(W)$  y  $C(W)$ . En este punto el beneficio marginal es igual al costo marginal.

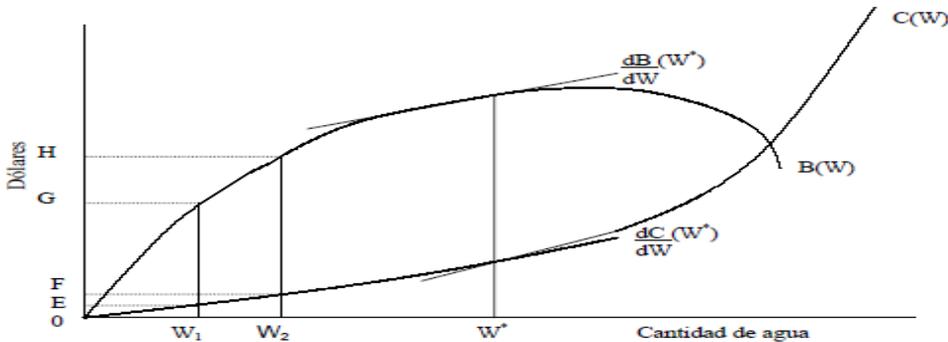


Fig. 1 Comparación del criterio de eficiencia de Pareto y el de Beneficio Costo

En contraste, el criterio de Beneficio Costo, en vez de buscar una solución óptima, analiza si un cambio de una condición dada puede representar un cambio deseable. En la Figura 1 esto se puede estudiar al mover el nivel de agua de  $W_1$  a  $W_2$ . El criterio de BC compara el incremento agregado en beneficio ( $GH$  en la Figura 1) contra el incremento agregado en los costos ( $EF$  en la Figura 1). Si el beneficio incremental es superior al costo incremental, como se observa en la figura, el cambio es deseable y se considera que hay un mejoramiento de Pareto debido a un proyecto, programa, plan o política, la misma es preferible a la situación existente.

### III.1.2. Valor y Precio del Agua y la Conservación del Recurso

Los preceptos de eficiencia económica pueden usarse para analizar el efecto que tienen los precios del agua sobre la conservación del recurso. Para tal fin, se puede observar la Figura 2 en la cual BPMN corresponden a los beneficios privados marginales netos, es decir derivados de sustraerle a los beneficios privados marginales brutos los costos privados marginales, CPM. Estos últimos son los correspondientes a los costos marginales que incurre el privado. A medida que quiera sustraer más cantidad de agua, expresada como  $Q$ , estos costos tienen una tasa de incremento creciente.

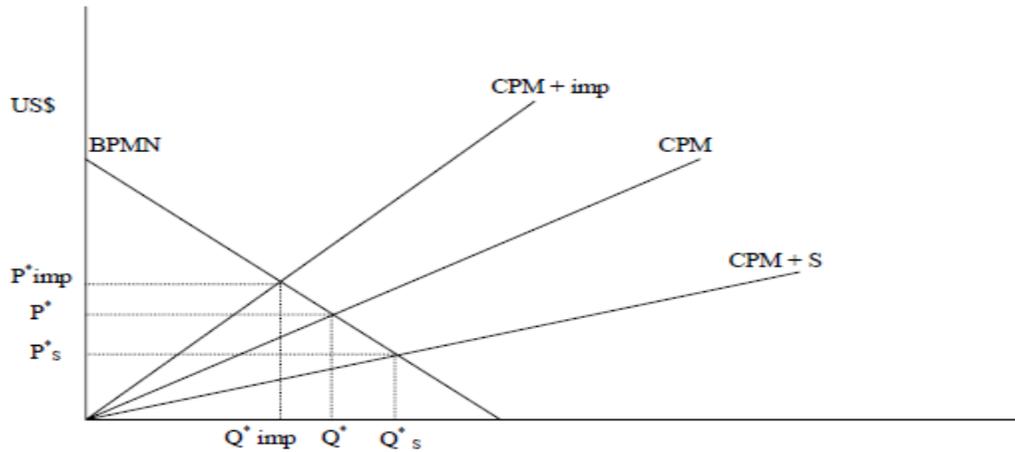


Fig. 2 Valor y precio del agua y la conservación del recurso

Los BPMN tienen una tasa decreciente, pues la disposición a pagar por cada unidad adicional de agua es cada vez menor, ya que como se recordará los beneficios tienen una tasa decreciente a medida que se va utilizando agua.

En el punto donde el BPMN sea igual al CMP se consigue el punto eficiente económico para el privado y  $Q^*$  representa la cantidad eficiente de agua a sustraer y  $p^*$  el precio eficiente. Este  $p^*$  representa el precio económico para el privado y por lo tanto podría tomarse como una indicación de valor económico de la misma.

El concepto de valor económico de un recurso se basa en un mecanismo de decisión, en el cual los individuos racionales realizan el mejor uso y oportunidades que ofrece el recurso. El mecanismo está bajo el supuesto de que los individuos, reaccionan sistemáticamente a los cambios que perciben en sus situaciones. Estos cambios pueden ser en la cantidad y calidad del recurso agua, en los precios, costos, limitaciones institucionales e incentivos, ingresos, riqueza, etc.

