

Pago por Servicio Ambiental Hídrico (PSAH) en la subcuenca del río Brakira, desde la perspectiva de comunidades indígenas

Abner Figueroa Galeano⁸
William Watler Reyes⁹

I. Resumen

El estudio se realizó en la subcuenca del río Brakira, perteneciente a la comunidad indígena de Tuapi, del municipio de Puerto Cabezas, RAAN¹⁰, Nicaragua. Tiene como objetivo la valoración del Servicio Ambiental Hídrico (SAH) y el diseñar estrategias de implementación desde la perspectiva de comunidades indígenas para lograr la sostenibilidad del recurso hídrico. La subcuenca corresponde a la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Bilwi. Actualmente, presenta problemas de degradación ambiental, producto de las actividades de extracción de material selecto (grava y arena) y del despale indiscriminado.

Se utilizaron metodologías cuantitativas con elementos técnicos y participativos. En los elementos técnicos se aplicaron las herramientas del SIG, cálculos de ecuaciones del presupuesto de aguas, ecuaciones de valoración económica para el manejo del bosque y otros. Entre los elementos participativos se efectuaron entrevistas y consultas.

La zona de protección delimitada tiene un área de 1290.46 ha, una disponibilidad hídrica total de 39,295,832.04 m³/año, un volumen de demanda social de 21,642,707.19 m³/año, un déficit de 133,200 m³/año y un excedente de agua superficial y subterráneo de 20,211,183.92 m³/año. El flujo de caja del valor económico del bosque de pinares demuestran una relación viable, con un beneficio neto de 28,999.00 \$/ha. De acuerdo a los usuarios encuestados el 91.66% aceptan la implementación de un mecanismo de PSAH.

Palabras claves: Subcuenca del río Brakira; presupuesto de aguas; PSAH; zona de protección ambiental.

II. Introducción

Desde hace varios años los municipios de la Región Autónoma Atlántico Norte (RAAN) y en especial los ríos y pozos que abastecen de agua potable a las ciudades y comunidades han presentado problemas de calidad del agua. Situación que plantea la necesidad de una gestión más eficiente del recurso por parte de los gobiernos, instituciones, comunidades, líderes locales, entre otros. En ese sentido el bien hídrico de la subcuenca del río Brakira, lo constituye el agua superficial destinada para consumo humano (potable) a una población aproximada de 10,614 familias¹¹, de las cuales 2,400 son usuarios directos del servicio de la Empresa Nacional de Acueducto y Alcantarillado (ENACAL), y el restante 8,214 son usuarios no directos¹².

⁸ MSc. Desarrollo con Identidad con mención en Gobernabilidad, Territorialidad y Manejo de Bosque, URACCAN, afigueroa_4@yahoo.com, Bilwi, Puerto Cabezas, Nicaragua.

⁹ MSc. Manejo de Cuenca Hidrológicas, CATIE, wwatlerr@yahoo.com, Turrialba, Costa Rica.

¹⁰ Región Autónoma del Atlántico Norte

¹¹ En la ciudad de Bilwi el promedio de individuos por familias corresponde a 5.4; resultando 57315.6 habitantes en las 10614 familias registradas (ENACAL, 2008).

¹² Por obtener el vital líquido de diferentes fuentes: en primer lugar por medio de una especie de mancomunidad entre vecinos que cuentan con el servicio, y en segundo lugar por captación de agua de lluvia y en verano a través de la compra a las cisternas o pipas privadas (ENACAL, 2008).

Cabe indicarse que hasta el momento no existen experiencias de valoración de los costos económicos ambientales y la internalización de las actividades del recurso hídrico en la RAAN para su protección sostenible a largo plazo a través de mecanismo de PSAH. Frente a este reto, la URACCAN comprometida y motivada inicia el presente proyecto investigativo para incorporar dentro de la gestión del recurso hídrico, las variables económicas ambientales de valoración de los bienes y servicios en la subcuenca.

