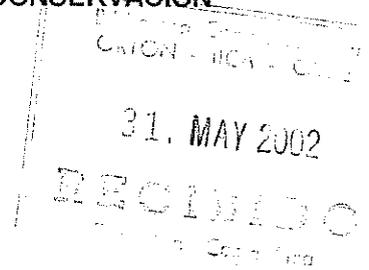


**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS**



**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES Y AJUSTE
AMBIENTAL DE TARIFA ELÉCTRICA: ESTUDIO DE CASO DE LA EMPRESA
HIDROELÉCTRICA JASEC EN COSTA RICA**

POR

OSCAR DANILO GUTIÉRREZ LÓPEZ



Turrialba, Costa Rica

2001

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES Y AJUSTE
AMBIENTAL DE TARIFA ELÉCTRICA: ESTUDIO DE CASO DE LA EMPRESA
HIDROELÉCTRICA JASEC EN COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y como requisito par optar por el grado de:

Magister Scientiae, énfasis en
Socioeconomía Ambiental

POR

OSCAR DANILO GUTIÉRREZ LÓPEZ

Turrialba, Costa Rica
2001

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

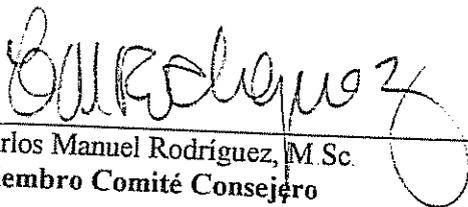
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Eliécer Vargas, Ph.D.
Consejero Principal

Robert Hearne, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Carlos Manuel Rodríguez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Tania Solano, M.B.A.
Miembro Comité Consejero



Ali Moslemi, Ph.D.
Director Escuela de Posgrado



Oscar Danilo Gutiérrez López
Candidato

Dedicatoria

A mi esposa Azucena, a mi madre Rosa y a mis tres hijas -Karina, Cinthya y Cindy- : vuestro amor es mi fortaleza y mis motivos de mi inspiración y esfuerzo. Y nada es más importante para mí

Agradecimientos

A Dios por haberme permitido desarrollar este trabajo.

A mi esposa por su amor, paciencia y comprensión, a pesar de que eso significó permanecer muchas noches alejadas de ella y de mis hijas, e incluso siguiéndome a este bendecido país, Costa Rica, mantuvo siempre una actitud alegre y de apoyo. Esta investigación no habría podido quedar terminada sin su absoluta fidelidad.

Al Dr. Eliécer Vargas por su valiosa colaboración y sus incisivas sugerencias en la definición de esta propuesta y en la revisión del manuscrito.

A Carlos Manuel Rodríguez por sus incisivos y oportunos comentarios y a Tania Solano, por su colaboración durante el análisis y validación de esta investigación.

Al Dr. Robert Hearne, en quien me he apoyado para aplicar la Economía Ambiental, y quien me ha inspirado que es posible alcanzar mejores logros en esa disciplina.

Al Dr. Gilberto Paéz, mi querido profesor y amigo, cuya sabiduría y afecto incondicional me hicieron sobrellevar los caminos llenos de baches, y cuya aportación siempre he considerado muy valiosa: le estoy eternamente agradecido.

Al personal de la empresa JASEC que apoyaron mi investigación: gracias, una vez más por la fe depositada en mí. En especial, agradezco a su Gerente General, Oscar Meneses y al Ingeniero de Proyectos, William Blanco: las reuniones mensuales de trabajo conmigo y su constante apoyo hicieron la diferencia.

Al personal de CATIE, que colaboraron conmigo con la recopilación de información y en la logística de apoyo administrativo de la investigación.

RESUMEN

Palabras claves: estudio de caso, cuencas hidrográficas, erosión, sedimentación, cantidad y calidad de agua, productividad hídrica, costos de regeneración natural, disposición de pago, modelo, tarifa eléctrica, servicios ambientales, fideicomiso

Los productos que ofrece la naturaleza, como son el agua, el aire, el paisaje y el espacio, por nombrar algunos, usualmente se han subestimado. Un ejemplo de ello, es el hecho que la mayoría de los proyectos de desarrollo, como las hidroeléctricas y los sistemas de agua potable, no contemplan dentro de sus costos el valor del agua y su regeneración. Usualmente, solo se calculan los costos de obras de ingeniería necesarias para su funcionamiento, ignorando la conservación de las cuencas o el tratamiento de las aguas servidas. Sin embargo, desde hace algún tiempo, la sociedad costarricense reconoce la importancia de los bosques tropicales como generadores de bienes y servicios ambientales. Un caso específico de esta problemática es la experiencia de la empresa hidroeléctrica, Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago, JASEC, que está definiendo el mecanismo más conveniente para financiar la protección y recuperación del bosque en la cuenca del río Birris y parte alta del río Turrialba, con el interés económico y ecológico de: la generación hidroeléctrica y asegurar el agua como fuente energética permanente. Así, el principal objetivo de esta investigación es contribuir al debate económico ambiental existente, entre la necesidad de manejo sustentable de las cuencas tributarias del Sistema Birris para generación hidroeléctrica y la necesidad de financiamiento para ese fin. De esta situación deriva la necesidad de JASEC, de contar con un estudio técnico apoyado en bases científicas que haga operativa la incorporación de las variables ambientales. En este sentido, el estudio se compone principalmente de tres fases. *Primeramente*, se hizo una identificación de las características de las cuencas, para lo cual se utilizó información secundaria y primaria, con el fin de determinar la precipitación anual registrada en las partes medias y altas de las cuencas, zonas de vida, tenencia de la tierra y actividades productivas. También se cuantificó, en términos de volumen, la contribución hídrica de cada uno de los sectores que conforman la oferta y el balance de aguas en el área de estudio, se analizó el potencial hídrico, así como la competitividad por el recurso agua, caudales y la productividad hídrica en los embalses de la empresa JASEC. En esta primera parte, se concluye que el problema principal de JASEC es su producción con alta calidad de aguas y no por la cantidad del recurso hídrico. La oferta hídrica disponible anual en el área de estudio es de 125 67mill m³/año, distribuida en 45 43 mill m³ /año de agua que recargan acuíferos y 77.4 mill m³/año de agua que escurre superficialmente. De esta oferta disponible, en los embalses se están aprovechando para generar hidroelectricidad 53.92 mill m³ /año de agua (1.71 m³/s de caudal promedio que se utilizan desde el embalse "Capellades", en la cuenca del Birris III y, que en cascada pasa al embalse "Lago Sur" en la planta Birris I). Además, hay que hacer la salvedad de que una empresa hidroeléctrica utiliza las aguas superficiales, en su mayor parte para la producción de energía eléctrica. Los costos de mantenimiento y limpieza de los embalses son en promedio de \$12,771.3 dólares por año. Adicionalmente, se estimó la pérdida de potencia asociada a la paralización de la planta por mantenimiento, que en promedio es de 12 días, en montos mayores a \$200,000 dólares por año. Aunque, no se puede atribuir el 100% del costo de pérdida de potencia por motivo de paralización de la planta por la mala utilización de la tierra, porque aunque se haga una "utilización óptima de la cuenca" siempre existirá la necesidad de detener la planta. Además, hay otras pérdidas no incluidas como la reducción en la vida útil del embalse, aunque en el caso de JASEC, es posible que no tenga un gran impacto económico (según funcionarios de JASEC el embalse ha perdido a la fecha únicamente un 5% de su volumen muerto).

El principal usuario de las cuencas es la empresa JASEC, la competencia por el recurso hídrico no es significativa dentro del área de estudio. La demanda de la población al año 2015 tampoco afecta en un volumen que incremente la presión sobre el uso de las aguas. Sin embargo, existe competencia por el recurso hídrico en las áreas cercanas a las cuencas, lo que se explica en gran

parte por la actividad de proyectos de riego, la escasez del recurso agua para consumo humano, proyectos hidroeléctricos y concesiones de agua. El modelo de regresión usado para validar la información recopilada sobre caudales y generación de KWH, y estimar el cambio en productividad asociado con la pérdida (o aumento) de un metro cúbico de agua disponible, arrojó que el embalse Birris I, necesita 1 m³ para producir 1KWh, una vez utilizado en esta planta. Mientras que el embalse, Birris III, para producir 1KWh necesita 1.4 m³ de agua. De este análisis resulta que, Birris I es más eficiente que Birris III. En resumen, este modelo sirve para corroborar la fuente de datos de la empresa JASEC y cumple con el objetivo de este análisis, para los datos recopilados, en determinar el factor energético de Kwh/ m³ generado por las plantas de JASEC, lo cual sirve además, como información base para otros estudios.

La segunda fase del estudio, toma como punto de partida los datos biofísicos obtenidos mediante Sistemas de Información Geográfica, (SIG), y la información sobre las cuencas, correspondientes a la primera fase, para cuantificar los costos de protección (ambientales), administrativos y otros, que van desde el proceso de captación de aguas hasta la puerta de salida del recurso para ser usado en la planta generadora de hidroelectricidad. De esta manera, se determinó que el área que debe ser dedicada a la protección ambiental de bosque en las cuencas, es de aproximadamente 2053 hectáreas, por medio de manejo de regeneración natural. Mientras que el área de rehabilitación de cauces hídricos, implica reforestar la cuenca Birris en 430 hectáreas, ya que estas áreas están sin cobertura vegetal.

Se elaboró un análisis financiero, el cual mostró que la opción de ejecutar los planes de manejo de la cobertura vegetal, a través de pagos por servicios ambientales con FONAFIFO resulta ser más rentable que la situación de ejecución por cuenta propia de JASEC. Por otra parte, se aplicó la *metodología de costos evitados o de reemplazo*, técnica de valoración que, responde a la relación dosis respuesta (causa-efecto). En éste caso la dosis es la cobertura forestal y la respuesta es la reducción en la sedimentación del embalse. Según los cálculos hechos en este sentido, como consecuencia de las acciones desarrolladas por el proyecto de manejo de la cobertura vegetal y rehabilitación de cauces hídricos, la erosión y sedimentación se reducirá en 55% en la cuenca Birris al año diez, después de iniciado el proyecto de manejo de la cobertura forestal. De esta manera, cuando se habría alcanzado una reducción estable en la sedimentación de los embalses, los lavados a fondo, podrían no ser anuales, sino espaciarse cada dos años y los costos evitados en esos años serían la ganancia de la reducción en la sedimentación para JASEC.

La tercera fase, analiza más detalladamente mediante el análisis estadístico y un modelo de regresión múltiple, el sondeo de la disposición a pagar por la protección del bosque, que relaciona aspectos que pueden tener una incidencia positiva o negativa sobre este concepto. Cabe destacar dentro de los resultados más importantes del estudio se determinó que la sociedad cartaginesa está dispuesta a pagar por la protección de los bosques en función del recurso hídrico, siempre y cuando JASEC garantice la protección y capitalización boscosa de las cuencas productoras del recurso. La disposición de pago calculada es de \$0.40 /Kwh. Esta suma representaría \$114 millones de colones anuales de ingresos que, se utilizarían para financiar los costos ambientales. Sin embargo, para que este proyecto tenga mayor éxito, se propone cobrar a los usuarios del servicio eléctrico la mitad del pago calculado y el resto debería ser aportado por la empresa JASEC. Asimismo, se propone una estructura institucional denominada *fideicomiso* que respete las leyes existentes y para que administre el valor de los componentes ambientales recaudados, a través de la tarifa eléctrica que cobra JASEC, una vez aprobada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP.

De esta manera, la tarifa eléctrica ambientalmente ajustada se convierte en un mecanismo eficiente para el pago del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación en dichos costos. Este mecanismo de ajuste ambiental se convierte en un mecanismo de financiamiento de largo plazo, y adquiere especial relevancia y la necesidad urgente de su aplicación, especialmente en este momento, en que la mayoría de los programas de pagos por servicios ambientales por el Estado costarricense han recortado sus presupuestos.

SUMMARY

Key words: Study of case, watersheds, erosion, sedimentation, quantity and quality of water, hydric productivity, costs of natural regeneration, payment disposition, model, tariffs electric, environmental services, fiduciary.

The products that offers the nature, like they are the water, the air, the landscape and the space, to name some, they have usually been underestimated. An example of it, is the fact that most of the development projects, as the hydroelectric ones and the systems of drinkable water, they don't contemplate inside its costs the value of the water and its regeneration. Usually, alone the costs of necessary engineering works are calculated for their operation, ignoring the conservation of the basins or the treatment of the served waters. However, for some time, the Costa Rican society recognizes the importance of the tropical forests as generators of goods and environmental services. A specific case of this problem is the experience of the hydroelectric company, it Joins Administrative of the Municipal Electric Service of Carthage, JASEC that is defining the most convenient mechanism to finance the protection and recovery of the forest in the basin of the river Birris and high part of the river Turrialba, with the economic and ecological interest of: the hydroelectric generation and to assure the water like permanent energy source. This way, the main objective of this investigation is to contribute to the existent environmental economic debate, among the necessity of sustainable handling of the tributary basins of the System Birris for hydroelectric generation and the financing necessity for that end. Of this situation it derives the necessity of JASEC, of having a technical study supported in scientific bases that she/he makes operative the incorporation of the environmental variables. In this sense, the study is composed mainly of three phases. **Firstly**, an identification of the characteristics of the basins was made, for that which secondary and primary information was used, with the purpose of determining the annual precipitation registered in the parts stockings and high of the basins, areas of life, holding of the earth and productive activities. It was also quantified, in terms of volume, the hydric contribution of each one of the sectors that conform the offer and the balance of waters in the study area, the hydric potential was analyzed, as well as the competitiveness for the resource dilutes, flows and the hydric productivity in the reservoirs of the company JASEC. In this first part, you concludes that the main problem of JASEC is its production with high quality of waters and not for the quantity of the hydric resource. The offer annual available in the study area is of 125.67 mill m³/año, distributed in 45.43 mill.m³ /year of water that they recharge aquifer and 77.4 mill m³/año of water that it is slippery superficially. Of this available offer, in the reservoirs they are taking advantage to generate hydroelectricity 53.92 mill m³ /year of water (1.71 m³/s of flow average that are used from the reservoir " Capellades ", in the basin of the Birris III and that passes to the reservoir South Lake in the plant Birris I in cascade). Also, it is necessary to make the exception that a hydroelectric company uses the superficial waters, in its biggest part for the electric power production. The maintenance costs and cleaning of the reservoirs are on the average of \$12,771.3 dollars per year. Additionally, it was considered the loss of power associated to the paralyzation of the plant for maintenance that on the average is of 12 days, in more mounts to \$200,000 dollars per year. Although, it can not attribute himself 100% of the cost of loss of power for reasons of paralyzation of the plant for the bad use of the earth, because although a good use of the basin is made the necessity it will always exist of stopping the plant. Also, there are not other losses included as the reduction in the useful life of the reservoir, although in the case of JASEC, it is possible that it doesn't have a great economic impact (according to officials of JASEC the reservoir has only lost to the date 5% of its dead volume).

The main user of the basins is the company JASEC, the competition for the hydric resource is not significant inside the study area. The demand of the population to the year 2015 neither affects in a volume that increases the pressure on the use of the waters. However, competition exists for the hydric resource in the near areas to the basins, what is explained largely by the

activity of watering projects, the shortage of the resource dilutes for human consumption, hydroelectric projects and concessions of water. The regression pattern used to validate the information gathered on flows and generation of KWH, and to estimate the change in productivity associated with the loss (or increase) of a cubic meter of available water, it threw that the reservoir Birris I, needs 1 m^3 to produce 1KWh, once used in this plant. While the reservoir, Birris III, to produce 1KWh needs 1.4 m^3 of water. Of this analysis it is that, Birris I is more efficient than Birris III. In summary, this model is good to corroborate the source of data of the company JASEC and fulfills with the objective of this analysis, for the gathered data, in determining the energy factor of Kwh / m^3 generated by the plants of JASEC, that which serves also, as information bases for other studies.

The second phase of the study, takes as starting point the biophysical data obtained by means of Systems of Geographical Information, (SIG), and the information on the basins, corresponding to the first phase, to quantify the protection costs (environmental), administrative and other that go from the process of reception of waters until the door of exit of the resource to be used in the generating plant of hydroelectricity. This way, it was determined that the area that should be dedicated to the environmental protection of forest in the basins, is of approximately 2053 hectares, by means of handling of natural regeneration. While the area of rehabilitation of beds hydric, implies to reforest the basin Birris in 430 hectares, since these areas are without vegetable covering.

A financial analysis was elaborated, which showed that the option of executing the plans of handling of the vegetable covering, through payments for environmental services with FONAFIFO turns out self-employed to be more profitable than the execution situation of JASEC. On the other hand, the methodology of avoided costs was applied or of substitution, technique of valuation that, it responds to the relationship dose answer (cause-effect). In this case the dose is the forest covering and the answer is the reduction in the sedimentation of the reservoir. According to the calculations made in this sense, as consequence of the actions developed by the project of handling of the vegetable covering and rehabilitation of hydric beds, the erosion and sedimentation will decrease in 55% in the basin Birris to the year ten, after initiate the project of handling of the forest covering. This way, when a stable reduction would have been reached in the sedimentation of the reservoirs, the laundries thoroughly, they could not be annual, but every two years and the costs avoided in those years being spaced they would be the gain of the reduction in the sedimentation for JASEC.

The third phase, analyzes more in detail by means of the statistical analysis and a model of multiple regression, the poll of the disposition to pay for the protection of the forest that relates aspects that can have a positive incidence or negative on this concept. It is necessary to highlight inside the most important results in the study it was determined that the Carthaginian society is willing to pay for the protection of the forests in function of the hydric resource, provided JASEC guarantees the protection and capitalization of forest of the basins producers of the resource. Taking into account the different consumptions electric power averages, the calculated payment disposition is of $\$0.40 / \text{Kwh}$. This sum would represent $\$1.14$ million annual colons of revenues that, they would be used to finance the environmental costs. However, so that this project has bigger success, the users of the electric service half of the calculated payment and the rest should be contributed by the company JASEC. The structure institutional denominated fiduciary hat respects the existent laws and so that it administers the value of the collected environmental components, through the electric rate that JASEC gets paid, once approved by the Regulating Authority of the Public Services, ARESEP.