La Figura 3, muestra los conceptos de excedente del consumidor o productor bajo una óptica de mercado. MBw es la curva de demanda, que refleja la máxima cantidad de agua que los consumidores estarían de acuerdo extraer a distintos niveles de precios alternativos. La pendiente es negativa indicando que los consumidores extraerán más agua a medida de que el

precio sea más bajo. Es una curva marginal. El excedente del consumidor se define como el área arriba el precio, representando la diferencia entre lo máximo que los usuarios estarían de acuerdo a pagar y lo que actualmente pagarían para un precio por unidad constante. Las curvas de oferta,  $S_1$  y  $S_2$ , representan un cambio no marginal en las funciones de oferta, tal como el efecto de un proyecto que incrementa la oferta de agua de riego.

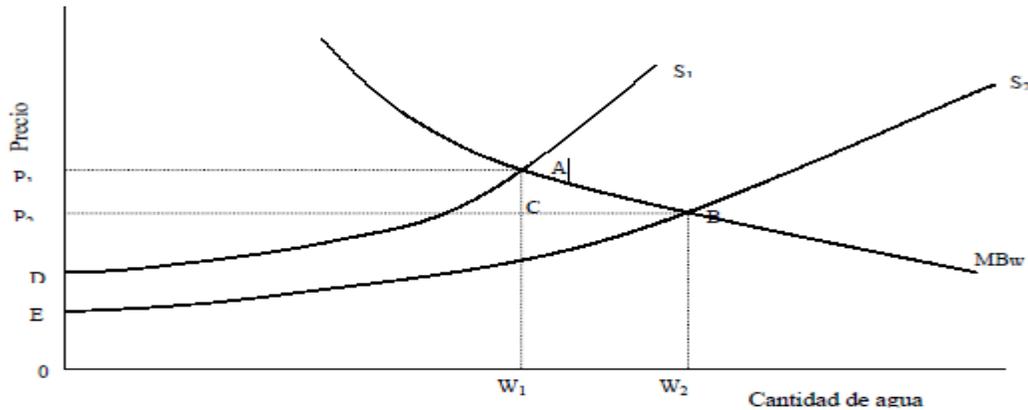


Fig. 3 Excedente del consumidor (o productor) bajo una óptica de mercado.

Para el caso arriba mencionado, los consumidores disfrutan de dos formas de ganancia: una reducción del precio,  $p_1$  a  $p_2$ , y un incremento en la cantidad de agua de  $W_1$  a  $W_2$ . Los productores del recurso también ganan por el incremento, pero su precio declina. El excedente del consumidor para este caso lo representa el área  $p_1 A B p_2$ . El excedente del productor cambia desde  $p_1 A D$  a  $p_2 B E$ . El incremento neto de la economía es  $D A B E$ , reflejando el valor total ganado debido al incremento del agua.

Un caso frecuente aplicado a evaluaciones de no mercado, usado en los recursos de agua, se muestra en la Figura 4. La misma presenta un incremento en la disponibilidad del recurso, sin tomar en cuenta el precio, desde  $W_1$  a  $W_2$ . Las curvas inelásticas de oferta,  $S_1$  y  $S_2$ , cambian desde  $W_1$  a  $W_2$ . La curva  $MB_w$  es la curva de demanda. El área bajo la curva  $MB_w$  entre  $W_1$  y  $W_2$  representa la ganancia económica debido al incremento del agua, siendo  $W_1 A B W_2$ . La misma es la que es necesario medir en el análisis económico, en una situación de no mercado, de cambios en calidad o cantidad de agua y amenidades ambientales.

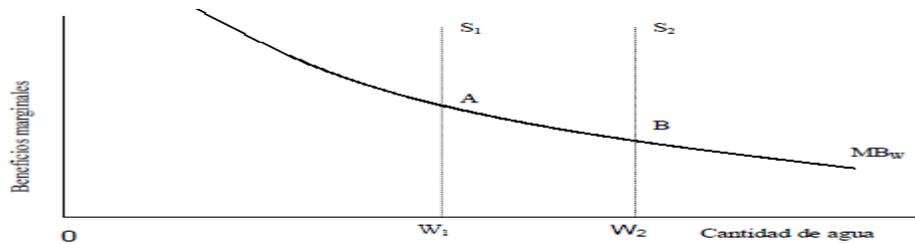


Fig. 4 Cambio en el excedente económico derivado de un cambio no marginal del abastecimiento de agua.

## Metodología

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 serán reflejados de distinta manera para 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 requerirá, por tanto, evaluar todos estos tipos de valor, los que a su vez no son expresados por un mismo colectivo.

El trabajo de investigación que se propone pretende estimar sólo el valor de uso directo del agua en la cuenca en mención. Concretamente, dado que el agua que se consume trae consigo consecuencias colaterales en la salud de las familias rurales de esta cuenca, se pretende medir el valor subjetivo que los pobladores asignan, en promedio, al agua limpia. Este valor de uso directo será estimado mediante la Disponibilidad a Pagar (DAP) por agua potable o limpia de la población, utilizando el método de Valoración Contingente.