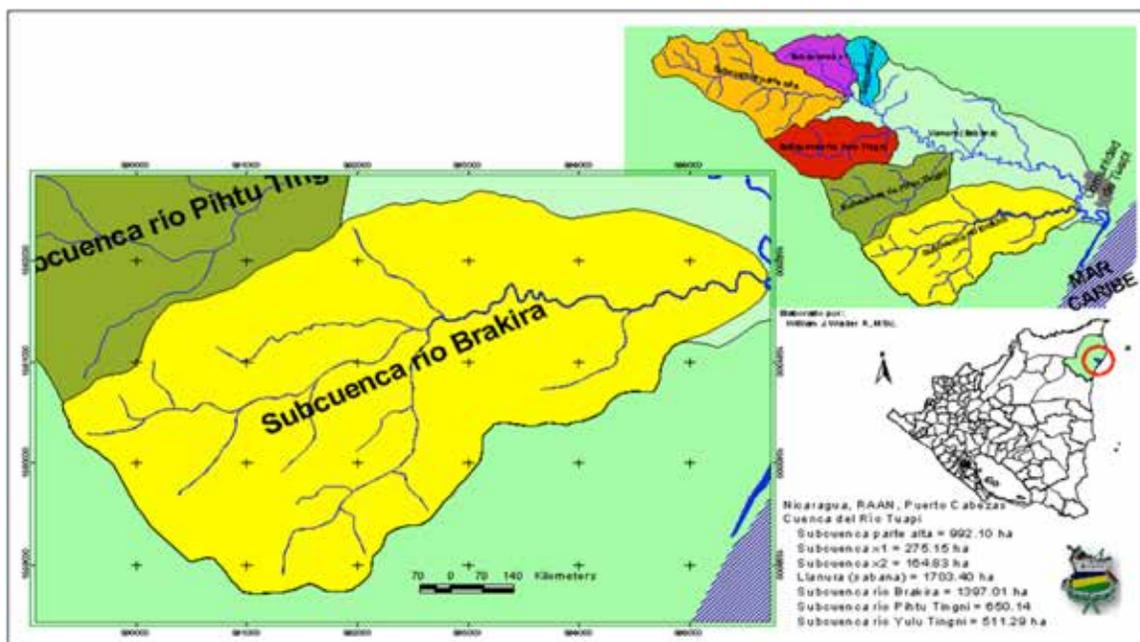
Se pretende que los actores principales del proceso del PSAH sean los miembros de la comunidad indígena de Tuapi como los sujetos activos y no las instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Asimismo, estos resultados permitirán a los organismos reguladores del ambiente como el Ministerio del Ambiente (MARENA) y la Secretaría de Recursos Naturales del Gobierno Regional (SERENA), contar con los elementos técnicos de base para proceder a constituir a la subcuenca como la figura de área protegida o área de reserva natural.

III. Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La subcuenca del río Brakira (14.4 km²) forma parte de las seis subcuencas que conforman la cuenca del río Tuapi (Mapa 1). Pertenece al territorio de la comunidad indígena de Tuapi, municipio de Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua. Geográficamente se localiza en las coordenadas 14°03'32" - 14°05'42" de Latitud Norte y 83°02'20" - 83°03'40" de Longitud Oeste del Caribe Nicaragüense.

Mapa No 1. Macro localización de la subcuenca del río Brakira



Metodología del estudio

La zona de protección se delimitó en base a la mayor afectación ambiental a causa de la actividad de extracción de grava y arena, y en segundo lugar considerando la pérdida de cobertura del bosque (*Pinus caribaea*) y la tercera actividad correspondió a la delimitación de la zona de protección ambiental utilizando la hoja topográfica 3558-III.

El cálculo correspondiente a la oferta hídrica total se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$OT = \sum_{i=1}^n 0.001 \bar{P}_i * A_i + Oe \quad (\text{ec. 1})$$

Donde;

OT = Oferta total hídrica en el área de importancia (m³/año)
= precipitación media en la subcuenca i (mm/año).

n = Número de cuencas.