This way, the electric rate environmentally adjusted it becomes an efficient mechanism for the payment of the service hydric environmental of the forests in the study area, as well as of other environmental variables that intend for their incorporation in this costs. This mechanism of environmental adjustment becomes a mechanism of financing of long term, and the acquires special relevance and the urgent necessity of its application, specially at this time in that most of the programs of payments for environmental services for the Costa Rican State have clipped its budgets.

CONTENIDO

<i>Dedicatorias</i>	iii
<i>Agradecimientos</i>	iv
<i>Resumen</i>	v
<i>Summary</i>	vii
<i>Contenido</i>	ix
<i>Lista de cuadros</i>	xi
<i>Lista de figuras</i>	xii
<i>Lista de anexos</i>	xiii
<i>Lista de abreviaturas</i>	xiv
1 INTRODUCCION	1
1.1 <i>Definición del problema y justificación</i>	1
1.2 <i>Objetivos</i>	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3 <i>Hipótesis</i>	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 <i>Antecedentes de estudios y desarrollo institucional sobre valoración económica y ecológica</i>	3
2.2 <i>Aportes del presente trabajo</i>	4
2.3 <i>Cuencas hidrográficas y productividad hidroeléctrica</i>	4
2.3.1 <i>Cuencas hidrográficas</i>	4
2.3.2 <i>Productividad hidroeléctrica</i>	5
2.4 <i>Sistemas de tarificación eléctrica</i>	6
2.4.1 <i>Tarifa por el costo de servicio</i>	6
2.4.2 <i>Tarifa por el pasivo</i>	6
2.4.3 <i>Tarifa por el precio</i>	6
2.4.4 <i>Tarifa por el costo marginal</i>	6
2.4.5 <i>Tarifa integrada</i>	7
2.4.6 <i>Tarifa por incentivos</i>	7
2.4.7 <i>Tarifa justa</i>	7
2.5 <i>Externalidades ambientales</i>	7
2.6 <i>Cantidad y calidad del agua</i>	8
2.7 <i>Método para la valoración de los servicios ambientales</i>	10
<i>tarifa ajustada</i>	21
2.8 <i>Disposición de pago</i>	12
2.9 <i>Técnicas de conducción de las encuesta para investigar la disposición de pago</i>	13
2.10 <i>Tratamiento de los sesgos en las encuestas</i>	14
2.11 <i>Modelo de regresión múltiple</i>	14
2.12 <i>Modelo de regresión logístico</i>	15
3 MATERIALES Y METODOS	17
3.1 <i>Descripción del área de estudio</i>	17
3.1.1 <i>Descripción geográfica y física de la zona de estudio</i>	17
3.1.3 <i>Precipitación</i>	18
3.1.4 <i>Zonas de vida en el área de estudio</i>	18
3.1.5 <i>Tenencia de la tierra</i>	20
3.1.6 <i>Actividades productivas en las cuencas</i>	22
3.2 <i>Metodología</i>	24
3.2.1 <i>Recolección de fuentes secundarias</i>	24
3.2.2 <i>Recolección de fuentes primarias</i>	24
3.2.3 <i>Análisis espacial</i>	25

3.2.3	<i>Análisis espacial</i>	25
3.2.4	<i>Ciclo hidrológico y oferta hídrica</i>	25
4	RESULTADOS Y DISCUSION	26
4.1	<i>Cálculo de la oferta hídrica en las cuencas</i>	26
4.2	<i>Recursos hídricos en el área de estudio, su potencial de desarrollo y calidad</i>	28
4.3	<i>Cambio en la productividad, hidroelectricidad y servicios hídricos</i>	28
4.4	<i>Calidad del agua por la presencia de sedimentos</i>	30
4.5	<i>Costos y beneficios ambientales</i>	33
4.6	<i>El costo de protección y recuperación de bosques en las cuencas</i>	36
4.7	<i>Costo de valor promedio de la tierra</i>	38
4.8	<i>Fondo de reserva, gastos de administración y pagos de servicios ambientales</i>	39
4.9	<i>Análisis estadístico</i>	42
4.9.1	<i>Recolección de datos y tamaño de la muestra</i>	42
4.9.2	<i>Disposición de pago en el sector residencial</i>	44
4.9.3	<i>Aspectos que inciden en la disposición de pago</i>	46
4.9.4	<i>Modelo de disposición de pago para la conservación y protección del bosque</i>	46
4.9.5	<i>Estimación de la disposición de pago agregada del sector eléctrico</i>	48
4.9.6	<i>Disposición de pago en el sector comercial e industrial</i>	48
4.10	<i>Aspectos institucionales para el cobro y administración de fondos aportados por una tarifa ambientalmente ajustada</i>	49
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1	CONCLUSIONES	50
5.2	RECOMENDACIONES	52
	BIBLIOGRAFIA	53
	LISTA DE PERSONAS E INSTITUCIONES VISITADAS	57
	ANEXOS	58

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Valores de escorrentía y erosión bajo diferentes coberturas/ usos en el trópico	9
Cuadro 2	Menú de métodos de valoración económica	11
Cuadro 3	Descripción de las zonas de vida de Holdridge localizadas en la cuenca del río Birris	18
Cuadro 4	Zonas de vida de Holdridge localizadas en la cuenca del río Turrialba	19
Cuadro 5	Categorías y criterios para calificar	19
Cuadro 6	Resumen del uso del suelo en bosque por ha/microcuencas de la cuenca Birris	22
Cuadro 7	Distribución de los cultivos cuenca Birris	22
Cuadro 8	Distribución de cultivos, cuenca Turrialba	23
Cuadro 9	Área, precipitación y coeficiente de escorrentía de las cuencas en el área de estudio	26
Cuadro 8	Distribución de cultivos, cuenca Turrialba	23
Cuadro 9	Área, precipitación y coeficiente de escorrentía de las cuencas en el área de estudio	26
Cuadro 10	Balance hídrico en el área de estudio	27
Cuadro 11	Demandas de agua para consumo humano y disponibilidad mínima de agua en el área de estudio	28
Cuadro 12	Análisis de regresión entre agua turbinada y generación hidroeléctrica "Sin intercepto"	30
Cuadro 13	Compras de energía al ICE	32
Cuadro 14	Generación anual de JASEC	33
Cuadro 15	Valoración de reducción de sedimentos en terminos de la reducción de costos de generación	34
Cuadro 16	Estimación de la retención de sedimentos por cuencas con la aplicación de proyectos formulados	35
Cuadro 17	Total de costos de manejo de regeneración natural de bosque, cuencas Birris y Turrialba	36
Cuadro 18	Total de costos de reforestación de cauces hídricos en la cuenca Birris	37
Cuadro 19	Valor actual por hectárea de manejo de regeneración natural y refoestación de cauces hídricos	38
Cuadro 20	Valor actual global, manejo de regeneración natural y refoestación de cauces hídricos	38
Cuadro 21	Valor promedio de la tierra	38
Cuadro 22	Estimaciones del costo total de protección y mantenimiento de las cuencas bajo estudio	40
Cuadro 23	Flujo de caja de la protección y mantenimiento de la cuencas con ejecución propia	40
Cuadro 24	Estimaciones del costo total de protección y mantenimiento de las cuencas, promedio anual bajo la modalidad de convenio con FONFAFIFO	41
Cuadro 25	Flujo de caja de la protección y mantenimiento de la cuencas con convenio FONAFIFO, promedio anual	41
Cuadro 26	Distribución de estratos por cantón para realización de las encuestas de disposición de pago para la tarifa hídrica ambientalmente ajustada	42
Cuadro 27	Número de encuestas por cantones y sectores de consumo de energía eléctrica	43
Cuadro 28	Disposición de pago para la protección de bosques, tarifa actual por el servicio de electricidad y el ingreso familiar por los cantones : Cartago, Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso	44
Cuadro 29	Indicadores de importancia sobre el servicio de electricidad que recibe la población de los cantones: Cartago centro y otros cantones	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	La cuenca hidrográfica como sistema y sus factores determinantes principales	5
Figura 2	Servicio ambiental hídrico como externalidad positiva	8
Figura 3	Curva de disposición máxima a pagar por una tarifa ajustada	13
Figura 4	Datos agroclimatológicos	18
Figura 5	Cobertura vegetal del área de estudio: Cuenca del río Birris	19
Figura 6	Distribución de la tierra en porcentajes según uso, Microcuenca 3N-1d	20
Figura 7	Distribución de la tierra en porcentajes según uso, Microcuenca 3N-2d	21
Figura 8	Distribución de la tierra en porcentajes según uso, Microcuenca 3N-1n	21
Figura 9	Distribución de la tierra en porcentajes según uso, Microcuenca 5N-1n	21
Figura 10	Resumen de la distribución de los cultivos, cuenca Birris en porcentajes	23
Figura 11	Resumen de la distribución de los cultivos, cuenca Turrialba en porcentajes	23
Figura 12	El Ciclo Hidrológico	26
Figura 13	Diagrama de dispersión Birris III	29
Figura 14	Ingresos familiares mensuales	45
Figura 15	Ingresos familiares mensuales	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo A 1 Encuesta de disposición de pago aplicada al sector residencial de los cantones: Cartago, Oreamuno, El Guarco, Alvarado y Paraiso	59
Anexo A 2 Plan de Manejo de la Cobertura Vegetal	61
Anexo A 3 Fotografías y Mapas	77
Anexo A 4 Modelo SAS y flujo de fondos de JASEC y FONAFIFO	84

LISTA DE ABREVIATURAS

ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ASCONA	Asociación Costarricense para la Conservación de la Naturaleza
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación
CCT	Centro Científico Tropical
CINPE	Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible
CNFL	Compañía Nacional de Electricidad
DP	Disposición de Pago
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestales
FONASA	Fondo Nacional de Servicios Ambientales
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad y Comunicaciones
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
INBIO	Instituto Nacional de Biodiversidad
JASEC	Junta Administrativa para el Servicio Eléctrico de Cartago
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
PMCR	Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UCR	Universidad de Costa Rica
UEN	Unidad Estratégica de apoyo Administrativo en JASEC
UNA	Universidad Nacional de Costa Rica
VET	Valor Económico Total

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del problema y justificación

A pesar de que Costa Rica en las décadas anteriores a los años ochenta, estuvo sometida a un proceso de desgaste de sus zonas forestales, favorecido por políticas a favor de la agricultura y la ganadería. Desde mediados de la década pasada, la sociedad costarricense ha experimentado cambios significativos en los ámbitos institucional, educativo y legal, al reconocer la importancia de los bosques tropicales como generadores de bienes y servicios ambientales, tales como: la fijación y almacenamiento de carbono, la protección de la biodiversidad, la belleza escénica y la protección y regulación del agua de fuentes acuíferas para el consumo humano y para la producción agrícola e hidroeléctrica. Esto también se manifiesta en la creación del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), centros de investigaciones públicos y privados y en el surgimiento de un sistema legal conformado por las leyes: Ley orgánica del ambiente (1995), Ley Forestal 7575(1996), Ley de Biodiversidad (1998), Ley 7593 de ARESEP (1996)

Recientemente, muchas empresas hidroeléctricas también reconocen el papel importante que juega el bosque en la protección y conservación del agua, debido a que al modificarse la cobertura boscosa, se podría esperar una irregularidad del caudal de un río que causaría cambios problemáticos en la oferta del servicio hidroeléctrico. Aunque, las empresas que ofrecen servicios hidroeléctricos han entrado en un proceso de concienciación de los servicios del bosque, no cuentan con respaldos financieros que permitan ahorrar y reinvertir fondos para el mejoramiento del servicio y el desarrollo institucional requerido para satisfacer la demanda futura. Por lo que, es necesario ampliar y fortalecer acciones que creen mecanismos financieros sostenibles, que coadyuve al aseguramiento de las generaciones presentes y futuras, del disfrute de un servicio hidroeléctrico eficiente en términos de calidad, cantidad y perpetuidad. Un caso específico de esta problemática es la experiencia de la empresa hidroeléctrica, Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago, JASEC, que está definiendo el mecanismo más conveniente para financiar la protección y recuperación del bosque en las cuencas de los ríos Birris y Turrialba, con el interés económico y ecológico de: la generación hidroeléctrica y asegurar el agua como fuente energética permanente. Por lo tanto, la pregunta clave en este estudio es ¿Cuáles son los mecanismos para mitigar, recuperar y proteger las fuentes hídricas en la cuenca Birris y parte alta de la cuenca Turrialba?

Hay muchas razones para proteger bosque, ya que su destrucción llevaría a un deterioro en la calidad de vida de los ciudadanos por los beneficios adicionales que produce (aire puro, agua, biodiversidad). Pero, vale destacar que, la recuperación y protección de la cobertura forestal, trae beneficios en la regularidad del régimen hídrico, agua con mayor calidad, un caudal mayor en la época de estiaje y en el amortiguamiento de las crecientes en la época de lluvias, la reducción o el control de la erosión, del arrastre de sedimentos, y favorece la estabilidad de taludes. Todos estos beneficios que se atribuyen traen aparejado también beneficios económicos, dado que los costos por operación y mantenimiento se reducirían en la planta hidroeléctrica de la empresa JASEC, la cual es objeto de estudio.

El concepto de aplicar ajustes a las tarifas de uso de los recursos naturales ha sido muy difícil de implantar en el pasado, pero dado el creciente consenso sobre el papel cada vez más importante que cumplen los mercados en América Latina, es probable que dichos cargos puedan aplicarse en muchas áreas. Este nuevo marco coadyuva en la necesidad de JASEC, de contar con un estudio técnico apoyado en bases científicas que haga operativa la incorporación de algunas variables ambientales y que a su vez justifique ajustar su tarifa hidroeléctrica. El problema ambiental refleja también que, si a mediano plazo, la empresa no modifica su tecnología a una tecnología amigable con el ambiente, tal y como hasta ahora ha sucedido se podría generar problemas en la disponibilidad de bosques y la pérdida de productividad del mismo, lo que puede llevar, a disminuciones de la cantidad y, sobre todo en la calidad de aguas con las implicaciones que esto tiene para la sociedad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Contribuir al debate económico ambiental existente, entre la necesidad de manejo sustentable de las cuencas de los ríos Birris y Turrialba para generación hidroeléctrica y la necesidad de financiamiento para ese fin.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar los factores que inciden en el manejo sostenible de las cuencas de los ríos Birris y Turrialba, con el fin de obtener en forma breve la caracterización y descripción en la zona de estudio, por medio de Sistemas de Información Geográfica, visitas *in situ* e información secundaria.
- Cuantificar el agua disponible, productividad hídrica y su potencial de desarrollo en las cuencas.
- Calcular los costos del manejo de las cuencas tomando en cuenta los costos actuales de la empresa JASEC.
- Elaborar análisis financiero y ambiental del área de bosques en las cuencas, específicamente, con relación a los costos de protección y recuperación del área boscosa.
- Proponer un ajuste tarifario para JASEC, que considere la internalización de las variables ambientales y la reacción de respuesta de la población consumidora de energía eléctrica, con respecto al pago por estos costos ambientales ajustados en la tarifa actual.
- Determinar la disposición de pago de los usuarios del servicio hidroeléctrico de JASEC por la protección, reforestación y costos ambientales en la cuenca Birris y parte alta de la cuenca Turrialba.
- Extraer recomendaciones para mejorar la administración de los recursos hídricos en el área de estudio.

1.3 Hipótesis

En base a una revisión de literatura sobre diferentes estudios, leyes, visitas a instituciones y consultas a expertos, sobre el problema de investigación se formula la siguiente hipótesis

- La voluntad de pago total de los usuarios del servicio hidroeléctrico administrado por la empresa Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago, JASEC, es mayor que los costos reales de protección y mantenimiento forestal de la cuenca Birris y parte alta de la cuenca Turrialba.

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de estudios y desarrollo institucional sobre valoración económica y ecológica

Hasta hace una década, la mayoría de estudios sobre Valoración Económica Ecológica en Costa Rica, eran dedicados a la valoración de los servicios del bosque y aguas, en donde el interés principal es conocer el valor de éstos servicios (CCT 1991; CCT 1995; MIRENEM 1990; Sunkel et al 1990). En este campo, las evaluaciones son realizadas en base a una teoría y procedimientos bien desarrollados y conocidos

Sin embargo, se merece una diferencia a partir de los años 1995 y 1996, cuando se elaboran tres trabajos sobre valoración de los servicios ambientales y aguas Carranza y otros (1996); Solórzano y otros (1995) y Segura (1996 y 1997) respectivamente. Desde entonces, se aprecia un continuo interés por desarrollar métodos y técnicas de cálculo de parámetros de valoración, principalmente en valoración económica ecológica del recurso hídrico y la internalización del valor de los servicios ambientales (Barrantes 1998; Castro 1999)

La mayoría de estudios de valoración de los recursos naturales en el país, están dedicados a los servicios del bosque y valoración de las aguas. Hay pocos estudios que consideran la incorporación de costos ambientales en las tarifas eléctricas, aunque en la práctica, se puede analizar la actividad eléctrica en relación con la actividad de agua, de la cual es gemela, agua-electricidad, además de que, hay un cierto intercambio entre empresas de agua y electricidad dentro de este sector en los países en desarrollo, donde predomina el sector de la hidroelectricidad. Algunos trabajos han sido orientados a establecer técnicas de valoración parcial de los servicios del bosque y biodiversidad. En general, ha primado en todo este desarrollo de valoración económica-ecológica, la idea de representar lo más fielmente posible los servicios de: manejo, protección y reforestación del bosque, valoración del agua y otros.