El propósito de la valoración contingente es “derivar” las preferencias del consumidor. Normalmente el procedimiento seguido en la práctica consiste 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 materia de la investigación asumimos: el número de miembros de la familia, edad, educación, etnicidad, ingreso, organización del centro poblado, entre otros.

Sobre el uso del método hay mucha discusión. Críticos como Diamond y Asuman

“rechazan el método como método de valoración económica debido a que sus resultados son inconsistentes con la teoría económica. Sin embargo, en algunos casos estas aseveraciones no son apoyadas por los hallazgos en la literatura sobre valoración contingente” (Hanemann, 1994).

Algunas hipótesis de trabajo que se plantean para la investigación son:

No hay diferencia significativa en la disposición a pagar (DAP) por agua potable entre las poblaciones seleccionadas para el estudio del Chaco.

Las DAP promedio es mayor que cero.

En relación a los aspectos de estimación del valor económico, los métodos de valoración de los activos o servicios ambientales hasta ahora desarrollados, se suelen clasificar en dos grupos: Métodos Directos y Métodos Indirectos.

Los **métodos indirectos** son aquellos que aprovechan la existencia de mercados relacionados al recurso ambiental para obtener la información y con esta información infieren el valor económico del recurso.

Los **métodos directos**, a diferencia de los Métodos Indirectos, obtienen información del valor económico del recurso directamente de los agentes (consumidores u oferentes) en base a encuestas orientadas a capturar las preferencias de las personas. Para esto, estos métodos simulan un escenario hipotético en base al cual formulan preguntas para capturar

la preferencias reveladas de los agentes económicos. Si bien esta metodología evita las complicadas operaciones requeridas por los Métodos Indirectos, la información sólo es contingente al escenario hipotético planteado en la encuesta (Melo, 1994 ).

Dentro de estos métodos el que más destaca es el Método de Valoración Contingente, el cual es utilizado en este estudio.

El **método de valuación 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). Al valorar los recursos naturales, el objetivo es obtener información directa de las preferencias individuales de los usuarios, manifestada a través de la cantidad máxima que estarían dispuestos a pagar DAP (WTP, en inglés), o la cantidad mínima de compensación a aceptar DAA (WTA, en inglés), por un aumento o disminución los beneficios recibidos a partir del uso o conservación de estos recursos o de sus componentes cuyos valores no tiene un precio explícito en el mercado.

La aplicación de este método se basa en los siguientes supuestos: el individuo o agente involucrado en el recurso, dado su ingreso disponible, maximiza su utilidad; el comportamiento del individuo en el mercado hipotético es equivalente a su comportamiento en un mercado real; el individuo tiene completa información sobre los beneficios del activo ambiental, la cual es incluida en el cuestionario.

## **IV.- Marco Práctico**

### **IV.1.-Materiales y Métodos**

#### **IV.1.1.-Alternativas de Tratamiento y Criterios de Diseño**

Primero existió un tratamiento preliminar que tuvo el objetivo de acondicionar el agua, para su ingreso a la planta, por los caudales de diseño tan pequeños que se presentan en el proyecto; el tratamiento preliminar consta únicamente de una reja.

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, con el objetivo de lograr la calidad deseada, y cumplir con el criterio mínimo de salubridad.

*1) Lagunas de lentejas de agua (LEMNAS).*

*B. Elección y justificación de la alternativa:*

Las plantas acuáticas han sido utilizadas para el tratamiento de aguas residuales en pantanos naturales o artificiales, donde dichas plantas proliferan considerablemente (REEd et al.,1995). En el ámbito internacional estos sistemas de tratamiento han tenido considerable atención, dada la posibilidad de la eficiente remoción de los contaminantes del agua y la producción de biomasa reutilizable en otras actividades económicas, como producción de alimentos para animales o fertilizantes del suelo.

Tal es el caso de las lagunas con lenteja de agua (lemna), en las cuales, las plantas en asociación con las bacterias degradan la materia orgánica y acumulan minerales y nutrientes presentes en las aguas residuales, para convertirlos en biomasa vegetal rica en proteínas de alta calidad (Culley & Epps,1973).

Los sistemas con lenteja de agua presentan las siguientes ventajas:

Entre las desventajas de estos sistemas se tienen:

- ❖ Altos requerimientos de área. El manto de plantas reduce la capacidad natural de oxigenación del agua y dependiendo de la cantidad de materia orgánica presente, se pueden generar condiciones anoxicas o anaeróbicas. Esto puede limitar la degradación de la materia orgánica, aumentándose los tiempos de retención y por lo tanto las áreas requeridas; para evitar este exceso debe existir un encargado de la planta que vaya retirando la excesiva cantidad de planta producida en los tanques, para dar como alimento a los animales.
- ❖ Altas cargas orgánicas pueden inhibir el crecimiento amoniacal pueden llegar a ser tóxicas dependiendo del pH.