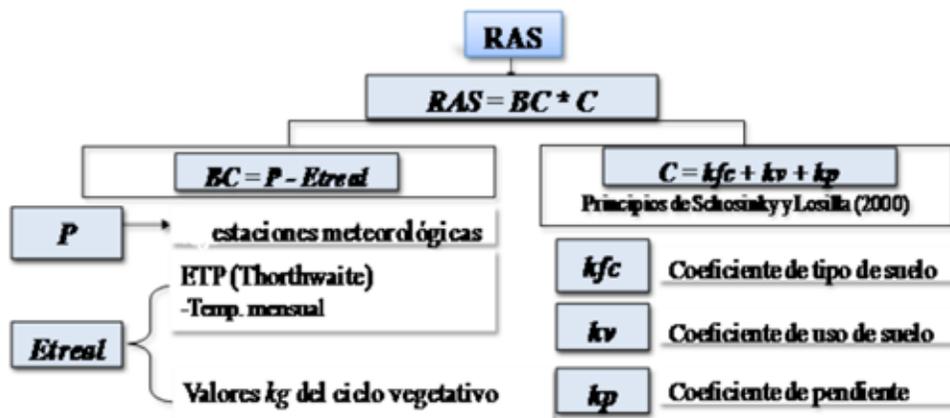
A_i = Área de la subcuenca i (m²).

O_e = Aporte hídrico externo a la subcuenca (m³/año), concernirá al método RAS

Nota: 1 mm= 0.001 m³/m².

Seguidamente se detalla el proceso metodológico del método RAS de Junker (2005), que permitió calcular el agua que se infiltra en el subsuelo basado en los principios de Schosinsky y Losilla (2000), el cual requiere del coeficiente C (coeficiente de infiltración) para realizar su evaluación.

Figura No.1. Método RAS de Junker (2005)



Fuente: Watler (2008).

A partir del mapa RAAS se determinó la oferta hídrica disponible para la demanda social, dada por la ecuación:

$$Od = \sum_{i=1}^n (OT_i - 0.001 ETr_i * A_i) \quad (\text{ec. 2})$$

Donde;

Od = Oferta hídrica disponible en el área de importancia (m³/año)

ETr = Evapotranspiración real en el área de importancia hídrica en la subcuenca i (m³/año).

La demanda hídrica social se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades económicas y humanas que presenta el país (Merret, 1997). Ecuación para la estimación de la demanda social:

$$Q^s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ij} + \sum_{i=1}^n f_i \quad (\text{ec. 3})$$

Donde;

Q_s = demanda social hídrica en la cuenca (m³/año)

q_{ij} = volumen de agua demandada por el sector j en la subcuenca i (m³/año)

La protección de los ríos es muy amplia, por lo tanto depende de sus usos y el curso donde se ubique una captación o derivación. La zona de protección abarcará un área de 1290.46 ha y se delimitarán de la siguiente manera según ordenes de drenaje.

Para el bosque ribereño de orden 1, se considerará un ancho de 10 m a ambos lados del cauce y este seguirá aguas arriba y aguas abajo, hasta donde termine su clasificación, para el bosque ribereño de orden 2, se considerará un ancho de 15 m a ambos lados del cauce y seguirá aguas arriba y aguas abajo, hasta donde termine su clasificación, para el bosque ribereño de orden 3, se considerará un ancho de 20 m a ambos lados del cauce y seguirá aguas arriba y aguas abajo, hasta donde termine su clasificación.

Determinación del presupuesto de aguas (oferta y demanda) del PSAH

Cuantificación de la oferta hídrica

La figura 2 muestra el comportamiento del balance hídrico mes a mes en el área de la subcuenca del río Brakira, en ella se observa claramente que en los meses de febrero, marzo, abril y mayo es donde empieza el déficit de agua, pero es en los meses de marzo y abril cuando se escasea mayormente y por lo tanto, la disponibilidad de agua para los usuarios en la ciudad de Bilwi es afectada directamente, y la poca corriente existente es suplida por la reserva existente (rallas verdes), que almacena agua a pesar de la poca cobertura vegetal existente. Esto lo corrobora Constanza (1998) donde refleja que el bosque es un ente importante que beneficia a la sociedad a través de un flujo continuo y permanente de agua.