Muchos estudios confirman nuestra intuición, según la cual el análisis de valoración económica-ecológica, para el sector hidroeléctrico propuesto, no difiere mucho de lo efectuado en el sector aguas. En este aspecto, en Costa Rica, se han desarrollado algunos trabajos, principalmente a nivel de productividad forestal, manejo, protección y reforestación de bosques (Bolaños et al 1996; CCT 1995; Hahn 1996; ARESEP 1996; Otárola y Venegas 1999; Mouraille y otros, 1996; Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón 1999; Repeto 1992; Solórzano y otros 1995; Stadtmuller 1994), no orientados a un uso práctico real, excepto Bolaños y otros (1996); Otárola y Venegas (1999) y Vargas C (1996). La dificultad principal existente para la aplicación de técnicas de valoración de los recursos naturales es la poca disponibilidad de datos y de precios de mercado para estimar este tipo de valoraciones. Normalmente, las empresas de agua y electricidad llevan registro de sus operaciones normales, tales como: costos de operaciones, administración y mantenimiento, pero no incorporan los costos ambientales.

Otra motivación bastante fuerte que reconoce la valoración de los recursos naturales, a nivel institucional, durante los últimos años en Costa Rica, lo constituyen la creación del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), los centros de investigación públicos y privados, tendientes a fortalecer el desarrollo sostenible y el surgimiento de un sistema legal conformado por leyes: Ley Orgánica del Ambiente (1995), Ley Forestal 7575 (1996), Ley de Biodiversidad (1998), Ley 7593 de ARESEP (1996) y la reciente Ley de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Reventazón (2000). Toda esta situación nos lleva a concluir que existe una rica producción de normas jurídicas, en la que el gobierno de turno converge con la prioridad de la protección de los recursos naturales y el desarrollo sostenible en Costa Rica.

Un gran aporte a esta investigación, lo reflejan los estudios de caso de: Echeverría J., Aylward B. E. Porras I. (1997); Barrantes y Castro (1998) y Barrantes y Chaves (2000) para Costa Rica y Ecuador, donde, en el primero, utilizaron distintas técnicas de valoración y SIG para calcular externalidades hidrológicas en Costa Rica. En el segundo estudio internalizaron variables ambientales al recurso escaso, agua, calculando los costos ambientales de los servicios del bosque, y luego, con la técnica de valoración contingente, encontraron la disposición a pagar que, se expresó en un ajuste de la tarifa hídrica para los usuarios en la ciudad de Heredia. Este segundo estudio fue aprobado por la entidad de regulación nacional, para la Empresa de Servicios públicos de la provincia de Heredia. En el último estudio de caso, los autores hacen una valoración económica del daño en bosques y el costo de restauración de éstos en Ecuador. Esta importante literatura es en la que se fundamenta el presente trabajo, así como en experiencias internacionales y nacionales, con lo que se aporta con una información útil para investigadores, debido a que recopila en gran parte, el conocimiento teórico y práctico de lo que se realiza en otros países, importancia que de alguna manera contribuye al desarrollo investigativo más integral del novedoso campo ambiental en Costa Rica.

2.2 Aportes del presente trabajo

El ajuste de las tarifas de los servicios eléctricos propuesto debe permitir que la generación de éstos, se desarrollen en un marco competitivo y debe financiar el sistema de manejo, recuperación y protección del bosque en las partes medias y altas de las cuencas bajo estudio. Esto conlleva a crear incentivos económicos para que los dueños de la tierra cuiden los bosques, de tal manera que se logre un manejo sostenible de los recursos.

La tarifación actual que utiliza la empresa JASEC, requiere de un cargo complementario para cubrir los costos ambientales de protección y recuperación de las cuencas. La incorporación de este cargo complementario constituye un desafío adicional en la solución de los problemas de tarifación. Esta tesis contribuye con el análisis, para un horizonte de tiempo, de metodologías para asignar cargos por conceptos ambientales complementarios a la tarifa actual.

En este trabajo se considera la metodología de valoración denominada, *costos evitados*, basada en la simulación del comportamiento real de una empresa de generación y distribución de energía eléctrica, que requiere de financiamiento para el manejo sostenible de las cuencas de los ríos Birris y parte alta del río Turrialba. La metodología de valoración está tomada principalmente de las referencias Aylward y otros (1997); Gregersen et al (1997); Dixon et al (1992) y Seroa da Motta (1998) y se agrega como aporte real, la adecuación y aplicación de una propuesta de ajuste ambiental a las tarifas eléctricas de la empresa JASEC.

2.3 Cuencas hidrográficas y productividad hidroeléctrica

2.3.1 Cuencas hidrográficas

Ramakrishna (1997) define una cuenca como un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o "divisoria de aguas" se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. Campos (1987), citada por (Turcios, 1999) define la cuenca hidrográfica como una unidad territorial formada por un río principal con sus afluentes y por un área colectora de las aguas, donde están contenidos los recursos naturales básicos para las múltiples actividades humanas, donde todos estos recursos mantienen una continua y particular interacción con el aprovechamiento y desarrollo productivo del hombre. Una cuenca está conformada por componentes físicos, biológicos y antropocéntricos que interactúan entre sí, cuyos recursos naturales son renovables. Los reservorios de

agua (*lagos, lagunas, ríos*) albergan ecosistemas acuáticos que tienen un valor de existencia y que, por lo tanto, deben ser valorados en forma directa no comercial

Para entender mejor los factores y características de las cuencas a continuación se muestra en la figura 1, la percepción de la cuenca hidrográfica como sistema (CATIE, 1986; FAUSTINO, 1987) con ciertos elementos característicos cuyas interacciones forman la dinámica del sistema. En la se ve la consideración del sistema cuenca hidrográfica en cuatro subsistemas (biofísico, económico, demográfico, social) con ciertas propiedades como componentes de la interacción. En el marco de este estudio se trató más que todo de los elementos biofísicos y los elementos económicos de la cuenca

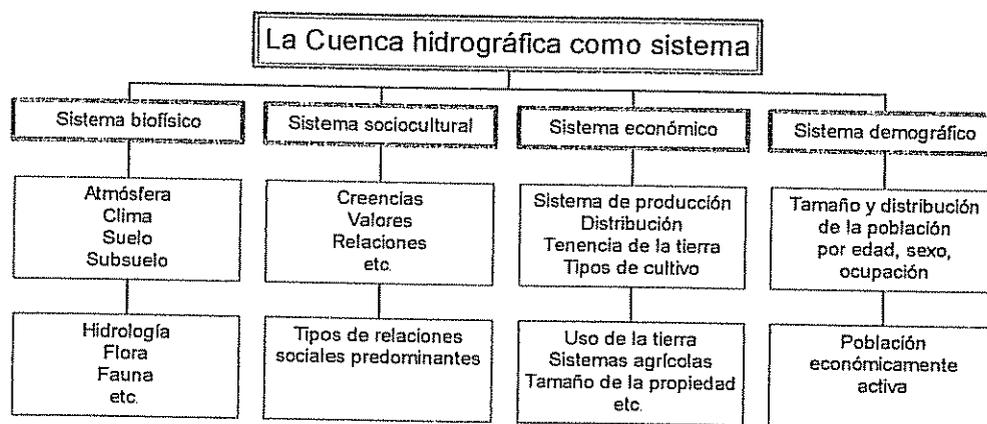


Figura 1: La Cuenca hidrográfica como sistema y sus factores determinantes principales, según CATIE (1986) y Faustino (1987).

2.3.2 Productividad hidroeléctrica

En Costa Rica, la electricidad se genera en varios tipos de plantas: hidrocentrales, termocentrales, eólicas, geotérmicas y solares. Las plantas térmicas usan combustibles fósiles (petróleo, carbón o gas natural). No sólo por la poca disponibilidad de combustibles fósiles en la región centroamericana, sino por la avanzada y costosa tecnología involucrada y sus efectos contaminantes, existe prioridad en la generación por medio de energía renovable que, incluye la hidroeléctrica, eólica, geotérmica y solar. Sin embargo, la energía hidroeléctrica ocupa el lugar más importante en cuanto a la utilización.

En Costa Rica las aguas superficiales se utilizan en su mayor parte para la producción de energía hidroeléctrica, suministro de agua potable, riego, recreación y control de inundaciones. Se estima que el agua destinada para generación de energía eléctrica es de unos 8.0 Km³ en un año típico. Por otro lado, en la Costa Atlántica de Costa Rica, que se caracteriza por un régimen de precipitación más uniforme a lo largo del año, por lo cual es la región más indicada para la instalación de plantas hidroeléctricas.

Es importante aclarar la diferencia entre Energía y Potencia. La energía es la capacidad de realizar un trabajo. Se expresa en términos de fuerza por distancia y su unidad típica es Kg-m. Mientras que Potencia es energía por unidad de tiempo. Su unidad son Kg-m/s, caballos de fuerza o Kilowatts. Sin embargo, el concepto de energía aplicado a la hidroelectricidad, se refiere a la energía producida por una turbina hidráulica usando el agua que fluye desde una alta o baja elevación. En este caso la energía se mide usualmente en múltiplos de vatio-horas (Turcios, 1999). Aplicando estos conceptos a los embalses hidroeléctricos, entran en juego otros conceptos como caudales, altura y eficiencia¹.

¹ Si se tiene un caudal constante de 6 m³/s una diferencia de altura constante de 25 metros y una eficiencia de 0.7, la potencia y la energía producida durante 24 horas sería: Potencia = 9.8nQH = 9.8 * 0.7 * 625 = 1029 Kw, mientras

Un proyecto de manejo de una cuenca deteriorada productora de energía, debe perseguir, como objetivo importante, la reducción de la tasa de erosión. La ausencia de este tipo de medidas conduce inevitablemente a la pérdida de productividad hidroeléctrica y reducción de la vida útil de los embalses.

2.4 Sistemas de tarificación eléctrica

La bibliografía disponible reconoce como sistemas de tarificación usuales aplicables en las distintas actividades del sector eléctrico los siguientes, Albouy (1985), Instituto Nicaragüense de Energía (1992), Bitu y Born (1993), Reynolds (1995):

2.4.1 Tarifa por el costo de servicio

Se define sobre la base del costo del servicio prestado compuesto principalmente por los costos de explotación, costos de conservación de activos y la rentabilidad del capital. Los costos de explotación consideran los costos de operación y mantenimiento de los bienes e instalaciones en servicio, los costos de conservación consideran la depreciación de los bienes e instalaciones en servicio y la rentabilidad del capital corresponde a un porcentaje sobre el costo de inversión en los bienes e instalaciones en servicio.

El costo del servicio es calculado basándose en datos e informaciones del tipo contable para el período en el cual se fija la tarifa, siendo el principal componente el costo del capital. A su vez el costo de capital es función directa del capital inmobiliario y de la tasa de rentabilidad.

2.4.2 Tarifa por el pasivo

Se obtiene a partir del balance de resultados de la empresa concesionaria considerando un costo compuesto por los costos de explotación, costos administrativos, costos financieros, dividendos y royalties. Los costos administrativos consideran los costos relacionados con la supervisión y administración del servicio eléctrico, los costos financieros consideran los intereses pagados y los montos de amortización de los préstamos y financiamientos usados en la formación de los bienes y servicios de electricidad y los dividendos corresponden al rendimiento de capital.

2.4.3 Tarifa por el precio

Esta tarifa se establece en función del precio ofrecido en la propuesta ganadora de una licitación para la concesión del servicio, con reglas de reajuste establecidas en la licitación. Esta tarifa no asegura una rentabilidad en el negocio.

2.4.4 Tarifa al costo marginal

Esta tarifa se determina a partir de un promedio de los costos marginales de cada suministro específico. El costo marginal corresponde al costo necesario para satisfacer el aumento marginal de carga. Se pueden establecer tarifas a costo marginal de corto y largo plazo. La tarifa de corto plazo corresponde al costo de suministro de una unidad adicional de demanda para el sistema eléctrico y se calcula generalmente para períodos anuales, reajustándose cuando se producen variaciones significativas en el. Por su parte, la tarifa de largo plazo corresponde al costo de abastecimiento de una unidad adicional de demanda considerando la expansión del sistema eléctrico, la variación de la calidad del servicio y la política de generación térmica.

que Energía = $P \cdot T = 1029 \cdot 24 = 24696$ Kw (Tomado de apuntes de clases del curso de Hidrología, 2001, profesor Hernán Solís, CATIE, Turrialba)

2.4.5 Tarifa integrada

Se obtiene a partir de la tarifa a costo marginal y considerando los aspectos financieros de la prestación del servicio eléctrico y otros relacionados con la determinación de las tarifas, tales como aspectos sociales, operacionales y políticos. Las tarifas a costo marginal son obtenidas considerando el comportamiento de la carga y costos marginales del sistema, incluyendo la generación, transmisión y distribución

Esta tarifa se le denomina integrada dado que considera los aspectos teóricos y prácticos relacionados con la determinación de la tarifa en forma conjunta

2.4.6 Tarifa por incentivos

Estas tarifas buscan promover el grado de eficiencia en las empresas. Uno de estos modelos está dado por el esquema inglés *price-cap* o RPI-X, en donde se controlan los precios cobrados por la empresa regulada en vez de sus utilidades. El plan de regulación de los precios requiere que los precios reales promedios de la empresa se reduzcan año tras año en un porcentaje definido y conocido como factor X o ganancia de productividad

Otro modelo está dado por la tarificación por comparación, en donde la tarifa regulada se establece a partir del estudio de costos de una empresa modelo que es eficiente en su política de inversiones y gestión, prestando un servicio de determinadas características de calidad y seguridad

2.4.7 Tarifa justa

Los exponentes de esta tarifa señalan que es aquella en la que los precios autorizados equivalen a las necesidades de que ingresos sean iguales a los costos, más la rentabilidad establecida o rédito de desarrollo. Los costos incluyen: los gastos de operación, los gastos de mantenimiento, depreciación, gastos administrativos y generales y la amortización por revaluación de activos. Esta estructura tarifaria persigue, podemos afirmar, metas de equidad, ya que las tarifas del sector residencial son más bajas que aquellas para el sector comercial. El criterio es favorecer a los grupos sociales de menores ingresos y con bajos consumos en el sector urbano y rural, por esta razón las tarifas aumentan con el Kwh consumido.

Como se deduce de lo anterior, en estos sistema de tarificación eléctrica no queda explícito, ni se incluyen los costos ambientales, lo cual sería el ideal para el manejo sostenible de una cuenca hidrográfica. En el presente estudio, sin embargo, es un reto las consideraciones de los costos financieros y ambientales

2.5 Externalidades ambientales

Una externalidad (economía externa), se produce cuando la actividad de una persona (o empresa) repercute sobre el bienestar de otra (o sobre su producción), sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido. Lo esencial en cualquier caso, es que quien genera una externalidad negativa no tiene que pagar por ello en un sistema de mercado, a pesar del perjuicio que causa; y que quien produce una externalidad positiva no se ve recompensado monetariamente (Azqueta, 1995:5, Pearce y Turner 1995). Por lo tanto, las externalidades ambientales son *efectos externos que se presentan cuando las acciones de un agente económico (una perturbación ambiental) afectan a las decisiones de otro agente.*

Por otro lado, los servicios ambientales en su mayoría son catalogados como bienes públicos, es decir, no puede *excluirse a alguien de su uso*, ya que no existen mecanismos para fijarle un precio al bien y por lo tanto, *no se puede impedir el disfrute del mismo*. Los bienes públicos *no son rivales*, lo que significa que cualquier persona tiene acceso al bien. El agua como servicio ambiental tiene la particularidad que

aunque posee un “valor”, este no es observable en el mercado, su precio efectivo parece ser “cero”, aunque su precio es mayor que cero Pearce (1985)

Los servicios ambientales que producen las coberturas boscosas se pueden considerar como externalidades positivas como se muestra en la Figura 2. Los ecosistemas forestales proveen bienes y servicios ambientales a la sociedad (a nivel local, nacional y regional) y algunos de estos bienes y servicios son utilizados en diferentes actividades económicas y transados en el mercado.

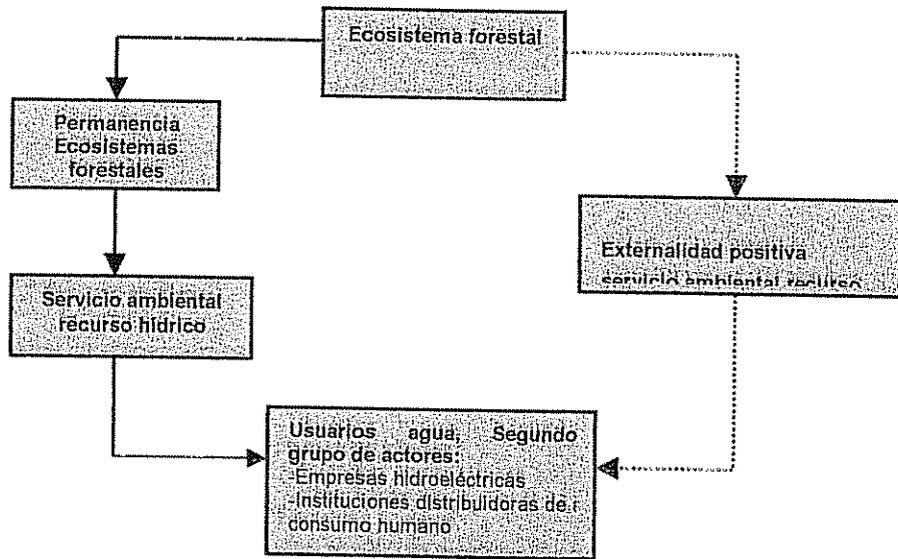


Figura 2. Servicio ambiental del recurso hídrico como externalidad positiva

No obstante, estos servicios son utilizados en el mercado sin ser internalizados, ya que los usuarios de estos servicios no están compensando en términos monetarios a los propietarios de los bosques privados y plantaciones forestales, que contribuyen al mantenimiento de los diferentes servicios ambientales en el tiempo. En el caso específico que nos compete en este estudio, el servicio ambiental de protección de las fuentes de agua, está siendo aprovechado como un insumo intermedio para la producción de energía eléctrica y para la distribución y uso del agua para el consumo humano, sin compensar a los propietarios de bosques privados.

Más recientemente, se habla de una compensación parcial a los productores de estos servicios. Por esta razón, en el mercado se han creado mecanismos que permiten la compensación parcial de los productores como son el establecimiento de convenios voluntarios por parte de empresas hidroeléctricas privadas y de carácter público con el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y en forma independiente. En síntesis, el bosque provee servicios ambientales que son usados por la sociedad para las diferentes actividades humanas.