- ❖ La lenteja de agua puede acumular metales pesados y otras sustancias tóxicas, por lo cual, debe establecerse el nivel de estas sustancias en el agua residual si la biomasa va a ser utilizada en alimentación animal.
- ❖ La lenteja de agua puede contener altas cantidades de oxalato de calcio, que limita su uso para la alimentación de animales.
- ❖ Con los conocimientos que se tienen hasta ahora las lagunas con lenteja de agua remueven patógenos pero no a los niveles requeridos por los estándares de salud pública. (Caicedo Bejarano, 2002)

Por todo lo anteriormente expuesto, tomando en cuenta las características de calidad del agua a tratar, en correspondencia con factores que afectan al crecimiento de la lenteja de agua, como son: Temperatura, Iluminación, pH, Nitrógeno, Fosforo, Materia orgánica, Sustancias gaseosas; se concluye que la utilización de lagunas con lentejas de agua fue una alternativa de tratamiento integral y económica para el agua que se almacenó en el atajado.

En el presente proyecto de investigación, si bien no se ha tratado agua de calidad residual, si no por el contrario agua que podría ser clasificada como efluente tipo A, es decir agua que únicamente necesita desinfección.

#### Dimensionamiento de Las Lagunas para lentejas de Agua (genero (LEMNAS))

##### 1º Laguna de lentejas de agua:

Profundidad	H = 0.7 – 1 m
Tiempo de retención	t = 2 – 5 días
L/B	= 2 – 4
Eficiencia respecto a la DBO	60-80%

Dimensionamiento de las unidades:

El caudal de diseño que consideramos es el caudal medio para el año 2027.

Temperatura de diseño = Temperatura Mínima del agua

Tagua = Temperatura ambiente + 2°C

Tagua = 12 + 2 = 14°C

Temperatura de diseño = 14°C

$Q_{diseño} = Q_{med} (2027) = 49.321 (m^3/d)$

Tiempo de retención  $t_r=2$  días.

Diseño Laguna 1:

$V = Q_{med} \times t_r$	V
$V = 49.321 \left[ \frac{m^3}{dia} \right] \times 2 [dias]$	V
$V = 98.642 m^3$	V
$A = \frac{V}{H} = \frac{98.642}{0.80}$	A
$A = 123.30 m^2$	A
Adoptamos una relación $L/B = 2$	A
$L = 2B$	L
$A = 2B^2$	A
$B = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{123.3}{2}} = 7.85 \approx 7.90 [m]$	B
$L = 2 \times (7.90) = 15.80 [m]$	L

## MACROFITAS DESCONTAMINADORAS DE AGUA

\*Son vegetales que por sus características fisiológicas son capaces de remover de forma muy rápida nutrientes.

\*Por esta característica, las especies más utilizadas para el tratamiento de aguas domésticas son:

- ***Eichornia crassipes*** (camalote, buchón lirio de agua).
- ***Azolla*** sp (helecho de agua).
- ***Lemna minor*** (lenteja de agua).

### Infraestructura

Se ha ensayado el proceso en cuatro estanques.

La propuesta se basa en que el agua a tratar es menos contaminada.

Algunos parámetros (caudal, producción de Lemna, tiempo de remoción y otros) se han de determinar para la región, permitiendo su posterior extensión

#### II. 2.-Eficiencias del tratamiento con lentejas de agua (LEMNAS) elegido:

Características	Porcentaje de Remoción	Fuente
Amoniaco	70%	Ms.C Biólogo Francisco Osorio, 20005
Nitrito	90%	
Fosfato	71%	
Sulfato	50%	
Ntotal	65%	
Coliformes Totales	85%	

Coliformes Fecales	87%	

1) *Desinfección.*

III. *Se trata de una desinfección mediante lejía, también llamada lavandina, el hipoclorito de sodio debe dosificarse entre 0.5-3mg/l, concentraciones más altas contienen sabor y olor.*

La concentración de cloro residual aconsejable es de mínimo 0.2 mg/l. La dosificación en peso de hipoclorito de Sodio se calcula de la siguiente manera:

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

## RESULTADOS

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.

## **Remoción de nutrientes**

La remoción que se puede observar es elevada en los estanques 2 y 3, que alcanzan 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, que es unicamente del 4%.En el canal abierto la concentración de sulfatos es elevada alcanzando 92 mg/l. En la entrada a los estanques disminuye un poco y en la salida disminuye mucho mas, por lo tanto no se puede observar una mayor diferencia

## **Remoción de Nitrógeno total**

En el canal abierto la concentración de  $N_{total}$  es de 240 mg/l. En los estanques los valores de  $N_{total}$  son inferiores, estos disminuyen significativamente hacia la salida de los estanques.

La remoción de  $N_{total}$  varia en los cuatro estanques, pero el estanque que presenta una mejor remoción es el 3; alcanzando a 74% , el estanque 2 alcanza a 55%, y una remoción relativamente baja en el 1, que es alrededor del 20% y el estanque 4 alcanza alrededor de un 5% .

## **Remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno**

La D.B.O. en el canal abierto alcanza valores altos alrededor de 300 mg/l.

La remoción de la D.B.O. 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 que es el 53%.