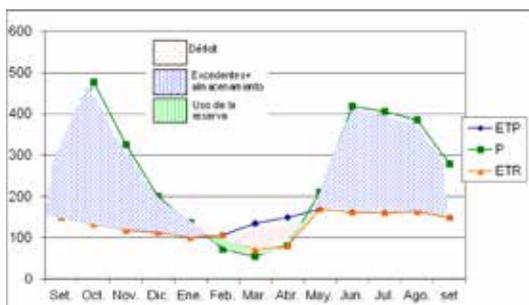


Figura No. 2. Comportamiento del balance hídrico en la subcuenca del río Brakira.

Los resultados de la unión de las dos variables a través del programa ArcGis 9.2 (precipitación menos ETreal), demostraron que la subcuenca presenta dos diferentes láminas de recarga de agua subterránea, con valores que varían de 728 - 928 mm/año y 928 - 1129 mm/año. De igual manera, las derivaciones expresan que a nivel de subcuenca se muestra una distribución casi homogénea referente a los rangos de 928 - 1129 mm/año, debido a que representa el 81.98% del área total. Partiendo de esta derivación la distribución de las áreas de recarga en la subcuenca se encuentran en rangos de infiltración de muy baja y baja.

Cuadro No. 1. Balance hídrico en el área de estudio

Concepto	Cantidad (mm/año)	Porcentaje con respecto a la precipitación
Precipitación	3045.01	100
Evapotranspiración real	1528.8	50.2
Recarga	828.1	27.2
Escorrentía	688.1	22.6

Cuantificación de la demanda hídrica

En el Cuadro 2 se sintetizan los resultados sobre oferta y demanda hídrica para la subcuenca del río Brakira.

Cuadro No.2. Presupuesto hídrico anual de la subcuenca del río Brakira: interacción oferta y demanda de agua

Zona de protección ambiental	
Oferta	Volumen (m3/año)
Total	39, 295,832.04
Oferta disponible	19, 567,280.14
Recarga promedio esperada	10, 686,298.95
Demanda	
Total	21, 642,707.19
ETreal	19, 728,551.9
Social hídrica	1, 914,155.295
Excedente de agua superficial y subterráneo	20, 211,183.92

Estimación del valor económico con PSAH del bosque predominante

Ficha técnica del manejo de la plantación

La plantación pura de la especie *Pinus caribaea*, tiene un espaciamiento de 3 x 3 m, con una densidad de 1,111 árboles/ha; y un turno de corta de 30 años. En seguida se resumen las actividades del escenario propuesto.

- Establecimiento del vivero forestal comunal y plantación.
- Manejo y protección forestal se llevan a cabo desde el primer año de la plantación.
- Personal:
- Gastos administrativos.

Volumen, según resultados de los raleos.

Cuadro No.3. Parámetros volumétricos del resultado de los raleos, según ecuación ajustada

Raleos	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen total (Vt) en pie	Vt comercial (m3/ha)	Volumen comercial bruto (Vtcb) (m3/ha)	Volumen comercial neto (Vtcn) (m3/ha)
1 (sanidad)	5	6.43	5.89	9.76	7.83	5.48	3.56
2	8	12.01	16.31	89.80	46.37	32.46	21.10
3	12	17.88	32.67	293.10	164.47	131.58	98.58
Corta final	30	25.53	67.09	629.78	636.31	509.05	381.79

Los volúmenes estimados en el cuadro No. 3 corresponden a una plantación semi-tecnificada. De acuerdo a Maxfield (1982); citado por ADFOREST-MIFIC (2004).

Análisis financiero

El indicador financiero concierne al VAN, relación costo beneficio (RCB), TIR, e indicadores a corto plazo; margen bruto (MB) e Ingreso Neto (IN). Para el siguiente escenario la información financiera básica correspondió a la información del Cuadro No. 4.

Cuadro No. 4. Parámetros de la información financiera de plantación, correspondiente a 1 ha

Información financiera		Observación
Precio de la tierra (precio aprox. de venta de posesión)	650.00	Precio aproximada de la venta de posesión de la tierra.
Tasa de inflación acumulada	14.17%	Según variaciones del Banco Nacional de Nicaragua en los últimos 15 años.
Tasa de interés nominal	8.5%	
Tasa de interés real "Riesgo 0"	-5.0%	
Premium riesgo inversión	2.5%	
Premium riesgo biológico	2.5%	
Premium riesgo cambio climático	2.5%	
Tasa mínima aceptable (TMA)	2.5%	