2.6 Cantidad y calidad del agua

Seguindo a Stadtmüller (1994); Mourraille, Aylward y Porras (1996), quienes resumen la literatura mundial de los efectos y funciones hidrológicas más importantes de los bosques naturales tropicales, podemos extraer las siguientes conclusiones:

Es bien conocido que los bosques, por ser la vegetación con más cobertura, biomasa y altura, poseen tasas de evapotranspiración e intercepción de lluvias muy superiores a cualquier otro uso. Por lo tanto,

las cuencas forestales producen significativamente menos escorrentía que cuencas con otras coberturas o usos, valores indicados por Sánchez (1981), Cuadro 1, citado por Stadtmüller (1994)

Cuadro 1 Valores de escorrentía y erosión bajo diferentes coberturas/usos en el trópico (Sánchez, 1981)

Cobertura o uso de la tierra	Lugar	Pluviosidad (mm/año)	Pendiente (%)	Escorrentía superficial (% precip.)	Erosión (t/ha/año)
Bosque	Alto Volta	850	0.5	2.0	0.1
	Senegal	1200	4.0	0.3	0.1
	Costa de Marfil	2100	7.0	0.1	0.03
Cultivo	Alto Volta	850	0.5	2.0-32	0.6-0.8
	Senegal	1200	4.0	0.1-26	6.1-26
	Costa de Marfil	2100	7.0	0.5-20	0.1-90
Suelo descubierto	Alto Volta	850	0.5	40-60	10-20
	Senegal	1200	4.0	15-30	18-30
	Costa de Marfil	2100	7.0	38	108-170
	Colombia	2750	22.0	62	225.4

Fuente: Stadtmüller (1994).

Para Mourraille, Porras y Aylward (1996), en estudios realizados muestran que en el transcurso de un año la escorrentía producida por una parcela de pasto sería mayor que la producida por un bosque. La excepción es el caso de los bosques nubosos en donde es posible esperar que la captura de precipitación horizontal sea mayor que la diferencia en las tasas de intercepción vertical y de transpiración entre el pasto y el bosque. Del Cuadro 1 se puede deducir que, es innegable la importancia que tienen los bosques en la producción de cantidad y calidad de agua. Pero sobre todo, a una empresa hidroeléctrica le interesa, hasta cierto grado proteger laderas contra la erosión en masas, deslizamientos y taludes, debido a que estos fenómenos producen procesos erosivos en los ríos. Lo que se garantiza que, una cuenca cubierta con bosques naturales tropicales, generalmente los más altos requerimientos de calidad del agua, comparado con otros tipos de la tierra. Sin embargo, no hay que descuidar que existen varios mitos sobre las funciones hidrológicas de bosques naturales tropicales, los cuales deben ser aclarados:

-Los bosques naturales tropicales no aumentan la producción de agua, al contrario, la producción de agua de cuencas cubiertas por bosque es menor que en cuencas con otro tipo de vegetación bajo el mismo régimen de lluvia. -Los bosques naturales tropicales no son ninguna garantía contra inundaciones, especialmente no contra inundaciones provenientes de cuencas extensas. -Las cuencas cubiertas por bosques producen aguas de muy buena calidad por la alta capacidad de infiltración de los suelos forestales, las bajas tasas de escorrentía superficial y la falta de erosión acelerada.

Por otra parte, es necesario mencionar dos aspectos adicionales para aclarar el rol de los bosques en la calidad de las aguas:

- La presencia de bosques automáticamente significa la ausencia de usos intensivos (agricultura, potreros, industria) y por ende, de fuentes contaminantes
- La cobertura forestal juega un papel predominante en la calidad o contaminación de aguas (Brown, 1985). Si las riberas están cubiertas por bosques, generalmente, impiden que sedimentos producidos por procesos erosivos lleguen al río (Brunjnzeel *et al*, 1987).

Estas observaciones de gran peso científico, fortalecen las decisiones de protección de las cuencas con la presencia de bosques, y para el caso específico de las cuencas en estudio, donde la captación de agua es la razón principal de los embalses, el valor de existencia de los bosques se convierte en un componente muy importante. En este mismo sentido, cuando se habla de una disminución en el recurso hídrico

(Stadmüller, 1994, Reynolds, 1997:11) se refieren principalmente, a efectos en la calidad, que es producto de un proceso de degradación del recurso.

El concepto de "calidad del agua" generalmente se define de acuerdo a un determinado uso (agua potable, agua para riego, agua para producción hidroeléctrica, etc.) El agua que es apta para cierto uso, puede que no lo sea necesariamente para otro. Por ejemplo, el agua para riego debe tener baja concentración de sales, el agua para consumo humano debe tener un bajo contenido de organismos infecciosos y el agua para la producción hidroeléctrica debe tener baja carga de sedimentos. La calidad del agua se expresa con base en sus características físicas, químicas y biológicas en asociación con el material mineral y orgánico disuelto o en suspensión.

En el caso del proyecto hidroeléctrico JASEC, la externalidad hidrológica por cambios en la calidad de agua, es el impacto ambiental que sobrepasa e incide en la productividad de la empresa debido a la alta sedimentación en los embalses². La sedimentación en un embalse de regulación diaria (embalse que opera con una planta para atender los picos de demanda de electricidad) puede tener graves repercusiones económicas, debido a las restricciones de operación que introduce al sistema del cual forma parte. El problema se agrava si la planta se ve imposibilitada a producir su máxima potencia por la reducción del volumen del embalse, lo que puede dar lugar a la instalación forzada de una planta complementaria de alto costo, generalmente termoeléctrica, para responder a las exigencias de la demanda del sistema, que ya no puede ser satisfecha por la planta hidroeléctrica.

Por otra parte, la productividad de una planta hidroeléctrica está en función directa de la cantidad de masa de agua disponible en las cuencas, que puede ser captado por los embalses. Lo más grave es que se producen efectos negativos en la planta de generación hidroeléctrica, debido a que constantemente se acumulan sedimentos en el embalse, reduciendo la capacidad de almacenamiento del mismo. Esto representa pérdidas para la empresa, consecuencia del paro de la planta para la limpieza del embalse que se realiza de 8 a 12 días por año. Los sedimentos y materiales que se almacenan en el embalse alcanzan de 30,000 a 75,000 metros cúbicos y la empresa para poder limpiar los materiales y sedimentos del embalse, realiza un paro de funciones, lo cual implica una pérdida de generación.

Estudios más recientes de Alyward (1998) y Kaimowitz, D (2001) señalan que la erosión de los suelos agropecuarios genera ciertos costos de mantenimiento adicionales y la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua en las orillas de un embalse, lo que provoca pérdidas que no son muy significativas para las empresas hidroeléctricas en el mediano plazo. Aunque estas argumentaciones son ciertas, en largo plazo, la capacidad de almacenamiento del embalse y la capacidad de generación hidroeléctrica se vería afectada, sino se presta atención al control de la sedimentación. Es decir, un embalse puede llegar a un nivel de vida útil más rápido, dependiendo fundamentalmente de la acumulación acelerada de la sedimentación en el mismo, lo que puede provocar mayores costos ambientales para generar hidroelectricidad.

2.7 Métodos para la valoración de los servicios ambientales

En la actualidad, se torna difícil dar un valor a los recursos naturales que carecen de precios de mercado, por lo que se recurre a métodos que ayudan a determinar el valor de la naturaleza y de otros bienes públicos. Los métodos de valoración de los servicios ambientales que se plantean en esta sección íntegra se adaptan siguiendo a Dixon et al (1986), Azqueta (1994) y Gregersen et al (1997).

La valoración económica de bienes y servicios ambientales se auxilia de varias metodologías, Cuadro 2, la que podemos dividir en dos métodos de valoración: los llamados objetivos que, se basan en

² La subcuenca Birris tiene una tasa de sedimentación de 28.3 t/ha/año, la más alta en la gran cuenca Reventazón. Las principales causas que provocan esta alta tasa es el crecimiento progresivo de las actividades agropecuarias, el cultivo intensivo de la tierra y el aumento de la densidad poblacional.

indicadores técnico-físicos (cambios en productividad, costos de salud, capital humano, costos de reposición), mientras que los métodos subjetivos se basan en la percepción de los individuos "demandantes" de servicios ambientales (costos preventivos, precios hedónicos, costos de viaje y valoración contingente). Un aspecto muy importante para calcular las medidas de valor económico es que en cualquier análisis se pueden utilizar varias técnicas. Algunos ejemplos de aplicación de metodologías de valoración económica nos permite ilustrar la gama de posibilidades

Cuadro 2 Menú de Métodos de Valoración Económica

Método de Valoración	Efectos valorados	Bases para la Valoración
A) Valoración Objetiva		
1 Cambios en la productividad	Productividad (rendimientos del trabajo, del capital, de los recursos)	Técnico/físico
2 Costo de Salud	Salud (Morbilidad)	Comportamiento asumido
3 Capital Humano	Salud (mortalidad)	Técnico/físico
4 Costos de Reposición/ Reubicación	Activos de capital, activos de recursos naturales	Comportamiento asumido
B) Valoración Subjetiva		
1. Costos evitados o Inducidos	Salud, productividad, activos de capital, activos de recursos naturales	Comportamiento (Revelado)
2 Precios Hedónicos	Calidad ambiental, productividad, valor de la propiedad/ terreno	Comportamiento (Revelado)
3 Coste de Viaje	Activos de recursos naturales	Comportamiento (Revelado)
4. Valoración Contingente	Salud, activos de naturales	Comportamiento (Expresado)

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Dixon et al, 1986; Azqueta 1994; Gregersen et al 1997.

Los enfoques de valoración subjetiva se basan en preferencias reveladas o expresadas; están directamente referidas, desde el punto de vista económico, a las funciones individuales de utilidad. Sin embargo, en el caso de estos enfoques las restricciones en la información pueden introducir sesgos.

Mientras que los enfoques de valoración objetiva se basan en el conocimiento más objetivo sobre las relaciones de causa y efecto referidas al nivel de actividades ofensivas que pueden causar daño, los de valoración subjetiva dependen fuertemente de la extensión del conocimiento o la cantidad de información que las personas tienen respecto a los daños impuestos por diversas actividades.

El método del coste de viaje reconoce que para obtener algunos bienes o servicios, el consumidor debe enfrentar costos considerables (en tiempo y dinero). Por ejemplo, una experiencia recreativa puede implicar costes de viaje substanciales, así como recoger leña suelta puede requerir una cantidad de tiempo considerable. Se supone que el valor para el consumidor es por lo menos equivalente a los costes de viaje que el consumidor está dispuesto a enfrentar para obtener el bien o servicio deseado.

El método de los precios hedónicos calcula el valor a partir de los valores conocidos de otros bienes y servicios que están técnicamente relacionados con el bien o servicio que debe ser evaluado. Se supone que el valor de un bien o servicio puede ser estimado, a través de una relación técnica, por ejemplo, los valores de las casas pueden disminuir cuanto más nos acerquemos a una fuente de ruido, como a un aeropuerto.

El método de los costos evitados o inducidos Estos costos son llamados también costos de reemplazo. Este método considera que un bien o servicio producido en una determinada manera no puede tener un valor de beneficio económico más alto que el costo de producir el mismo bien o servicio de otra forma. Del mismo modo, un bien o servicio que ayuda a evitar otros costos no puede tener un valor económico más alto que el costo alternativo evitado. Esta metodología es la que se utiliza en este estudio para el

análisis de los costos de sedimentación, en éste caso, el supuesto es que la pérdida de la cobertura del suelo tiene una relación directa con el costo que representa para la empresa hidroeléctrica la sedimentación del embalse

El método de valoración contingente (MVC) o de mercados hipotéticos, permite determinar la disposición de los individuos a pagar por un bien o servicio ambiental. Consiste en presentar situaciones hipotéticas (contingentes) a individuos y preguntarles sobre su posible reacción a la mejora de una condición

Este método hace uso del concepto económico de “disponibilidad de pago” que, es uno de los métodos más aplicados y sugerido en la actualidad, por el Banco Mundial. La elaboración teórica de éste método pone mayor énfasis en la demanda del consumidor, y en el concepto de excedente del consumidor, dado un ingreso determinado. La idea es estimar lo que el consumidor está dispuesto a pagar por el suministro de electricidad.

El método de valoración contingente propone preguntar de una manera directa a los afectados las cantidades monetarias que ellos pagarían por un determinado beneficio ambiental, o que estarían dispuestos a aceptar como compensación por un cierto daño ambiental. El procedimiento para preguntar a los afectados puede basarse en cuestionarios directos o apoyarse en métodos más sofisticados (modelos econométricos); esto último se hace utilizando un juego de licitación o “bidding game” que hace un entrevistador, mediante un cuestionario en el que se incluyen preguntas socioeconómicas, sobre el estado de calidad, continuidad y cantidad del agua y otros aspectos. No obstante, en esencia, la valoración contingente se basa en preguntar a los interesados sobre sus deseos de pagar o aceptar, aunque el procedimiento general de articular las preguntas puede estructurarse de muy diferentes maneras

La valoración contingente permite utilizarse para la selección de inversiones, elección del nivel de servicio, estructura de tarifas y diseño del proyectos en análisis de costo- beneficio. En Costa Rica, se han realizado estudios de valoración contingente con mucho éxito, véase Shultz (1997). Otros estudios que podemos destacar son: “Cobro al usuario en zonas reservadas de Costa Rica”, 1991; “Precios a la entrada a los parques nacionales de Costa Rica”, 1995; “Valoración de los servicios sin precio de mercado proporcionados por los recursos biológicos de una zona reservada”, 1995; “Valoración económica del agua del Parque Nacional La Tigra”, 1996 y; “La disposición de pago para entrar a los parques nacionales de Costa Rica”, 1996. Cabe también destacar que para la presente investigación, se utilizó como referencias importantes los estudios realizados por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, ESPH (1999); Rodríguez (1989) y, Merayo (1999). Estos estudios hacen énfasis en la disposición a pagar de la población, por la reforestación e implementación de técnicas de conservación de suelos y agua.

2.8 Disposición de pago (DP)

En el campo de las ciencias sociales, para proceder al análisis del MVC, se utiliza muy a menudo, el modelo de regresión logística (o logit, en inglés) que no es tan conocido, pero en la práctica es de gran utilidad, además, no se requiere de un tamaño muestral grande, un elevado costo y de conocimientos especiales (Azqueta, 1994)

En términos generales, para calcular la disposición a pagar, se puede sugerir un modelo econométrico que relacione la disposición de pago como variable dependiente con el ingreso como variable independiente. Además del ingreso se pueden introducir otras variables que expliquen la disposición de pago y harían que el modelo sea más significativo. Un modelo es simplemente un conjunto de ecuaciones matemáticas. Si el modelo tiene una sola ecuación, se denomina modelo uniecuacional, mientras que si tiene más de una ecuación, se conoce como modelo multiecuacional. Si el modelo está dado, la estimación de los parámetros y la labor de prueba de hipótesis es trivial. Pero, la labor de determinar cuál es el modelo apropiado exige mucho esfuerzo, Gujarati (1999)

El supuesto de partida es que a mayor ingreso mayor es la disposición de pago, por lo que se espera que el coeficiente de la variable ingreso sea positivo. Aunque existe esa relación positiva, la disposición de pago tiende a convergir a un máximo dado que el objetivo de protección de bosques tiene un límite dado por el monto máximo necesario para su financiamiento. Sin embargo, también hay un nivel mínimo de ingreso al cual se puede asociar una disposición mínima a pagar por la protección y recuperación de la cuenca. El comportamiento de la disposición de pago (DP), en función de su ingreso, por simplicidad, puede ser:

$$DP = AY^\epsilon$$

Donde: A es el parámetro y ϵ es el coeficiente de elasticidad Y (Ingreso), con respecto a DP.

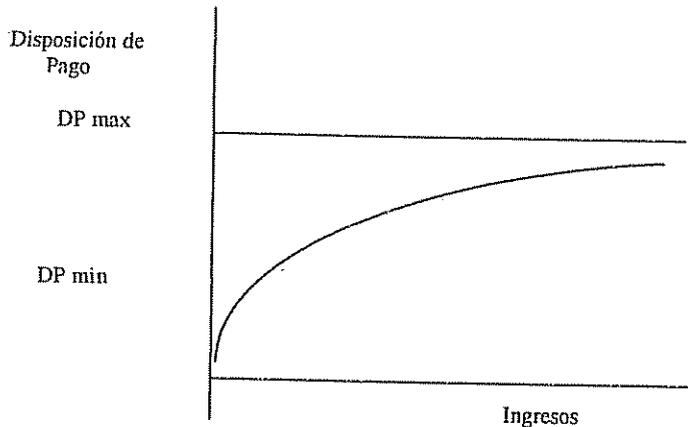


Figura 3 Curva de disposición máxima a pagar por una tarifa ajustada

Por lo mencionado anteriormente, el MVC puede ser combinado con procedimientos más sofisticados, como lo es el modelo de regresión logit que, en términos más generales, describe un patrón de respuestas positivas y negativas (“si / no”) que se obtienen a diferentes alternativas de dinero de disposición a pagar propuestas a los encuestados.

2.9 Técnicas de conducción de las encuestas para investigar la Disposición de Pago (DP).

Existen varias formas de conducir la investigación. Las técnicas más conocidas para la determinación de la DP en encuestas son:

- Listado de opciones, donde se presenta al entrevistado una serie de montos, solicitándole que marque el de su preferencia.
- Preguntas directas (abiertas) a los encuestados sobre la máxima voluntad de pago por un bien o servicio.
- Iterativo (juego de ofertas), mediante entrevista directa, donde se disminuye (o aumenta) un monto especificado, correspondiente a la disposición a pagar, hasta que el entrevistado cambia de opinión. Se toma entonces el monto máximo.
- Encuestas opcionales SI/NO o dicotómico (preguntas cerradas), donde se pregunta al entrevistado si está dispuesto a pagar una X suma por el recurso, donde X es una cifra aleatoria. Este es el formato actualmente más usado y el que recomiendan casi todos los autores.