## **Remoción bacteriológica**

Las evaluaciones de coliformes totales y coliformes fecales en el tratamiento de aguas residuales mediante la producción de **lemnaceae** 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.

## **Porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales**

De forma comparativa los gráficos demuestran el comportamiento los estanques 1 y 3, tal como se puede observar el estanque 1 presenta una eficiencia correlativa de los dos parámetros bacteriológicos evaluados, en el caso del estanque 3 también se observa una disminución de coliformes, pero con la misma eficiencia que el estanque 1.

## **Producción de lemnaceae**

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. Es casi siempre así el comportamiento de esta planta cuando las concentraciones de DBO disminuyen (Gillman cm. per.).

El primer estanque 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 duro el experimento, esto ha permitido la buena remoción de nutrientes en los estanques.

### Composición química y valor nutritivo de la Lemnaceae

Como la mayoría de las plantas acuáticas, las **lemnaceae** tienen un contenido alto de agua, pero su fracción solida tiene aproximadamente, en algunas especies la misma cantidad y calidad de proteína que la torta de soya (CULEY, et al, 1981).

CUADRO : Análisis bromatológico de la Lemna

PARAMETROS	HUMEDA	SECA	HUMEDA	SECA
Materia Humeda	93,63	6,35	94,07	7,00
Proteinas	1,48	22,65	2,32	23,15
Grasa	0,29	4,48	2,20	3,52
Ceniza	0,89	14,00	0,51	13,75
Fibra	1,48	23,48	0,84	22,54
Carbohidratos	2,17	35,07	1,70	34,08
Calcio	141,51	2137,12		
Fosforo	38,23	592,84		
Hierro	1,94	30,09		

Los análisis bromatológicos de las diferentes plantas acuáticas, demuestran un bajo contenido de proteínas y un alto contenido de carbohidratos, además de un alto contenido de fibra que en algunos casos hace menos digestible para los animales (PALACIOS & LAGUNA, 1991).

Como se puede observar en el cuadro anterior, la Lemna fresca tiene alrededor del 94% de agua, pero la materia seca presenta valores bajos de agua (7%) y valores altos en proteínas (23%) y carbohidratos (34%) y un menor contenido de fibra (22,5%). Estos resultados probablemente se deban a las condiciones en las que se ha llevado adelante el proyecto.

### 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 un recurso cada vez más escaso, asumiéndose que su tendencia per cápita tiende a disminuir de manera sostenida, por lo que como bien económico el agua tratada tiene un precio.

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 de distinta manera para 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.

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 en promedio, al agua limpia.

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.

La hipótesis de trabajo que se planteó para la investigación fue:

“No hay diferencia significativa en la disposición a pagar (DAP) por agua potable entre las poblaciones indígenas”.

El método de valuación 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).

Al valorar los recursos naturales, el objetivo es obtener información directa de las preferencias individuales de los usuarios, manifestada a través de la cantidad máxima que estarían dispuestos a pagar DAP (WTP, en inglés), o la cantidad mínima de compensación a aceptar

DAA (WTA, en inglés) por un aumento o disminución los beneficios recibidos a partir del uso o conservación de estos recursos o de sus componentes cuyos valores no tiene un precio explícito en el mercado.

La aplicación de este método se basa en los siguientes supuestos: el individuo o agente involucrado en el recurso, dado su ingreso disponible, maximiza su utilidad; el comportamiento del individuo en el mercado hipotético es equivalente a su comportamiento en un mercado real; el individuo tiene completa información sobre los beneficios del activo ambiental, el cual fue incluido en el cuestionario.

Para la investigación se aplicó el Método de Valoración Contingente (MVC), mediante una encuesta a una muestra conformada por los centros poblados y número de familias que habitan.

La muestra fue elegida de manera aleatoria entre dos comunidades Rancho Nuevo con 200 familias beneficiadas y Rancho Viejo con 95 familias, en base a la experiencia de implementación de agua potable en las comunidades rurales (Ej. Caritas). La encuesta que se aplicó, se adjunta en anexo.

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:

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

En el que:

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

pw : precio del agua

pa : 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 una submuestra, se les presentó un mismo precio, preguntándole si o no pagarían dicho precio. 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 si, 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. Ver anexo Valoración económica, diseño de encuesta.

Se consideraron los siguientes datos para la valoración, una vez realizada la encuesta y sistematizados los datos:

**Población por comunidad Polígono 2 de la TCO ISOSO**

Munic	Comunida	Muje	Hom	Total	N°	Miembr
-------	----------	------	-----	-------	----	--------

<b>ipio</b>	<b>d</b>	<b>res</b>	<b>bres</b>		<b>Fami</b>	<b>os</b>
<b>Chara</b>					<b>lia</b>	<b>por</b>
<b>gua</b>						<b>Familia</b>
Bajo Isoso	Rancho Nuevo	550	440	990	200	4,9
	Rancho Viejo	239	248	487	95	5,0
	Aguaraiga	164	168	332	64	5,0
	Iyovi	311	364	675	149	4,5
	Mini Yuki	38	37	75	25	3,0
	Koropo	271	231	502	64	7,8
	San Silvestre	69	71	140	35	4,0
	Piquirenda	37	37	74	15	5,2
	Aguarati	159	195	354	69	5,0
	Paraboca	44	41	85	15	5,7
	Kuarirenda	347	395	742	154	4,8
	Guandare	20	24	44	9	4,8
	Tentaremb ei	52	42	94	26	3,4
	Joseravi	126	132	258	45	5,7

Munici pio	Comuni dad	0-15		16-30		31-45		46-60		61 y más años		Total
Bajo Isoso	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

## Acceso a los Recursos

El acceso a los recursos en el espacio territorial del distrito del Isoso tiene dos variantes: 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.