Información financiera		Observación
Datos de aprovechamiento y venta	(\$/m3)	
Troceo y transporte	\$3850.65	Aprovechamiento y venta de la plantación.
Marcaje y registro	\$182.00	
Alistado y aserrado	\$2995.25	
Fumigado, empaque y registro de la madera aserrada	\$491.36	
Transporte (subcuenca-Puerto Cabezas) y mano de obra	\$1251.95	
Impuesto INAFOR	\$660.34	
Alcaldía (1%)	\$210.34	
Precio de venta de la madera (\$/m3) mercado local	\$39679.15	
Diámetro mínimo de corta para aserrío	15.00	
Incentivos forestales		
Pago por servicios ambientales por reforestación	PSA	\$ 3085.71
Monto total para 10 años (C\$/ha)		
Desembolsos	% del desembolso	Monto por años (\$/ha).
Año1	46%	\$1419.43
Año2	6%	\$185.14
Año3	6%	\$185.14
Año4	6%	\$185.14
Año5	6%	\$185.14
Año6	6%	\$185.14
Año7	6%	\$185.14
Año8	6%	\$185.14
Año9	6%	\$185.14
Año10	6%	\$185.14

El escenario propuesto del PSAH correspondió a 10 años:

Escenario propuesto para 10 año						
ha	Pago máximo (C\$/ha/año)	Ingreso en C\$/ha/año	Ingreso en \$/ha/año	Total de abonos (ENACAL, 2008)	Ingreso en \$/ha/año	Ingreso en 10 años (\$/ha)
1	0.50	0.50	0.02	12960	308.57	3085.71
C\$ = córdobas						

Los resultados del flujo de caja demuestran una relación viable en todo los indicadores, ya que los beneficios netos percibidos a nivel de 1 ha, de la plantación de pino para un período de 30 años dieron positivos, obteniéndose un beneficio neto de 28999.00 \$/ha, un VAN = 10165 \$, una relación beneficio costo (RBC = 1.38), TIR = 5.53% y margen bruto (MB = 50102). En el Cuadro No. 3 se resume el flujo de caja para los períodos de raleos, resultando que durante los primeros años de la plantación (desde la instalación hasta el primer raleo) los ingresos son negativos; no obstante, a partir del octavo año los raleos tienden a tener un beneficio neto positivo.

Cuadro No. 5. Costos e ingresos con PSAH

Año	1	5	8	12	30
Costo (\$/ha)	-9046	-1498	-921	-1953	-6076
Ingresos (\$/ha)	1419	1324	3801	11884	44542
Beneficio neto (\$/ha)	-7626	-174	2880	9930	38466
- Sin beneficio (gastos)					

El escenario de PSAH a 10 años se efectúa con la intensión de poder autofinanciar la plantación a un período de mediano plazo. Se parte de un pago de 0.50 C\$ (cincuenta centavos de córdobas netos), cobrados a un total de 12,960 abonados directos de la ciudad de Bilwi (ENACAL, 2008), estimando un ingreso de 308.57 \$/ha.

Análisis de las implicaciones del PSAH a través de una tarifa de cobro

Conociendo los usuarios se procedió a establecer la muestra que fue calculada en 240 usuarios del total (2400 usuarios), del total encuestados 168 fueron mujeres y 72 hombres (30%).

Disposición a pagar

A cada entrevistado se le presentó una cantidad de dinero a pagar y teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la zona, también se le preguntó si ellos estarían dispuestos a dar otra cantidad superior a este rango. En la figura 3 se resumen los porcentajes de aceptación de los diferentes montos sugeridos.

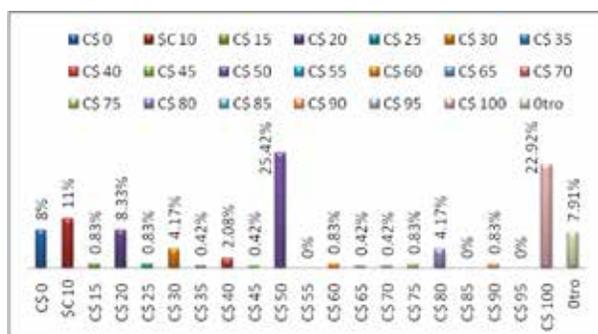


Figura No.3. Nivel de aceptación de los diferentes montos.