Para la realización propiamente de las entrevistas se cuentan con varias estrategias o formas de encuestar, entre ellas:

- Cuestionarios enviados (y devueltos) por correo
- Entrevistas personales por teléfono.
- Entrevistas personales (cara a cara)
- Cuestionarios individuales, completados por los encuestados

2.10 Tratamiento de los sesgos en las encuestas

Hay varios tipos de sesgos que pueden representar potenciales problemas y que necesitan ser minimizados para que los resultados puedan ser confiables. A continuación se presentan unas breves referencias acerca de estos sesgos (Azqueta, 1994):

- Sesgo de información: la calidad de la información suministrada en un escenario hipotético de mercado casi seguramente afecta las respuestas recibidas. Este sesgo consiste en la presentación de una información poco objetiva o tendenciosa, influenciando así en la opinión del entrevistado. Una forma de reducir este tipo de sesgo es suministrando información lo más objetiva como sea posible.
- Sesgo del vehículo de pago: ocurre cuando la forma de pago propuesta no resulta familiar a la experiencia personal del entrevistado. En este caso la forma de evitar este sesgo es planteando una estrategia de pago que sea realística y familiar al entrevistado
- Sesgo del punto de inicio: ocurre en las encuestas del tipo iterativo (juego de ofertas), cuando la oferta inicial es muy baja (ó muy alta). Los resultados de una preencuesta, que ayude a determinar los rangos óptimos y los intervalos de confianza correspondientes, ayudan a minimizar el sesgo.
- Sesgo estratégico: ocurre cuando el entrevistado intenta con su respuesta influir sobre el resultado de la investigación, de tal manera que resulte beneficiado. Encuestas bien diseñadas, realistas (en ciertos casos asumiendo el formato dicotómico) y un proceso de edición de las mismas pueden ayudar a evitar el sesgo. De cualquier manera, se ha demostrado que el sesgo estratégico no es un problema significativo en la práctica.
- Sesgo de encuestas no respondidas: este problema está asociado con todos los tipos de encuestas, pero de manera especial, con las que se llevan a cabo por correo. Este es el caso de las personas que se rehúsan a responder y que por lo tanto es posible saber su opinión sobre el objeto de estudio e influenciar en el resultado final. Este problema puede ser superado con entrevistas personales.

2.11 Modelo de regresión múltiple

El análisis de regresión múltiple es el modelo tradicional que, se usa para probar hipótesis acerca de la relación entre una variable dependiente, Y , y dos o más variables independientes, X_s , y para predicción. La regresión múltiple se basa en el método de los mínimos cuadrados del error³, en el cual los estimadores tienen las siguientes propiedades estadísticas:

Son insesgados, tienen varianza mínima, son consistentes y tienen una distribución normal (Gujarati, 1999). En su forma teórica el modelo de regresión múltiple se representa, así:

³ El método de mínimos cuadrados se atribuye a Carl Friedrich Gauss, matemático Alemán, 1821

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_{n-1} X_{n-1} + \beta_n X_n + \varepsilon_i$$

Donde:

Y = Variable Independiente

α = Constante

X_1, X_2, \dots, X_n = Variables independientes

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ Coeficientes de regresión estimados

↗ Z: Log (Prob SI/ Prob NO)

ε_i : Error poblacional

Para estimar los coeficientes de regresión, sus errores estándar y algunas de sus propiedades, se ajusta la regresión o bondad del ajuste, a un conjunto de datos, es decir se trata de que tan bien se ajusta la línea de regresión a los datos. Se considera que los residuos alrededor de la muestra sean lo más pequeños posibles. El coeficiente de correlación, R, y su cuadrado, denominado coeficiente de determinación múltiple, R^2 , describe el grado de predicción de la variable dependiente Y, por el conjunto de variables independientes. Se realiza una prueba estadística F, en la que la variable de respuesta es independiente de todos los predictores. Un valor pequeño de probabilidad nos dice que, al menos una variable independiente afecta la variable de respuesta. Así, con el objetivo de analizar los efectos de cada una de las variables independientes sobre la variable dependiente se realizan pruebas de "t" individuales para cada predictor.

Existen pruebas como las de Durbin Watson, Breush Pagas, índice de inflación de la varianza y el índice de condición que permiten evidenciar problemas de autocorrelación, heteroscedasticidad y multicolinealidad en los modelos de regresión y así concluir que los coeficientes estimados del modelo cumplen con los supuestos del término del error del método de mínimos cuadrados del error (Gujarati, 1999)

2.12 Modelo de regresión logístico

El análisis de regresión logístico es una técnica multivariada que permite estimar la probabilidad que un evento ocurra o no, mediante la predicción de un resultado binario dependiente de un conjunto de variables independientes. En su forma teórica el modelo se puede representar, así:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon_i$$

Donde:

Z: Log (Prob SI/ Prob NO)

X_1, X_2, \dots, X_p son variables independientes

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son coeficientes de regresión estimados

ε_i : Error poblacional

$$P(z) = 1 / (1 + e^{-z})$$

$$e^{-z} = [1 / P(z)] - 1 \text{ ó } [1 - P(z)] / P(z)$$

$$Z = \text{Log } P(z) / [1 - P(z)]$$

La interpretación puede hacerse usando la razón de "chances" (en inglés *odds*), en la que los coeficientes β , de la regresión generan un efecto en la razón de probabilidad. Se aplica el antilogaritmo a ambos lados de la ecuación logística :

$$\{\text{Log (Prob SI) / Log (Prob NO)}\} = \alpha + \beta x$$

$$\text{Prob SI/ Prob NO} = e^{\alpha + \beta x} = e^{\alpha} \cdot (e^{\beta})^x$$

La relación exponencial implica que toda unidad incrementada en X tiene un efecto multiplicador de e^β en la razón de chances de obtener la característica de interés con relación a no obtenerla. Por ejemplo, si la razón es 2, se dice que existen “dos veces más chances de obtener la característica de interés que de no obtenerla”. Por último, al extraerse el antilogaritmo, se obtiene el antilogito que, es lineal en sus parámetros y, puede tratarse como continuo y puede tomar los valores entre $-\alpha$ y $+\alpha$ dependiendo del rango de x (Hosmer y Lemeshow, 1988)

Los modelos Logísticos, usando variables dependientes dicotómicas, tiene muchas ventajas, sobre otras técnicas para determinar la disposición a pagar. En muestras relativamente amplias, los coeficientes obtenidos por una regresión logística son insesgados y eficientes en relación con el término de perturbación estocástica. Tampoco se registran casos severos de multicolinealidad entre variables explicativas (Gujarati, 1999)

Existen varios índices estadísticos de R^2 que pueden ser usados para medir la bondad de ajuste de los modelos Logísticos (por ejemplo el R^2 de McFadden) o el estadístico de Wald para poder ser interpretados en forma similar a la prueba t asociada con los cuadrados mínimos del error. Asimismo, se ha demostrado que para modelos de variables dependientes dicotómicas, el R^2 como medida de la bondad de ajuste tiene un valor cuestionable (Gujarati, 1999). Medidas evaluativas más comunes en las regresiones LOGIT son: la prueba de Chi-cuadrado (CRC, 1989) y la tabla de comparación entre los valores observados y los predichos, que calcula el número y porcentaje de las predicciones correctas de la variable dependiente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Descripción del Complejo de Generación Eléctrica

El complejo tuvo su origen con el nacimiento de JASEC, el 12 de Octubre de 1964. Hoy en día consiste en dos plantas Birris I y Birris III; antes de construir esta última planta hubo otra planta, Birris II, que se encuentra fuera de funcionamiento porque fue sustituida por Birris III. Esta cadena de plantas son propiedad de la Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago, JASEC.

Las dos plantas funcionan en cadena, están localizadas en el cantón de Alvarado y aprovechan las aguas de los ríos de Turrialba y Birris. La capacidad combinada de generación de energía es de 98 GWH, aproximadamente el 5.3% de la producción nacional de energía. Su mercado natural es la ciudad de Cartago que consume toda la energía generada.

3.1.2 Descripción geográfica y física de la zona de estudio

Las cuencas de los ríos Birris y Turrialba, que son colindantes, están ubicadas al noreste de la ciudad de Cartago, donde se puede acceder por la carretera Cartago-Pacayas, Turrialba. Estas cuencas forman parte del sistema fluvial del río Reventazón y se originan en la vertiente sur en las estribaciones del macizo montañoso formado por los volcanes Turrialba e Irazú, entre las coordenadas geográficas $09^{\circ} 52' 48''$ y $10^{\circ} 00' 24''$ latitud norte, $83^{\circ} 46' 36''$ longitud oeste, correspondiente en proyección Lambert a 207350 y 222000 Norte, 551850 y 564200 Este, hojas topográficas Istarú y Tucurrique, en escalas 1:50000, mapas del Instituto Geográfico Nacional.

La elevación media de la cuenca de los ríos Turrialba y Birris son de 2400 y 2600 m.s.n.m., respectivamente. Estas cuencas en conjunto tienen una forma rectangular. El área de la cuenca Birris, PMRC (1999) es de una extensión total de 83.49 km^2 , está integrada por los distritos Pacayas, Cervantes y parte de Capellades del cantón de Alvarado; parte de los distritos Santa Rosa y Cipreses del cantón Oreamuno, y parte de los distritos Santiago y Cachí del cantón Paraíso. Para FONAFIFO, el área de la cuenca Birris es de 56.21 km^2 . En nuestros cálculos, el área de la cuenca Birris es de 54 km^2 . También en el área de la cuenca Turrialba hay diferencias en el área, ya que según datos de NEEF TILL, esta área es de 77.7 km^2 , mientras que según datos de PMRC(1999) el área de la cuenca Turrialba es de 162.64 km^2 .

Las diferencias sobre las distintas áreas se deben a las diferentes coordenadas y a que cada proyecto incluye sus áreas de interés, sin embargo, se utiliza información cruzada, con el objeto de obtener un análisis más consistente sobre las cuencas.

La cuenca Turrialba se ubica en el distrito central de Turrialba y parte de los distritos de Santa Rosa, Santa Cruz y Pavones. Esta subcuenca está bajo la influencia del régimen atlántico. Como característica particular esta cuenca no presenta una estación seca sino que hay lluvia todos los meses. Además, presenta dos picos de mayor pluviosidad y dos picos de menor lluvia. Esto se debe en parte a que está bajo la influencia de las ondas del este y afectada por los vientos alisios del norte y frentes fríos. En general, las cuencas se ven poco influenciadas por las condiciones climáticas de la vertiente del Pacífico. Sino que están influenciadas climáticamente, por la vertiente Atlántica que, ingresa por el cañón del río Reventazón, Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas de JASEC(1993).

3.1.3 Precipitación

Para las cuencas se revisó información de varias estaciones climatológicas, principalmente de las estaciones climatológicas de Pacayas y Turrialba. La zona de estudio tiene una cantidad promedio de precipitación que oscila de los 1.400mm a 2.600mm. El período lluvioso se inicia en mayo y disminuye en enero, siendo los meses de octubre a diciembre los de mayor precipitación con 250 a 350 milímetros (Figura 4). El período menos lluvioso se enmarca de enero a abril, siendo marzo el mes más seco con un promedio de 50 mm. Los meses de marzo y abril son de transición entre períodos de alta y baja pluviosidad.

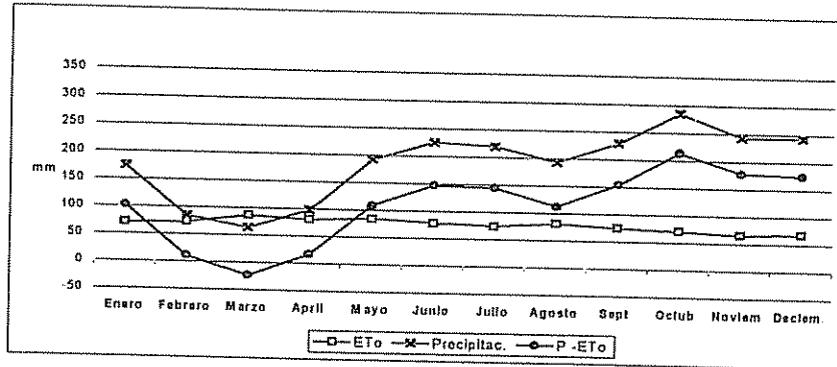


Figura 4. Datos agroclimáticos (Estación Pacayas)

3.1.4 Zonas de Vida en el área de estudio

La caracterización de las zonas de vida (L.S. Holdridge) predominantes en el área de estudio para cada una de las subcuencas, muestra la siguiente clasificación:

Cuadro 3 Descripción de las Zonas de Vida de Holdridge localizadas en la cuenca del Río Birrrís (2001)

Zonas de Vida	Área (Ha)	% de la cuenca	Precipitación media anual	Biotemperatura (°C)
bmh-MB	2641.540	31.3	1850 y 4000	12 y 17
bmh-P	2116.750	25.08	2000 y 4000	17 y 24
bh-P	1687.040	19.99	1200 y 2200	17 y 24
bh-MB	587.170	6.96	1400 y 2000	12 y 17
bmh-M	416.495	4.93	1800 y 2300	9 y 12
bp-MB	13.593	0.16	>3600 y de 7500 a 8000	12 y 17
bp-M	978.135	11.59	2200 y 4500	6 y 12
Total	8440.723	100.00		

Fuente: Elaborado con base los mapas de Zonas de Vida, Centro Científico Tropical, 1998.

bmh-MB: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo

bmh-P: Bosque Muy Húmedo Premontano

bh-P: Bosque Húmedo Premontano

bh-MB: Bosque Húmedo Montano Bajo

bmh-M: Bosque Muy Húmedo Montano

bp-MB: Bosque Pluvial Montano Bajo

bp-M: Bosque Pluvial Montano

Cuadro 4 Zonas de Vida de Holdridge localizadas en la cuenca del Río Turrialba (2001)

Zonas de Vida	Área (Ha)	% de la cuenca	Precipitación media anual	Biotemperatura (°C)
bmh-P	9962 530	63 78	2000 y 4000	17 y 24
Bmh-MB	3538 980	22 66	1850 y 4000	12 y 17
bp-M	942 229	6 03	2200 y 4500	6 y 12
bh- T	808 546	5 18	1950 y 3000	24 y 25
bp-MB	368 292	2 36	>3600 y de 7500 a 8000	12 y 17
Total	15620.577	100.00		

Fuente: Elaborado con base los mapas de Zonas de Vida, Centro Científico Tropical, 1998

- bmh-P: Bosque Muy Húmedo Premontano
- bmh-MB: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
- bp-M: Bosque Pluvial Montano
- bh-T: Bosque Húmedo Tropical
- bp-MB: Bosque Pluvial Montano Bajo

Cuadro 5 Categorías y Criterios para Calificar

Porcentaje del Área	Criterios Utilizados	Simbología
0-20	Poco importante	(ZV-Pi)
21-60	Medianamente importante	(ZV-Mi)
61-100	Altamente importante	(ZV-Ai)

En la cuenca Birris se localizan y clasifican como zonas medianamente importantes (ZV-Mi) el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, el Bosque Muy Húmedo Premontano, y además en este último se ubica el embalse Birris. El Bosque Húmedo Premontano y Bosque Pluvial Montano son calificados como (ZV-Pi); con el 31 3%, 25 1%, 20% y 11 6% del área respectivamente. Existen en esta cuenca dos centros de población importantes, Pacayas, que se ubica en la Zona de Vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo y Cervantes, que se ubica en el Bosque Húmedo Premontano. Para la cuenca Turrialba, se calificó el bioclima Bosque Muy Húmedo Premontano clasificado como Zona altamente importante (ZV-Ai) porque predomina en esta subcuenca con la influencia en el 63 8% del área y presenta considerable población. Se encuentran también el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo 22 7% calificado como (ZV-Mi) y el Bosque Pluvial Montano y el Bosque Húmedo Tropical en transición a Premontano, calificados como ZV-Pi con 6 0 y 5 2% del área total de la subcuenca, así como el Bosque Pluvial Montano Bajo (ZV-Pi) con un 2 4%



Figura 5: Cobertura vegetal del área de estudio Cuenca del río Birris
Fuente: Elaboración propia

El área de interés del estudio, corresponde al análisis de la parte media-alta de la cuenca del río Birris y la parte alta de la cuenca Turrialba. En estas áreas, más del 70% de los terrenos son inclinados, cerca de los cauces de los ríos se presentan pendientes de 100% y en ocasiones con cortes verticales ligados a afloramiento de coladas de lava, con predominancia del relieve muy quebrado, mayor del 60%, Pre-diagnóstico de JASEC (1991). Es importante resaltar que en las cuencas no existen prácticas apropiadas de manejo y conservación de suelos en forma extensiva, observándose éstas sólo en pequeñas áreas de agricultura intensiva. A pesar de que los agricultores tienen conciencia de esta problemática, la misma no pareciera preocuparles mucho, ya que los suelos en la parte altas de la margen izquierda son muy profundos, ricos en materia orgánica y fértiles, situación que se explica también, por el constante aporte de cenizas volcánicas del volcán Irazú, que rejuvenece los suelos periódicamente.

Debido a la topografía de los terrenos, también la precipitación y las temperaturas varían mucho, y además la diversificación ecológica alcanza un nivel alto. Siguiendo el esquema de Holdrige (1972) se encuentran las siguientes cinco zonas de vida en el área de la cuenca Turrialba: Bosque muy húmedo – premontano, Bosque muy húmedo – montano bajo, Bosque muy húmedo – montano, Bosque pluvial – montano – transición a muy húmedo, Bosque pluvial - montano. Sin embargo, la zona del bosque muy húmedo – premontano tiene la mayor importancia, ya que incluye como dos tercios del área total, Calvo (1993); Jiménez (2000).

3.1.5 Tenencia de Tierra

Para este análisis, se utilizó la información base del Programa de Manejo Integral de la Cuenca del río Reventazón, PMRC (2000). El área de la cuenca Birris es de aproximadamente 7017 ha y se encuentra entre las comunidades de Pacayas, parte de Capellades ambos del Cantón Alvarado, Cervantes, El Yas, La Flor y Santiago del Cantón Paraiso.