La comercialización es una actividad poco desarrollada por ser un tiempo de economía basada en el convite y la reciprocidad, donde las relaciones comerciales con fines acumulativos (ahorro-inversión) son mínimas. De igual manera considerando que la producción está destinada fundamentalmente, al consumo familiar, los márgenes para comercializar son mínimos, con esto no se puede considerar que lo comercializado sean excedentes de la producción, sino debido a la necesidad de las familias lo que se comercializa son parte de los productos necesarios para la reproducción familiar, provocando la migración temporal hacia otros lugares con la finalidad de obtener algún tipo de ingresos

Existen en algunas comunidades familias con mayor poder económico que acceden a los recursos de manera más ventajosa, principalmente con fines comerciales, caso de los recursos forestales, como la venta de postes, se pudo notar que la familia es mas aventajada en el acceso a éstos recursos cuando dispone de una motosierra, situación que le permite tener mayor cobertura de aprovechamiento y fácil acceso a la explotación de dicho recurso

La producción pecuaria tanto a nivel de ganado mayor como de ganado menor y aves de corral, es fundamentalmente extensiva sin manejo y con la menor inversión posible (cero inversión), es decir podemos asegurar que no existen prácticas que coadyuven a la preservación del medio ambiente, más todo lo contrario, esta actividad es la que está ocasionando el deterioro paulatino de la cobertura vegetal y de la fertilidad del suelo, por el sobrepastoreo de animales, en especial del ganado vacuno y caprino; el impacto negativo que ocasionan es mayor en comparación al resto de los animales de cría.

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.

### Nivel de Ingresos por familia (compuesto por 5 miembros) mensual por Área Productiva

Polígono 2	Ingresos	Prom. Ingreso familiar en Bs.	Prom. Ingreso por persona	Ingreso por Comunidad
Rancho Nuevo	Área 1 Bs. 2.500	1.700.-	340.-	24.035
	Área 2 Bs. 1.800			
	Área 3 Bs. 800			
Rancho Viejo	Área 1 Bs. 1.800	1267.-	253.-	50.600
	Área 2 Bs. 1.500			
	Área 3 Bs. 500			

Los sesgos en el MVC se dividieron en conducta estratégica, sesgo de complacencia, punto de inicio, sesgo relacional, sesgo de importancia y posición, mala interpretación del escenario, entre otros.

### SESGOS

Los sesgos identificados a través de los resultados sistematizados por la encuesta y la aplicación de la metodología de Valoración Contingente fueron los siguientes:

Sesgo de complacencia se refiere a que el entrevistado por querer complacer al entrevistador que hace el estudio, contesta sin tomar en cuenta su criterio propio. Para reducir el sesgo 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

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.

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./m3:

INVERSION: CONSTRUCCION DE ATAJADOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO		
ITEM	COST O ITEM	DETALLE [\$]

REMODELADO Y ACONDICIONAMIENTO	15574 ,04	licencia ambiental	7030,2
		muestras	8543,84
CONSTRUCCION	19411 3,8	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
<b>INVERSIÓN TOTAL Bs.</b>			<b>209687,84</b>

Mantenimiento y limpieza	Sueldo y salario encargado/me s	Gasto mensual de materiales de limpieza incluyendo el cloro	COSTO DE MANTENIMI ENTO mensual
Planta Rancho Nuevo	1.800,00	500,00	2300
Planta Rancho Viejo	1.000,00	400	1.400,00
<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>			

<b>COMUNIDAD RANCHO NUEVO</b>	Bs.
Agua requerida de la comunidad en mltrs.	18000,00
Capacidad atajado mltrs.	18286,50
Ingreso por persona	340,00
Ingreso promedio por familia	1700,00
Ingreso de la comunidad	68.000
Número de familias	200
Consumo agua por persona	1,5
Consumo agua por Familia	7,5
<b>COSTO DEL AGUA</b>	<b>226,67</b>
Método B/C m3 AGUA (Bs)	2,00
Pago Tasa mensual por cada familia (promedio)	<b>15</b>
Monto mensual recaudado por la comunidad para mantenimiento de la planta de Tratamiento	3.000

<b>COMUNIDAD RANCHO VIEJO</b>	
Agua requerida de la comunidad en mltrs.	9.000,00
Capacidad atajado en mltrs.	18.286,50
Ingreso por persona mensual	253,00
Ingreso promedio por familia mes	1.265,00
Ingreso total mensual de la comunidad	24.035,00
Número de Familias	95
consumo agua por persona día	1,5
consumo agua por FAMILIA día	7,5
COSTO DEL AGUA	168,67
Método B/C m3 AGUA (Bs)	2,00
Pago Tasa mensual por cada familia (promedio)	<b>15</b>
Monto mensual recaudado por la comunidad para mantenimiento de la planta de Tratamiento	1.425

## **V.- CONCLUSION**

### **V.1.- Sobre la Implementación de la Tecnología Biológica en Atajados Existentes**

La implementación de la planta piloto 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.