De esta manera se obtuvo que la voluntad promedio de pago sea de C\$62.31 córdobas men-

suales, como se menciona anteriormente a la mayoría de los usuarios le gustaría pagar esta cuota mensualmente.

De esta manera se calcularon los ingresos netos que se percibirían por la recaudación del pago del servicio ambiental hídrico por parte de los usuarios, ascendiendo a un monto de C\$ 1, 794,528 anuales, que se obtuvo de multiplicar la voluntad de pago mensual (C\$ 149,554) por el número total de usuarios existentes actualmente (2400).

Si tomamos en cuenta el análisis económico de la plantación del bosque predominante (*Pinus caribaea*) en la zona de protección con PSA y la voluntad de pago, todo indica que se tienen las condiciones técnicas, económicas y sociales para implementar un esquema de PSAH. Por lo tanto, en el siguiente objetivo se diseña una propuesta de cobro y administración de los fondos generados del PSAH.

Diseño de una propuesta de los fondos generados por el PSAH, considerando la forma tradicional de las comunidades indígenas

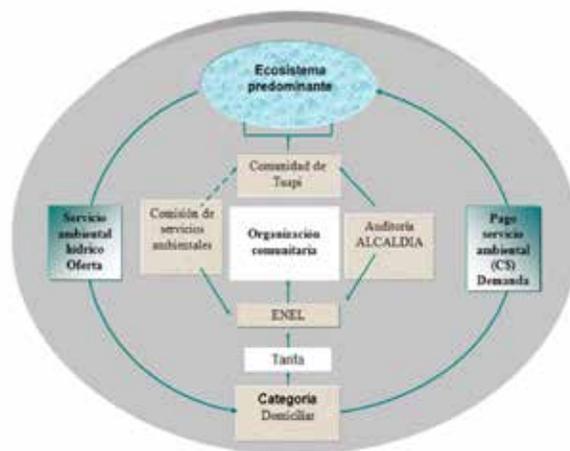


Figura No.4. Esquema del sistema de apoyo institucional para el cobro y administración de los fondos por el cobro de la protección del servicio ambiental de la subcuenca del río Brakira.

La empresa de energía y electricidad recaudará los fondos a través de la tasa que cobran mensualmente a sus abonados por medio del servicio eléctrico, en donde se le sellará el rubro de la tarifa hídrica. El dinero recaudado se depositará en una cuenta especial manejada por la organización comunitaria de Tuapi, la que será utilizada para

compensar a los comunitarios que estén realizando prácticas de restauración del bosque de manera permanente en la zona de protección ambiental definida bajo PSAH, así como las actividades de resguardo a la zona ribereña. La comunidad a través de sus líderes comunitarios serán los encargados de promover actividades de vigilancia, protección y reforestación en la zona de protección. Asimismo, estos serán los encargados de administrar los recursos financieros así como destinar los fondos.

Para que esta estructura tenga la efectividad deseada en cuanto a la protección del bosque y a la distribución y asignación de los recursos financieros, es necesario un sistema de control y fiscalización de los fondos. En esta etapa se requerirá la participación de forma secundaria de las instituciones relacionadas con el servicio ambiental como el SERENA y MARENA, las cuales tendrán la función de prevenir, regular y controlar cualquiera de las causas o actividades que originen un deterioro al medio ambiente de la zona de protección. Para este caso, el INAFOR tendrá la función de vigilancia, en el control de todo lo relacionado a las plantaciones forestales, vivero y aprovechamiento forestal, en concordancia con la Procuraduría Ambiental, que encausará cualquier acto ilícito ocasionado en la zona de protección.

La municipalidad (Alcaldía de Bilwi) actuará como fiscalizadora y será la encargada de aplicar un sistema de auditoría interno/externo que verifique el buen uso de los fondos. Al mismo tiempo será la encargada de elaborar un informe semestral de transparencia del sistema de cobro y administración (ENEL y a la comunidad), considerado un requisito esencial para dar credibilidad al modelo de desarrollo propuesto, de tal manera que el usuario y dueño del bosque sientan la confianza necesaria para seguir colaborando en el mecanismo de PSAH.