La cuenca Birris está conformada por tres microcuencas: La microcuenca 3N-1d, Quebrada Pacayas con un área de 2203 ha, la microcuenca 3N-1n. Birris Naciente con un área de 2666.23 ha y la microcuenca 3N-2d, Birris, con un área de 2148 ha. En la cuenca Birris, el número de fincas estimadas incluidas las tres microcuencas es de 530 fincas, con diversificaciones de cultivos.

En esta cuenca se encuentra la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central y en la parte baja las Plantas Hidroeléctricas de Birris 1 y Birris 3. En la cuenca Birris, la microcuenca 3N-1d, representa 31% del área total de la cuenca Birris. El 50% del suelo de esta microcuenca está destinado a sistemas de producción ganadera, lo cual indica lo importante de la actividad en la misma, la horticultura ocupa el 40%. El café no se cultiva en la microcuenca al igual que la caña de azúcar.

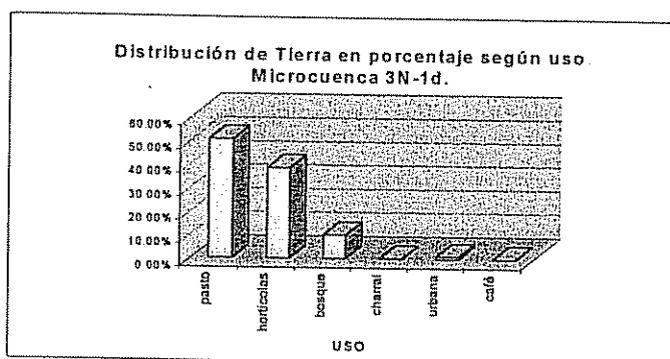


Figura 6 Distribución de tierra en porcentajes según uso. microcuenca 3 n – 1d

La microcuenca 3N-2d representa el 30.5% del área total de la cuenca Birris. La producción hortícola es la más importante de las actividades que se desarrollan en la microcuenca, la ganadería ocupa un área similar a la producción hortícola.

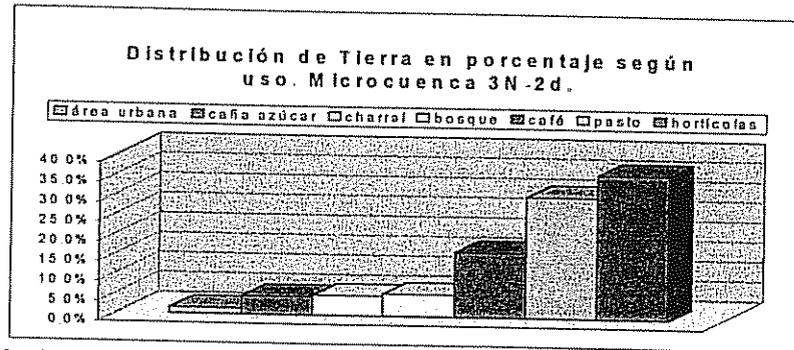


Figura 7 Distribución de tierra en porcentajes según uso. microcuenca 3 n – 2d

La microcuenca 3N-1n, representa el 38.5% del área total de la cuenca Birris, 3N. En esta microcuenca hay predominio del bosque con el 37.4%, la ganadería con un 35.8% y los cultivos hortícolas ocupan el tercer lugar en importancia. Como puede observarse, el café y la caña de azúcar no tienen una producción en gran escala.



Figura 8 Distribución de tierra en porcentajes según uso. microcuenca 3 n – 1n

Por último, la microcuenca de interés, en la parte alta de la cuenca Turrialba, representa el 18.84% del área total de la cuenca. La ganadería es la actividad primordial que se desarrolla en la microcuenca, el bosque es la segunda actividad importante que ocupa el uso del suelo, las hortalizas son muy representativas en las actividades, la caña de azúcar y el café son casi inexistentes.

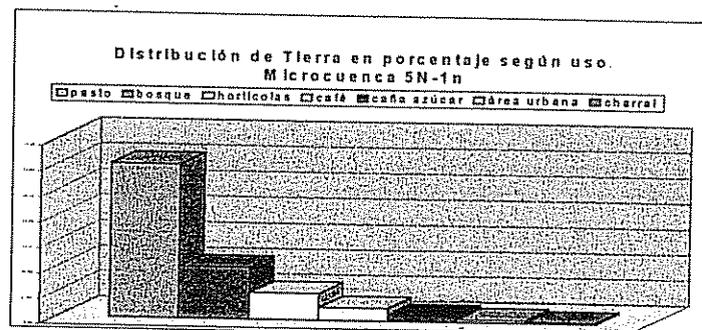


Figura 9 Distribución de tierra en porcentajes según uso. microcuenca 5 n – 1n, turrialba alto

El área forestal de interés en la cuenca Birris corresponde a un total de 2053 hectáreas. El siguiente Cuadro resume el uso del bosque por microcuencas, que sirve para elaborar una propuesta de protección de esas áreas forestales.

Cuadro 6 Resumen del uso del suelo en Bosque por ha/ microcuencas de la cuenca Birris

Microcuencas Uso/Bosque	Ha	Porcentaje
Birris 3N1d	218.9	16%
Birris 3N2d	120.8	9% ⁰ %
Birris 3N-1n	1019.81	75%
Sub-total	1359.51	100.00%
Turialba 3N-1n	693.56	100.00%
TOTAL	2053.07	100.%

Fuente: Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, PMRC (2000)

3.1.6 Actividades productivas en las cuencas

La principal actividad en las partes altas y medias de la cuenca Birris que ocupa un área importante, está dedicada a los cultivos anuales y la horticultura las que juntas participan con el (39% cada una). Mientras que el cultivo del café sólo ocupa el 19% (Ver Cuadro 7).

Cuadro 7 Distribución de los cultivos cuenca Birris

	Cultivo	Área cultivada	
		ha	%
Cultivos anuales	Papa	876	27%
	Cebolla	125	4%
	Zanahoria	125	4%
	Otras hortalizas	125	4%
	Maíz	150	5%
	Frijol	626	19%
	Otros	476	15%
	Total	2503	77%
Cultivos permanentes	Café	608	19%
	Caña de azúcar	109	3%
	Macadamia	7	0.0001%
	Chayote	6	0.0001%
	Otros	0	0.0001%
	Total	731	23%
Todos cultivos		3234	100%

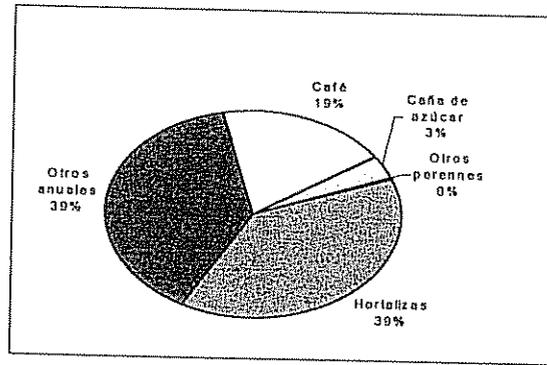


Figura 10 Resumen de la distribución de los cultivos Cuenca Birris (en Porcentajes)

La cuenca Turrialba tiene una superficie geográfica de 16264 ha. La superficie neta cultivada es de 5717 ha sea 35% del área total, con 4903 ha (30%) de cultivos perennes y 814 ha (5%) de cultivos anuales. Las principales actividades de esta cuenca se reparten entre el cultivo de café (53%) y de caña de azúcar (20%). En la cuenca Turrialba, la principal actividad es la ganadería de leche. Sin embargo, los cultivos se reparten una parte significativa: café (53%) y de caña de azúcar (20%). Ver cuadro y figura siguiente.

CUADRO 8 Distribución de los cultivos, Cuenca Turrialba

	Cultivo	Area cultivada	
		ha	%
Cultivos anuales	Papa	24	0%
	Cebolla	24	0%
	Zanahoria	12	0%
	Otras hortalizas	12	0%
	Maíz	183	3%
	Frijol	732	12%
	Otros	232	4%
	Total	1221	20%
Cultivos permanentes	Café	3247	53%
	Caña de azúcar	1239	20%
	Macadamia	196	3%
	Chayote		
	Otros	221	4%
Total	4903	80%	
Todos cultivos		6124	100%

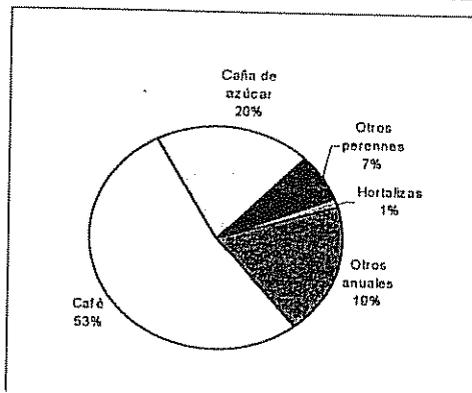


Figura 11 Resumen de la distribución de los cultivos cuenca Turrialba (en porcentajes).

3.2 Metodología

La metodología⁴ de investigación contemplará el desarrollo, sistematización y análisis de los siguientes cinco aspectos: *i)* análisis de la situación de las cuencas hidrográficas oferentes del servicio hídrico a JASEC y el ciclo hidrológico para la obtención de la oferta de aguas en el área de estudio. También se analizará el potencial hídrico, caudales y competencia en área de estudio por el recurso hídrico *ii)* Se determinarán los costos ambientales asociados (protección y recuperación de cuencas) y se analizará la mejor opción para aplicar un mecanismo financiero sostenible, que va a considerar en *iii)* la voluntad de pago del consumidor, tomada en cuenta a la vez para *iv)* proponer un ajuste tarifario que internalice los componentes ambientales, para lo que se considerará *v)* la propuesta de un fideicomiso que administre los fondos por servicios ambientales y las variables asociadas a la tarifa ambientalmente ajustada

El estudio se dividió en dos etapas con la finalidad de clasificar y ordenar la información obtenida. La primera comprende la recolección de fuentes secundarias y la segunda la recolección de fuentes primarias

3.2.1 Recolección de fuentes secundarias

Esta se realizó por medio de una revisión bibliográfica. Para obtener información actualizada se consultaron instituciones de Costa Rica, como la biblioteca Conmemorativa Orton y personal técnico del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Centro Científico Tropical (CCT), Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE), Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, Ministerio del Ambiente, FONAFIFO, Ministerio de Agricultura, Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Además, se efectuó una consulta a expertos en valoración económica⁵ en forma personal. De los expertos consultados, en cuanto al uso de metodologías como métodos preferidos para valorar el recurso hídrico, el 90% emitió su opinión inclinándose por la aplicación de metodologías objetivas, basadas en precios de mercado, tales como costos de reemplazo y costos de mantenimiento. En cuanto a metodologías subjetivas, el mismo porcentaje expresó su opinión favorable por el uso de valoración contingente. En resumen, la mayoría de los estudios consultados utilizan la metodología de valoración contingente o disponibilidad de pago.

3.2.2 Recolección de fuentes primarias

Esta etapa se realizó por medio de una encuesta, con base en los objetivos e hipótesis de la investigación. El estudio propone un proyecto para reforestar las cuencas productoras de agua, y a la vez explica el beneficio indirecto que proporcionará a mediano y largo plazo el manejo sostenible de las cuencas hidrográficas del área de estudio. Después de una serie de preguntas socioeconómicas en la encuesta, se preguntó: ¿Cuánto estarían dispuestos a contribuir o a pagar para que se realice el proyecto de reforestación, ya que si se sustituye la producción hidroeléctrica por energía térmica implicaría mayores costos en la tarifa de energía? Después de realizar la encuesta con una muestra de consumidores de electricidad, se determinó la proporción de consumidores con voluntad de pago y el rango de los montos en moneda nacional. Una metodología similar fue utilizada por Salgado (1996), para determinar la

⁴ El método científico es el procedimiento o conjunto de procedimientos que se utilizan para obtener conocimientos científicos, el modelo de trabajo o pauta general que orienta la investigación. El estudio del método - o de los métodos, si se quiere dar al concepto un alcance más general - se denomina metodología, Diccionario de la Real Academia Española (2001)

⁵ Lista de expertos consultados, véase anexo de este estudio.

disposición de la población de Tegucigalpa a pagar por la reforestación e implementación de técnicas de conservación de suelos y agua en el cerro La Tigra, que produce agua para la población urbana de esa capital Hondureña.

3.2.3 Análisis espacial

La información básica espacial utilizada proviene de dos fuentes principales: i) cartografía básica y temática del área elaborada por fuentes oficiales y estudios realizados en la zona por otros autores, e ii) interpretación propia de una serie de fotografías aéreas y satelitales del año 1998, que cubrió el área de estudio. Esta información fue suministrada por la oficina de Sistemas de Información Geográfica de CATIE. Todas las fotografías seleccionadas fueron procesadas y rectificadas, mediante el software Arc View (ESRI, 1996). En este estudio se identificaron las áreas de bosques y las áreas sin cobertura vegetal mediante el uso del SIG, mapas topográficos e información secundaria sobre las cuencas.

3.2.4 Ciclo hidrológico y oferta hídrica

Para determinar el ciclo hidrológico y calcular la oferta hídrica se requirió información de precipitación mensual y anual en las estaciones cercanas al área de estudio, así como de caudales promedios de los ríos Birrís y Turrialba, utilizándose las fuentes de información del Instituto Costarricense de Electricidad y el Proyecto de Manejo de la Cuenca Reventazón.

La cantidad de energía que se puede generar en un periodo dado, depende del potencial de almacenamiento de los embalses de JASEC y el flujo de agua que entra a los mismos, sea de escorrentía anual o estacional. Para entender el efecto de diferentes tipos de vegetación y uso de la tierra sobre la escorrentía se emplea el concepto de balance hídrico. En términos sucintos, la escorrentía es igual a la precipitación, menos la pérdida de humedad por evapotranspiración. La evapotranspiración es el total de agua convertido en vapor por una cobertura vegetal; incluye la evaporación desde el suelo, la evaporación del agua interceptada y transpiración por los estomas de las hojas, tomando en cuenta cambios en el almacenamiento de agua subterránea, Stadtmüller (1994).

Como primer paso, para el cálculo de la oferta disponible, fue necesario considerar la precipitación anual que, es la cantidad total del agua líquida o sólida que cae de la atmósfera, Diccionario Larousse (Junio, 1999), a la que se deduce el monto de la evapotranspiración y se adiciona, el agua de los depósitos naturales y la escorrentía superficial y subterránea. Estos factores generan el balance hídrico que influyen en el ciclo hidrológico. Además, el cálculo para la oferta de aguas, requirió de información pluviométrica y cartográfica de las cuencas. Dicho cálculo se puede sintetizar de la manera siguiente:

- Precipitación en la cuenca
- Evapotranspiración
- Recarga a acuíferos
- Escorrentía⁶ superficial y subterránea.

⁶ La escorrentía es el agua que fluye sobre la superficie del suelo por efecto de la gravedad y que llega a la desembocadura de la cuenca mediante diferentes cursos de agua, Reynolds (1997)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cálculo de la oferta hídrica en las cuencas:

Para calcular la oferta hídrica en las cuencas de los ríos Birris y Turrialba, se debe partir de la conceptualización del *ciclo hidrológico* (Figura 12), con sus particularidades específicas: energía solar, temperatura, lluvia y evapotranspiración, presentes en la ubicación de las cuencas (Odum 1986). Se pretende saber la oferta hídrica total y disponible de la zona, con el objetivo de detectar, posibles competidores por el recurso agua (agua para consumo humano, riego, etc) y el consumo de otros usos no hidroeléctricos, para de esta forma obtener el potencial de los recurso hídricos para JASEC, en las cuencas. El conocer la oferta de aguas es de mucha importancia para una buena administración de ese recurso

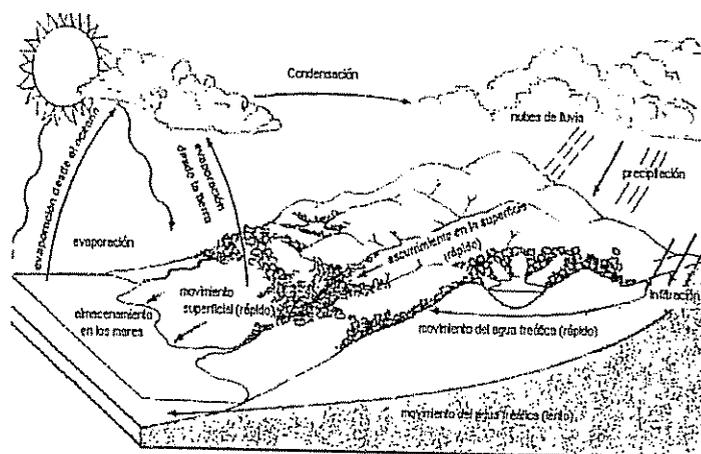


Figura 12: El Ciclo Hidrológico

Fuente: Miller (1996: 115)

Las precipitaciones registradas (lo que llueve en todo el año), en el cuadro 9, son el punto de partida para calcular la oferta hídrica. Haciendo una abstracción de otros factores que inciden en la precipitación, esta situación muestra que llueve más de 1000mm, lo cual no da serios problemas desde el punto de vista hidrológico. Para el cálculo de la oferta, se considera la precipitación presente en el 50% del área de importancia hídrica, para la cuenca Birris (el área de interés es la parte media y alta de la cuenca) y el 18.84% que corresponde a la parte alta de la cuenca Turrialba.

Cuadro 9 Área, Precipitación y Coeficiente de Escorrentía de las Cuencas en el Área de Estudio

Cuenca	Área de Drenaje (Km ²)	Área (Has.)	Precipitación Anual (mm)	Coeficiente de Escorrentía
Birris	84.40	8440	2040	0.50
Turrialba	156.20	15620	2923	0.52
Total	240.6	24060	4963	0.51

Fuente: Adaptado de ICE-Angostura. Plan de Manejo Integral de Cuenca del Río Reventazón, (PMCR) 1999 Tomo IV.