El presente trabajo nos permite tener 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.

### **V.2.- Sobre 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 \$100 a \$us.150 pagar el litro mes por familia lo 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 en la Región, se obtuvo una tasa de Bs.15 ó \$us. 2 de pago mensual por familia, destinado a la limpieza y mantenimiento de la planta de tratamiento con tecnología biológica, representando para esta investigación 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.

## **VI.- Bibliografía**

Pérez, J. A. 1999. Aspectos económicos de los instrumentos de política ambiental para el aprovechamiento y control de la contaminación de los recursos hídricos en Venezuela. CIDIAT, Mérida, Venezuela.

Caballer, V. Y Guadalajara, N. 1989. El costo del agua elevada en los regadíos Valencianos. Jornadas El Agua, factor de desarrollo Valenciano. El agua en la comunidad Valenciana.

Hernández, F., Molinos, M. y Garrido, S. 2010. Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain. Science of the Total Environment, 408 (4), 953-957.

Hutton, G. y Haller, L. 2004. Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level. World Health Organization.

Madagán J. y Rivas, J. 1998. Economía Ambiental. Teorías y Políticas. Dickinson, Madrid.

APHA, AWWA & WPCF. 1989: Standard Methods for the examination of water and wastewater, Joint. Ed. Board. Washington.

ARZE, C., 1987: Estudio de *Schoenoplectus tatora* 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, *Lemna* sp en aguas servidas, Revista Lima Perú.

LANDOLT, E., KANDELER, R. 1987: The family of Lemnaceae a monographic study, Veröffentlichungen 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 (*Lemna* sp) 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 Andres. 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. Valuing the Environment Through Contingent Valuation.

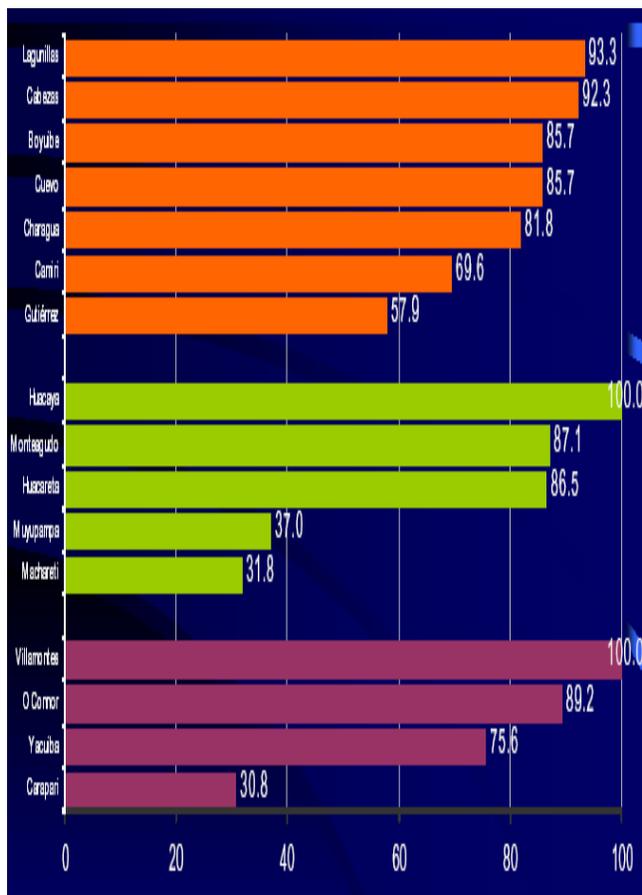
Journal of Economic Perspectives. Vol. 8 N° 4, 1994.

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.