IV. Conclusiones

La zona delimitada como de protección ambiental abarca una superficie de 1290.46 ha, zona que presenta las mayores alteraciones ambientales antrópicas en la subcuenca y que esta repercutiendo negativamente en la calidad y cantidad del agua cruda superficial de donde se abastece ENACAL.

En la zona de protección ambiental se determinó una oferta disponible anual de 19,567,280.14 m³/año, distribuida en 688.1 mm/año (688,100

m³/año) de agua superficial y 828.1 mm/año (828,100 m³/año) de agua subterránea. De esta oferta disponible se está aprovechando únicamente 1,914,155.295 m³/año de agua superficial, quedando un volumen no utilizado o excedente de 20,211,187.92 m³/año.

Los beneficios financieros en la zona de protección ambiental para una plantación de *Pinus caribaea* son positivos, ya que el escenario estimado para 1 ha resultan con un beneficio neto de 28999 \$/ha, VAN de 10165 \$, TIR de 5.53% y un beneficio neto de 1.38; obteniéndose a partir del segundo raleo (8 años), donde los diámetros son mayores a 15 cm de dap listo para el aserrío.

La población de la ciudad de Bilwi (principal demandante del recurso hídrico), reconoce la importancia del bosque como provisor de agua, dado que el 99.58% de los encuestados identifica la relación cobertura vegetal y disponibilidad de agua. Asimismo, considera importante implementar un programa de protección y conservación del recurso hídrico a través de la protección de la cobertura boscosa y, el 91.66% están dispuestos a pagar un monto adicional en la tarifa para tal fin (mecanismo de PSAH). La propuesta de un esquema de PSAH en la subcuenca del río Brakira es posible desde el punto de vista técnico, económico y social; en principio porque se protege y recupera el bosque, en segundo lugar porque se puede aprovechar económicamente el bosque sin alterar su funcionalidad ecosistémica y, en tercer lugar porque la sociedad (los demandante) están dispuestos a pagar un excedente por mejorar el servicio hídrico recibido.

V. Recomendaciones

En la zona de protección se debe reforestar la Rivera de la subcuenca del río Brakira con especies del ecosistema predominante.

Prohibir la extracción de material selecto y ubicar en las vías de entradas de la subcuenca del río Brakira, rótulos con mensaje de prohibición a la extracción de materiales y sus sanciones en caso de infringir el mensaje.

A pesar de que existe excedente de agua se debe de reforestar la zona de protección, para aumentar la capacidad de infiltración y así disminuir el déficit en los meses de escasas.

A pesar de que el análisis financiero dio positivo, se debe de contratar a personas con capacidad técnica calificada, para que acompañe a la comunidad en todas las actividades.

La empresa ENACAL se debe de preocupar por brindar un servicio de agua más eficiente y de calidad.

Crear un comité o junta de agua comunal, representados por todos los actores de base, llámese funcionario de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, productores, comunitarios, gobierno municipal, gobierno regional entre otros, con el objetivo inmediato de plantear iniciativas u ordenanzas municipales para hacer eficiente la protección de la zona.

Realizar un diagnóstico para conocer la percepción de los comunitarios acerca de la implementación del programa de protección y así obtener el consentimiento libre previo e informado para su implementación.

VI. Bibliografía

- Costanza, R.; d'Arge, R.; Groot, R. (1998). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Nature; vol.25, No.1.
- Faustino, Jorge (2007). *Protección de fuentes de agua*. Managua. Nicaragua, (p 25)
- Junker, M. (2005). *Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea*. FORGAES. S. 40 p.
- Merrett, S. (1997). *Introduction to the economics of water resources: An international perspective*. UCL Press Limited. Great Britain.
- Schosinsky, G.; Losilla, M. (2000). *Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual*. Revista Geológica de América Central. Escuela Centroamericana de Geología. Universidad de Costa Rica. 23: 43-55.
- Watler, W. (2008). *Análisis de vulnerabilidad a la contaminación del recurso hídrico en la subcuenca del río Siquirres*. ThesisMag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 230.