Para el caso de las cuencas de: Birris (8440ha*0.5 = 4220ha) y Turrialba (15620ha*0.1884 = 2943ha),

$$\text{y aplicando la ecuación 1} \quad OT = \sum_{i=1}^n P_i * A_i$$

Donde: OT: Oferta total hídrica en el área de importancia (millones de m³/año)

P_i : Precipitación en la cuenca i (m³/año)

n : Número de cuencas (Biris y Turrialba)

A_i : Área de la cuenca i (Has)

se obtiene la oferta total calculada en 172.1 mill m³/año, denominada también precipitación total. En forma matemática se expresa:

$$OT 1 = \{ (2.040 * 42200000) + (2.923 * 29430000) \}$$

$$OT 2 = 86.08 + 86.02 = 172.1 \text{ mill m}^3/\text{año}$$

Notas sobre la ecuación:

1/ Las hectáreas se convierten a metros cuadrados (m²), por ejemplo 4220ha. son equivalentes a 42200000m² y los 2040 milímetros son equivalentes a 2.040 metros (m), para obtener el producto en metros cúbicos (m³)

2/ Se divide por 1000000, para expresar los resultados en millones de metros cúbicos por año

Para calcular la oferta disponible en las cuencas en estudio (Cuadro 10) se considera que la evotranspiración real promedio del área de estudio es de 26.40% de la precipitación total (Reynolds 1997). La evapotranspiración real en otros estudios oscila entre un 50% a 25% del total de precipitación, Aylward et al (1997) en un estudio sobre la Cuenca Arenal y Río Chiquito.

La oferta disponible se obtiene de la diferencia entre la precipitación total y la evapotranspiración que es de 125.67 mill m³/año. De esta escorrentía total, 49.27 mill m³ de agua por año recargan acuíferos y 77.4 mill m³ de agua que escurre superficialmente. De esta oferta disponible, en los embalses se están aprovechando para generar hidroelectricidad 53.92 mill m³ /año de agua. En el caso de las cuencas en estudio, la oferta disponible es diferente a la oferta potencial real, ya que no se puede disponer de toda el agua potencial. La principal razón que puede explicar esta situación es que no toda el agua que fluye por los cauces naturales puede ser controlada. Además, las aguas subterráneas no se pueden usar completamente por imposibilidades tecnológicas.

Cuadro No. 10 Balance hídrico en el área de estudio

Concepto	Cantidad mill.m ³ /año	Porcentaje con respecto a la precipitación
Precipitación	172.1	100.0
Evapotranspiración real	45.43	26.40 ⁽¹⁾
Recarga a acuíferos	49.27	28.63 (2)
Escorrentía	77.4	44.97 (3)

(1) Porcentaje obtenido de la evapotranspiración registrada en la cuenca del río Grande de Tárcoles (Reynolds, 1997).

(2) Porcentaje de recarga en la cuenca del Tárcoles (Reynolds 1997).

(3) Equivale al resto del agua precipitada.

Fuente: Elaboración propia con datos calculados con base en datos pluviométricos y cartográficos del PMCR, 1999, en proporción con el área de estudio.

Las altas tasas de recarga de acuíferos favorecen aguas de alta calidad provenientes de cuencas con cobertura forestal, debido a la presencia de cobertura boscosa y sus efectos en el sistema radicular (raíces) de las plantas y el efecto esponja de los bosques para retener agua. Stad Müller (1994). Véase también trabajos realizados para el proyecto CATIE, COSUDE, Silvicultura de Bosques Naturales en sus Áreas Experimentales (1994).

4.2 Recursos hídricos en el área de estudio, su potencial de desarrollo y calidad

El Cuadro 11 muestra el análisis de demanda de los recursos hídricos. Para obtener el volumen de producción mínimo de agua producidos en ($m^3/año$), se multiplica el caudal promedio (m^3/s), por la cantidad de segundos que tiene un año (31536000 seg/año), con lo que se obtiene el volumen de producción de agua mínima en la cuencas de 85 15 y 236 52 mill $m^3/año$, en las cuencas Birris y Turrialba, respectivamente

Cuadro 11

Demandas de agua para consumo humano y disponibilidad mínima de agua en el área en estudio

<i>Cuencas</i>	<i>Vol. De Agua producción mínima de las cuencas (mill. m³/año)</i>	<i>Caudal Promedio (m³/s)</i>	<i>Pobla-ción Año 1998</i>	<i>Demanda Año 1998</i>	<i>Pobla-ción Año 2015</i>	<i>Demanda Año 2015 (m³/s)</i>
Birris	85.15	2.7	15463	0.04	23725	0.07
Turrialba	236.52	7.5	43336	0.12	69782	0.20
Total			58799	0.16	93507	0.27

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de ICE-Angostura-Plan de Manejo Integral de Cuenca del Río Reventazón, (PMCR) 1999 Tomo IV.

En relación a la demanda de agua para consumo humano, las cuencas en su conjunto poseen caudales mínimos que exceden ampliamente las necesidades de este recurso. Por ejemplo, para el año 1998 la demanda es de un valor insignificante, de 0.16 m^3/s y, para el año 2015 se incrementa sólo a 0.27 m^3/s . Además, hay que hacer notar que debido a la calidad del agua en muchas fuentes, Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón (1999); podemos afirmar que, las poblaciones no compiten con el recurso hídrico, pues las poblaciones toman el agua para abastecimiento humano de nacientes, de muy pequeñas presas a filo de agua con pequeñas corrientes no contaminadas, de manantiales subterráneos y de pozos. Es decir, no hay competencia por el agua en el área en estudio. Esto se corrobora si comparamos que el caudal disponible sobrepasa las necesidades para consumo humano. Si se compara el caudal Birris (2.7 m^3/s) con la demanda para el año 2015, queda un excedente de 2.63 m^3/s . Además, si de este valor, restamos 1.71 m^3/s que se utilizan desde el embalse "Capellades", en la cuenca del Birris III y, que en cascada pasa al embalse "Lago Sur" en la planta Birris I, queda un caudal neto de 0.92 m^3/s , el que podría ser utilizado para consumo animal, industrial y agrícola. Aunque no hay cifras de agua para consumo animal e industrial, se considera que este valor no es muy grande (PMRC, 1999). Por último, para fines hidroeléctricos, vale la pena decir que, la cuenca Turrialba no es aprovechada en toda su extensión, sino solamente en su parte alta.

4.3 Cambio en la productividad: hidroelectricidad y servicios hidrológicos

La cantidad de agua que existe en los embalses son variables consideradas muy importantes en la generación energética, por esta razón, vale la pena analizar la relación de metros cúbicos de agua (m^3) que no será posible turbinar, debido a una disminución del agua disponible, con el cambio en productividad en términos de energía (en Kwh) perdida (o a la inversa si hay un aumento en la disponibilidad de agua). Esto implica que hay agua que sí es turbinada⁷ y otra que no lo es, variaciones que se dan porque el agua no puede ser aprovechada en un cien por ciento para su transformación en energía eléctrica por los sistemas de generación.

⁷ Datos tomados de las mediciones en la salida del embalse o desfoge.

JASEC posee dos embalses en forma de cascada. Cada vez que se pone en servicio una máquina turbogeneradora en BIRRIS III, el agua turbinada es también aprovechada por BIRRIS I. La generación de cada metro cúbico turbinado depende de la fuerza con que el agua entre en las turbinas y ésta a su vez depende de la cantidad de agua turbinada y la altura de la caída que, es la diferencia entre el nivel del agua del embalse y el nivel al que está colocada la turbina. De esta manera, lo que se trata de establecer en este análisis es la relación entre energía generada y caudal turbinado, a través de una caída de altura. Para este análisis se recopiló información de 658 observaciones diarias (con base en mediciones realizadas cada hora) para el período comprendido entre el 15 de Febrero de 1992 hasta el 30 de Marzo de 2000, en la estación seca, con mínimos caudales para la empresa. Se excluye el período que va desde el 17 de Marzo al 29 de Marzo de 1998 y el período del 24 al 29 de Marzo de 1999, por problemas con los datos.

Para estimar un indicador que indique la cantidad de KWh que es posible producir por cada metro cúbico de agua que es turbinado, para cada planta, se procedió a la elaboración de una regresión estadística incluyendo estas dos variables interdependientes. Sin embargo, hay que mencionar que, primeramente se incluyó la variable altura de caída en el modelo, pero mostró poca correlación estadística. Por no mostrar mucho poder explicativo la variable nivel de caída fue descartada como variable independiente. La Figura 13 se muestra los resultados de la dispersión de los datos, aplicando regresión simple para cada una de las plantas.

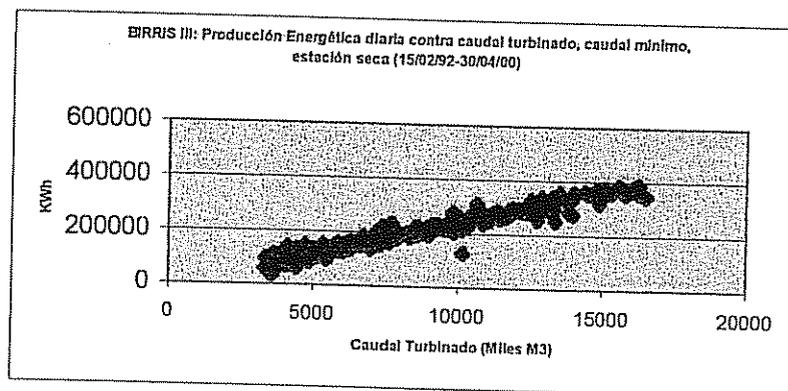


Figura 13 Diagrama de dispersión Birris III.

La gráfica de dispersión, sugiere que existe una relación creciente y positiva entre el caudal turbinado y la generación hidroeléctrica. La generación energética del agua almacenada en los embalses de Birris III y Birris I, corresponde a la suma de las producciones de electricidad de cada una de las dos plantas. Este indicador estimado por medio de regresión estadística, puede ser expresado por la función:

$$Y_q = \alpha + \beta X$$

donde α es la constante, β el coeficiente estimado de la regresión y X el agua turbinada y Y_q es el nivel de KWh generados. Por ejemplo, si el valor de β es cero, entonces sólo se turbinaría lo mínimo de agua para generar electricidad, o sea α .

Cuadro 12 Análisis de regresión entre agua turbinada y generación hidroeléctrica "Sin Intercepto"

Descripción	BIRRIS 1	BIRRIS3
Ecuación de Regresión	$Y_q = 1.00X$	$Y_q = 1.4X$
R Cuadrado	0.9942	0.9976
Número de Observaciones	658	658
Correlación de Pearson	0.98322	0.98525
Prueba F	.0001	.0001
Prueba t	.0001	.0001

Los datos se corrieron sin el término explícito de intercepto (Cuadro 12). Este modelo conocido como modelo de regresión a través del origen se debe aplicar con cautela, a menos que haya una expectativa a priori muy fuerte, Gujarati (1999). En este caso, se conoce a priori que, sino hay caudal no hay generación de electricidad.

Los coeficientes estimados son estadísticamente significativos. Los coeficientes son positivos (a mayor cantidad de agua turbinada mayor generación eléctrica). La bondad del ajuste lineal (R cuadrado), muestra que la variable independiente logra explicar una gran cantidad la variación en la variable dependiente; los errores estándares, o que tanto se aleja el coeficiente estimado de su valor real, son bajos. Las pruebas F y t indican que con un nivel de confianza del 95% y 99% de probabilidad de que el valor estimado sea correcto, revelan que son estadísticamente representativos para las dos regresiones. Es posible, por lo tanto, considerar que este modelo desarrollado es bastante aceptable para predecir la energía que producirá JASEC con una cierta cantidad de metros cúbicos de agua. El cambio en productividad asociado con la pérdida (o aumento) de un metro cúbico de agua disponible en Birris 1 es de 1 m³ se necesitan para producir 1KWh, una vez utilizado en esta planta. En Birris 3, para producir 1KWh se necesitan 1.4 m³ de agua. De estos resultados podemos concluir que Birris 1 es más eficiente que Birris3. Este modelo también sirve para corroborar la fuente de datos de la empresa JASEC y cumple con el objetivo de este análisis, para los datos comprobados, en determinar el factor energético de Kwh/m³ generado por las plantas de JASEC.

4.4 Calidad del agua por la presencia de sedimentos

Para estimar los costos de sedimentación, se aplica la metodología de costos de evitados o de reemplazo que, trata de prevenir la pérdida en la calidad de agua, por el aumento de sedimentos (relación inversa entre sedimentos y calidad de agua) consecuencia de la erosión, producto del cambio de uso del suelo. Esto se traduce en costos para la empresa hidroeléctrica, ya que deben detener sus funciones para limpiar los embalses. Dichos costos se dividen, por una parte, en la pérdida de ganancias por generación de electricidad y potencia debido a la paralización de la planta por mantenimiento que, es de aproximadamente entre ocho y doce días por año. Aunque, este año, la empresa incurrió en un paro de las funciones de mayor tiempo, de 18 días, situación que ha sido atípica (Ing. Carlos Quiroz, Director de Generación de JASEC, Octubre, 2001). Esto se debió a que el embalse Capellades no se había limpiado totalmente, en un período 5 años aproximadamente y además que se instalaron tuberías nuevas en los embalses.

Durante el período de paro de funciones, la empresa incurre en costos de limpieza y mantenimiento de los embalses. A partir del año 1994, la empresa realiza un dragado diario con maquinaria propia, para limpiar los embalses, sin que esto implique detener sus funciones de generación. Además, la maquinaria se desprecia más rápidamente si ésta no recibe el mantenimiento requerido. Consecuentemente, la sociedad pierde al no obtener esa energía (se afecta el bienestar social).

Para calcular los costos anuales en que incurre la empresa en la limpieza y mantenimiento de los embalses se hicieron estimaciones propias con base en información suministrada por el proyecto de generación de JASEC. Para el presente año atípico de generación, JASEC incurrió en costos de limpieza

de sedimentos, por concepto de costos de materiales y mano de obra, para el embalse Capellades de ¢2,013,689.75 y ¢3,429,000.00 colones respectivamente. En el embalse Lago Sur, los costos ascendieron a ¢2,112,000.00 colones, por concepto de mano de obra. Del año 2000, no se obtuvieron datos, pero en el año 1999 se registran costos de limpieza globales para los embalses de ¢5,640,000.00 colones. Vale destacar que la empresa incurre en costos de limpieza de los embalses, que se han vuelto prácticamente en fijos, pues, contrata en forma directa, para la limpieza diaria de los embalses mano de obra externa, cuyos montos son de aproximadamente de ¢250,000.00 colones mensuales, para un monto anual de ¢3,000,000.00 colones. Los costos totales de limpieza y mantenimiento variables, que se estiman, en promedio de 18 días del año 2001, ascendieron a ¢7,554,689.75 colones, o un equivalente de \$22,988.43 (tipo de cambio al final del mes de Junio/2001 de ¢328.63 colones por \$1 dólar).

Otros costos adicionales en que incurre la empresa hidroeléctrica en la limpieza y mantenimiento de los embalses, pero que para efectos del presente análisis no se contemplan, por ser de poca cuantía y algunas veces están incluidos globalmente como materiales. En realidad, estos son costos hundidos, costos que JASEC ya realizó y que han fortalecido el manejo integral de la cuenca, son costos pasados, que no se consideran en el futuro del proyecto. Dichos costos serían: los materiales y repuestos (escobones, mangueras, palas plásticas, bomba de lavado, equipo de seguridad, anteojos, etc); la depreciación de una dragadora (Maquinaria para extraer sedimentos), el cual es propiedad de la empresa, para la extracción de sedimentos. Por último, las labores de supervisión por parte de la empresa que, es mínima y los gastos de combustible de la dragadora.

Para calcular la pérdida de ingresos de la empresa por no generar electricidad, se estima que los ingresos que deja de percibir se dan durante los meses de menor demanda, temporada baja (septiembre a diciembre). Según, la información de la empresa, cuando limpian los embalses a fondo, lo hacen considerando las horas de paro en fines de semana o días feriados. La temporada alta tarifariamente comprende de enero a agosto. El caso excepcional fue este año, debido a que se encontró mucha acumulación de sedimentos y se limpiaron a fondo los embalses en la época de mayor demanda. Por otra parte, el proyecto labora las 24 horas del día, durante las cuales vende energía eléctrica a los consumidores finales de la provincia de Cartago en periodos punta, valle y nocturno. El período punta es el comprendido entre las 10:00 y las 12:30 horas y entre las 17:30 y las 20:00 horas, es decir 5 horas del día. En este periodo se factura la máxima medición de potencia registrada durante el mes. El periodo valle se define como el periodo comprendido entre las 6:00 y 10:00 horas y entre las 12:30 y las 17:30 horas, es decir 9 horas del día, facturándose la máxima medición de potencia registrada durante el mes. Asimismo, el periodo nocturno, llano, se establece entre las 20:00 y las 6:00 horas del día siguiente, es decir 10 horas del día, por lo cual, en este periodo se factura la máxima medición de potencia registrada durante el mes. Los ingresos percibidos por JASEC se dividen entre las ventas de energía y potencia, y estos a su vez se clasifican en tarifas de horario estacional. En términos generales, los ingresos por energía se estiman de la siguiente forma:

*Ingresos por Venta de Energía*⁸ = *tarifa x Compromiso KW de la empresa x Disponibilidad x horas.*

⁸ 1) Metodología de cálculo de los ingresos por venta de energía y potencia tomada de la empresa.

2) De acuerdo a un estudio realizado por el CCT (1997), no es necesario el ajuste de las tarifas eléctricas, puesto que estas se acercan a las sociales, al no existir factores que distorsionen el mercado.