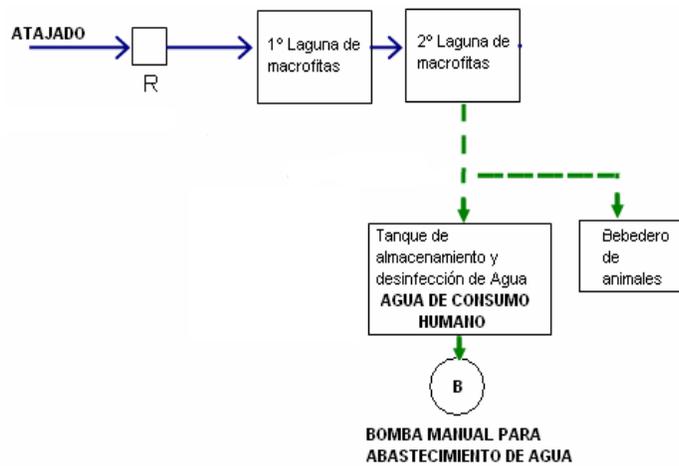
## **VII.- ANEXOS**

**A.- Proporción de hogares que beben agua NO potable en las provincias del Chaco Boliviano**



**FUENTE: Diagnóstico Rápido de la Sequía Región del Chaco – Bolivia (2004)**

**B.- Diagrama de Flujo del proceso elegido:**



**A.**

**B. C.- Descripción de las unidades de diseño:**



Tubo de desfogue para sacar agua

Aliviadero

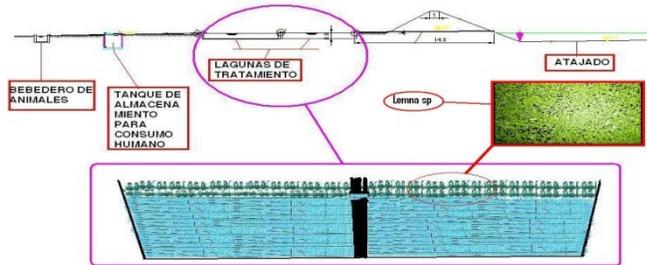


Zanja de Desborde

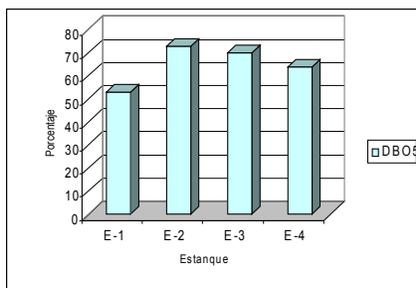
Desarenador



## D.- Esquema del sistema de tratamiento con Macrofitas

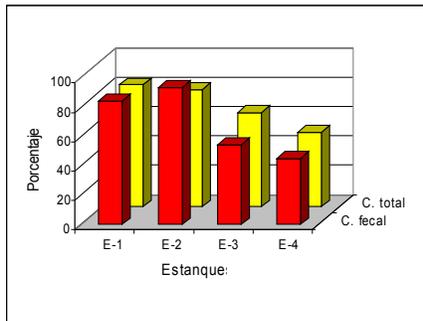


## E.- Lagunas de lentejas de agua (LEMNAS).



Fuente: Ms.C Biólogo Francisco Osorio

## F.- Remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno



Fuente: Ms.C Biólogo Francisco Osorio

## G: Porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales

Características de la calidad del agua que fue tratada:

PARAMETROS	NB-512	Calidad Actual	
		30/08/2006	03/05/2007
Olor	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Sabor	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Temperatura (°C)		19,8	23,1
Turbidez (FTU)	5	23	17

Color (Unid. PtCo)	15	120	89
Sólido suspendido (mg/L)		21	25
Conductividad (mu/cm)	1,5	0,341	0,305
Sólidos totales disueltos (mg/L)	1000	192	154
pH	9	7,82	8,05
Alcalinidad (mg CaCO3/L)	370	NR	NR
Dureza total (mg CaCO3/L)	500	210	178
Dureza de Calcio (mg CaCO3/L)		NR	NR
<b>PARAMETROS</b>	<b>NB-512</b>	<b>Calidad Actual</b>	
		<b>30/08/2006</b>	<b>03/05/2007</b>
DQO (mg/L)	0	0	11
Oxígeno Disuelto (OD) mg/L		4,0	4,2
Nitratos (mg/L)	45	2,55	0,18
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,1	0,009	0,000
Amoniaco (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,5	0,25	0,19
Fluoruros (mg/L)	1,5	0,37	0,20
Cloruros (mg/L)	250	NR	NR
Sulfatos (mg/L)	400	NR	NR
Fosfato Reactivo (mg/L)		0,32	0,24
Fósforo – Total			
Manganeso (mg/L)	0,1		0,004
Hierro (mg/L)	0,3	0,04	0,10
Cobre (mg/L)	1	0,00	0,02
Cloro Total (mg/L)		-	-
Cloro Libre (mg/L)	1	-	-
Coliformes Totales (NMP/100ml)	0	1500	1150
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	0	200	159

**H.- Valoración Económica del recurso agua limpia en los atajados encuesta :  
“Modelo de Valoración contingente”**

**Variables y operacionalización**

Con fines de modelación se han considerado las siguientes variables:

<b>FACTOR</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESPECIFICACION</b>
Necesidad de agua		
Tamaño de la familia		
Número de personas que habitan en la vivienda		
Capacidad de pago		
Ingreso		

Bolivianos por mes

0 De otro modo

Arreglo existente

Fuente

Variable Dummy

1 Si la vivienda se provee de agua potable

0 De otro modo

Calidad de agua

Enfermedad

Variable Dummy

1 Si el entrevistado considera  
que las enfermedades  
presentadas en su familia tienen  
como causa principal el  
consumo de agua no potable

0 De otro modo

Características personales de Etnia

1 Si la familia es indígena  
los miembros de la vivienda

0 de otro modo