Tarifa: $TA = IPC_n / IPC_{n-1} [0.85 \times TC_n / TC_{n-1}] + 0.15 \times (IPPI_{n-1}) - 1$

En donde:

TA = tasa de ajuste

IPC_n: índice de precios de EUA en el momento (n)

IPC_{n-1}: índice de precios de EUA correspondiente a la última aprobación tarifaria

TC_n: tasa de cambio en el momento n de hacer el nuevo ajuste

TC_{n-1}: tasa de cambio utilizada en la última fijación tarifaria

IPPI_n: índice de precios al productor industrial de Costa Rica en el momento n

IPPI_{n-1}: índice de precios al productor industrial de Costa Rica correspondiente a la última aprobación tarifaria.

La tarifa es regulada por la ARESEP y el precio se ajusta cuando las variaciones en el tipo de cambio y el índice de precios ocasione una variación de al menos un 3% en la tasa de ajuste. Los ingresos por potencia se estiman de la siguiente forma: $\text{Ingresos por Potencia} = \text{potencia equivalente} \times \text{tarifa potencia}$. Sin embargo, para el cálculo la pérdida de ingresos por dejar de producir energía y potencia, para el presente año fue mayor, el doble de lo acontecido en años anteriores.

Para el cálculo de los ingresos por venta de energía, según Estudio Tarifario de JASEC (Junio, 2001), los ingresos se distribuyen en 35% para Energía y 65% para potencia, luego se asignan ingresos por cada período horario (punta, valle y llano); de esta forma el 65% de los ingresos totales se asignan a potencia, y ese monto a su vez se separa en 50% para punta, 32% a valle y 18% a llano. Para el cálculo por Kwh de la tarifa horario estacional que emplea el sistema de generación hidroeléctrica Birris (Estudio tarifario de JASEC, Junio 2001), se consideró apropiado tomar los datos de ventas de energía reales hasta marzo y proyectados de abril a agosto en temporada alta, período en donde se realizó realmente el paro de funciones de las plantas de generación por 18 días.

Las ventas de energía en temporada alta fueron de $\$343,76$ millones de colones en el año 2001, para un monto de $\$1,4$ millones de colones por día. Si multiplicamos este monto por los 18 días sin generar obtenemos un monto total de $\$25,78$ millones de colones en total de pérdida por no generar energía, lo que es equivalente a una pérdida anual de 5,024,5 miles de KWh, aproximadamente 5 GWh. Vale destacar que la empresa había proyectado una disminución en la generación de 30GWh en el mes de Junio 2001 (Véase Estudio Tarifario, 1996-2005, JASEC), o sea en un 60% de lo que real calculado o aproximadamente un paro de 11 días. De tal manera, que tenemos una diferencia real mayor, de aproximadamente 2 GWh, entre lo real y lo proyectado.

En el caso de las pérdidas de potencia no vendida se obtuvo un promedio ponderado de $\$2,6$ millones de colones por día, para obtener un monto total por 18 días de $\$46,9$ millones de colones, lo que equivale a 32700 KWh suministrados. Por lo tanto, el monto total por pérdida de energía y potencia es aproximadamente de $\$72,67$ millones de colones. Si utilizamos un tipo de cambio de $\$328,63$ colones por dólar, el tipo de cambio de fin mes de Junio 2001, obtenemos un monto de pérdidas totales de $\$221,155$ dólares.

Estas pérdidas por no generar podríamos llamarlas pérdidas brutas, porque la no generación de energía puede ser compensada con compras programadas que tiene que hacer la empresa al ICE, porque de todas maneras se mantiene la pérdida neta por la no generación propia de potencia y los costos de mantenimiento y limpieza anual. Asimismo, los costos unitarios de compras de energía al ICE han aumentado en el presente año, con respecto a los años anteriores alcanzando un nivel de $\$16,17/\text{Kwh}$ (Cuadro 13), producto del aumento tarifario y de la aplicación de la tarifa horario estacional. Para los años 2002 a 2005 la empresa prácticamente, mantiene los costos, porque no se prevén nuevos aumentos tarifarios por parte del ICE.

**Cuadro 13 Compras de Energía al ICE
Período 1997-2005**

Año	Kwh adquiridos	Variación %	Costo Unitario Promedio
1997	176,099,797		$\$8,56$
1998	215,894,323	22.60	$\$8,47$
1999	204,503,077	-5.28	$\$9,75$
2000	224,443,185	9.8	$\$12,09$
2001	280,309,993	24.90	$\$16,17$
2002	316,009,206	12.74	$\$16,02$
2003	322,941,020	2.20	$\$16,49$
2004	344,169,175	6.60	$\$16,11$
2005	366,870,720	6.60	$\$15,80$

En generación, se proyectó una baja en este rubro en el presente año (véase Cuadro 14), al disminuir de 134 2 GWH en el año 2000 a 108 6 GWH en el 2001. La planta Birris III salió de operación en el mes de junio del año 2001, lo que implica una disminución en la generación. Las causas generales de la paralización de funciones estuvo originado por la incidencia de los aspectos biofísicos como el ciclo hidrológico y climático, además de cambios de mantenimiento para el mejor funcionamiento de la planta de generación. Esta generación irregular se puede apreciar en el Cuadro 15, el cual muestra bajas y altas en promedio cada dos años, es decir dos años buenos de producción y dos años de baja producción, aunque no es tan lineal, hay años que presenta tres años buenos y uno malo. Se aprecia que en el año 1995 hay un ligero aumento con respecto al año anterior, incrementándose más en los años 1996 y 1997. Mientras que en el año 1998 vuelve a bajar la producción para ubicarse en 95 8GWH, un 19% mas bajo que en el año 1997. En el año 1999 nuevamente sube la generación, esta vez en 37 5% con respecto al año 1998.

**Cuadro 14 Generación Anual de JASEC
Período 1991-2005**

<i>Año</i>	<i>Generación (GWH)</i>	<i>Variación anual(%)</i>
1991	94.40	
1992	82.70	(12.4)
1993	89.10	7.7
1994	80.60	(9.5)
1995	83.30	3.3
1996	103.30	24.0
1997	118.50	14.7
1998	95.80	(19.1)
1999	131.70	37.5
2000	134.20	1.9
2001	108.60	19.1
2002	95.80	(11.8)
2003	112.50	17.4
2004	115.80	2.9
2005	119.30	3.0

La generación de energía prevé además de la baja en el año 2001, una disminución mayor en el año 2002 y una recuperación a partir del año 2003, que sin embargo es menor a la generación de los años 1999 y 2000. Para el año 2003 se prevé normalizar las operaciones de la planta de generación, al sacar de operación por algunos días del mes de septiembre (en temporada baja) una de las centrales hidroeléctricas por mantenimiento preventivo, normalmente de 8 días de paro de funciones y no de la forma muy irregular del presente año de 18 días, según información de la Dirección de Generación de JASEC. Es importante señalar el fenómeno climático del niño que afectó al país en los años 1992-93, es probable que afecte de nuevo en los años 2002-03. Sin embargo, este fenómeno climático afecta principalmente la región del pacífico y no el atlántico, donde están los embalses de JASEC (Informes de ICE-2001).

4.5 Costos y beneficios ambientales

Uno de los beneficios directos básicos esperados de los programas de manejo de la cobertura vegetal y rehabilitación de cauces hídricos es la reducción de sedimentos transportados por los cauces de agua a los embalses y, en este caso, a los embalses de JASEC. Esto redundará en menor necesidad de lavados de fondo con el beneficio de tener menor pérdida de generación hidroeléctrica, lo que también conlleva un menor impacto negativo de los desembalses sobre la biodiversidad aguas abajo. La técnica de valoración empleada, en este caso, se denomina "Costos Evitados", la cual responde a la relación dosis respuesta (causa-efecto). En éste caso la dosis es la cobertura forestal y la respuesta es la reducción en la

sedimentación del embalse. Según los cálculos hechos en este sentido, como consecuencia de las acciones desarrolladas por el proyecto de manejo de la cobertura vegetal y rehabilitación de cauces hídricos se reducirá la erosión y sedimentación en la cuenca Birris

Para calcular los costos de generación se consideró el ciclo, según se indicó anteriormente, en promedio, hay paralización de funciones de la planta, entre 8 y 12 días, aproximadamente cada dos o tres años. Este caso depende de la acumulación de sedimentos en el volumen útil ($125,000\text{m}^3$ y $50,000\text{m}^3$ en los embalses Capellades y Lago Sur respectivamente). Estos sedimentos se van acumulando en el tiempo, es decir dos veces en el segundo año, tres veces en el tercero, etc, sino existe el mantenimiento preventivo anual, a tal punto que impactaría en la relación caudal-producción (1.0 y 1.4 metros cúbicos que se usan par generar 1 KWh de electricidad en los dos embalses Capellades y Lago Sur, correspondiente) También se considera que los las operaciones por lavado de fondo de los embalses se realizan en meses de Septiembre de cada año, en temporada baja. Con este supuestos se construye el cuadro siguiente

Cuadro 15 Valoración de reducción de sedimentos en términos de la reducción de costos de generación, (US \$ cuenca Birris)

Meses de Septiembre de cada año después del inicio del proyecto (Datos Anuales)	Total de Costos de Generación incrementado por lavado de fondo US\$		Total de Costos de Generación incremental o por lavado de fondo	Reducción de sedimentos aportados a la Cuenca Birris en %	Ganancias en generación atribuibles a la reducción de sedimentos US \$
	Costos de Limpieza y Mantenimiento/1	Pérdidas Potencia/2			
1	15,325.56	256,719.96	272,045.52	N.D.	0
2	10,217.04	211,470.96	221,688.00	N.D.	0
3	15,325.56	288,965.76	304,291.32	N.D.	0
4	15,325.56	303,086.04	318,411.60	N.D.	0
5	10,217.04	202,057.36	212,274.40	N.D.	0
6	10,217.04	202,057.36	212,274.40	21%	44,577.63
7	10,217.04	202,057.36	212,274.40	29.5%	62,620.95
8	15,325.56	303,086.04	318,411.60	38.0%	120,996.40
9	10,217.04	202,057.36	212,274.40	46.5%	98,707.60
10	10,217.04	202,057.36	212,274.40	55.0%	116,750.92
11	10,217.04	202,057.36	212,274.40	55.0%	116,750.92
12	0	0	0	55%	0
Valor total de las ganancias en US \$	-----	-----	-----	-----	560,404.42

/1 Para estimar los costos de mantenimiento y limpieza de los embalse de JASEC, se parte de los costos suministrados por la empresa para el año 2001, donde se extrajo aproximadamente $75,000\text{m}^3$ y $30,000\text{m}^3$ en los embalses Capellades y Lago Sur respectivamente. Estos datos equivalen a 25,000 y 10,000 toneladas de sedimentos extraídos

/2 El valor de la Pérdida de Potencia es la potencia instalada que se deja de vender debido a la paralización de las turbinas durante la limpieza del embalse; se estima a partir del tiempo en que cesa funciones la planta. Se excluyen las pérdidas de energía porque JASEC programa éstas y las sustituye con compras al ICE

Fuente: Información de la empresa JASEC y datos de sedimentos tomados de el PMRC, Marzo, 2000, Informe final 4

En general, los beneficios ambientales son muy variados como: reducción de la pérdida de suelos fértiles, reducción de la erosión y el aporte de sedimentos a los cauces de agua, mejoramiento en la infiltración de agua y la protección de acuíferos, protección de la biodiversidad, fijación neta de carbono, mejoramiento del paisaje, protección de la cantidad y calidad del agua para consumo humano o generación de electricidad. En este último, se considera que mantener el bosque tiene efectos positivos sobre la calidad del agua, reduciendo las pérdidas de la sociedad por este concepto. Específicamente, la empresa JASEC, sabe que le es urgente proteger sus cuencas, pues se ve favorecida al tener garantizado el abastecimiento de su materia prima (agua con bajo índice de transporte de sedimentos), lo cual contribuye a su sostenibilidad financiera. El bosque a través del reconocimiento de los servicios ambientales se beneficia, porque percibiría réditos, los cuales hasta ahora la sociedad no había valorado. Asimismo, los usuarios del servicio hidroeléctrico deben saber que si no se desarrollan proyectos hidroeléctricos, la generación dependerá de proyectos térmicos, los cuales tienen efectos negativos sobre la salud pública, ambientales y económicos.

Se considera que las acciones de un Plan de Manejo de la Cobertura Vegetal promovido por JASEC, reducirán los sedimentos en los embalses en cerca del 21% al año 6, y se llega a una reducción de un 55% al año 10 después de iniciado el proyecto. Se consideró también que, es posible darle un valor de reducción de sedimentos estimando que el tiempo de lavado y el costo generado por este se reducen en la misma proporción, de esta manera se valoró el efecto de la baja en la sedimentación entre los años 6 y 10. Después del año 10 cuando ya se habría alcanzado una reducción estable en la sedimentación del 55% en los embalses, se estima que los lavados podrían no ser anuales sino espaciarse dos años. Además, a partir de esta fecha es conveniente hacer una evaluación del proyecto, porque habrían beneficios y costos que valorar nuevamente.

De esta manera, no serían necesarios los lavados correspondientes a los años pares después del año 10 y los costos evitados en esos años serían la ganancia de la reducción en la sedimentación. En los años impares, ejemplo año 11, habrían lavados, pero también representarían algunos beneficios al reducirse la sedimentación. Esto redundará en una reducción en los tiempos que hay que detener la generación en las plantas de generación para realizar lavados de fondo (sea porque los lavados tarden menos o porque se puedan espaciar más en el tiempo entre uno y otro). Lo cual puede ser representado por un valor económico en términos de reducción de costos de generación.

Para realizar la estimación de sedimentación en la cuenca en estudio, se utilizó la información del Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, Marzo 2001. Este modelo es llamado CALSITE, que es un programa de cómputo desarrollado por el Hydraulic Research Institute en Inglaterra. A partir de sistemas de información geográfica (IDRISI) CALSITE, con este programa se estima la erosión mediante la ecuación universal de pérdida de suelos EUPS y los sedimentos en suspensión utilizando un modelo de transporte de sedimentos. El Cuadro 16 muestra la retención de sedimentos por cuencas. La cantidad de sedimentos retenidos en la cuenca Birris, es de aproximadamente 182,689 toneladas por año, a partir del año 10, después de iniciado el proyecto, con la aplicación de los programas de manejo de la cobertura vegetal y la rehabilitación de los cauces hídricos.

Cuadro 16 Estimación de la Retención de Sedimentos por cuencas con la aplicación de los proyectos formulados

Cuencas		Con Aplicación de los Programas 1 y 2(1)					
Área	Has	T/ha/año Sedimentos sin Proyecto	T/ha/año Sedimentos con Proyecto	T/año/cuenca Sedimentos sin Proyecto	T/año/cuenca Sedimentos con Proyecto	Total Retención con Proyecto	% Retención Sedimentos
Birris	7081	28.9	3.1	204,640	21,951	182,689	89.3
Turrialba	13926	17.7	6.42	246,490	89,405	157,085	63.7

Fuente: Proyecto de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, Marzo 2000 (Elaborados con SIG del proyecto y el uso del programa CALSITE)

4.6 El costo de protección y recuperación de bosques en las cuencas

El área de bosque que interesa hidrológicamente localizada en las cuencas: Birris y Turrialba (parte alta y nacientes), es de 1359 51has y 693 56 has respectivamente, para un total de 2053ha que deben ser dedicadas al manejo de regeneración natural. Por otra parte, el área de rehabilitación de cauces hídricos es de 430 hectáreas, pero esto incluye costos de reforestación. Estas áreas fueron seleccionadas de acuerdo con el Sistema de Información Geográfica (para obtener mayor información, véase Anexo A 3, Plan de Manejo de Cobertura Vegetal), elaborado para esta investigación.

El costo de protección de bosques y la recuperación de áreas degradadas con potencial de captación de aguas, está asociado al costo de recuperar el porcentaje del área en las cuencas, que podría restablecerse, por un parte con un plan de manejo de regeneración natural de los bosques y con la reforestación de los cauces hídricos (plantación de árboles), simulando una situación a la del bosque natural que se encontraba en las partes altas y nacientes de las cuencas Birris y Turrialba y el área de laderas, antes de que se transformarán en pastizales o cultivos. Se parte de que la conservación de la cobertura forestal y la recuperación de laderas, tiene beneficios en la regularidad del régimen hídrico, agua con mayor calidad, un caudal mayor en la época de estiaje y en el amortiguamiento de las crecientes en la época de lluvias, la reducción o el control de la erosión, del arrastre de sedimentos, y favorece la estabilidad de taludes. Todos estos beneficios que se atribuyen traen aparejado también beneficios económicos, dado que los costos por operación y mantenimiento se reducen en las plantas hidroeléctricas.

Los costos de protección y recuperación, al principio, tienden a ser altos por el nivel de inversión inicial que se requiere, mientras que en los años siguientes al establecimiento, estos costos tienden a disminuir hasta alcanzar un mínimo necesario para continuar con labores solamente de protección, conservación y mantenimiento de las cuencas. Por lo tanto, en términos operacionales, el Cuadro 17 muestra, los costos de manejo de regeneración natural, para el caso de los bosques y a continuación el Cuadro 18, presenta los costos de reforestación de los cauces hídricos.

Cuadro 17 Total de costos manejo de regeneración natural de bosque en las cuencas Birris y Turrialba por año (dólares)

Año	Pre-Inversión	Mano de Obra	Otros	Total anual \$ *	Total Colones
0					
1	49272	40034	13139	102445	33294625
2	49272	67955	15931	133158	43276350
3	49272	83556	17573	150401	48880325
4	49272	86841	17984	154097	50081525
5	49272	90126	18395	157793	51282725
6		53377	5667	59044	19189300
7		28741	3286	32027	10408775
8	Año 8 al 20	16425	2055	18480	6006000
21		13140	1644	14784	4804800
22		9855	1233	11088	3603600
23		6570	822	7392	2402400
24		3285	411	3696	1201200
Total	246360	697005	122800	1066165	346503625

*Tipo de Cambio: ₡325 colones por US \$1 dólar americano

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de PMCR (2000) y CATIE (1996)

Asumiendo un período de veinte años para llegar a tener un sistema de recuperación relativamente consolidado, tenemos que la inversión en operación del sistema en costos de regenerar en forma natural

2053 hectáreas de bosque es, para el primer año es de \$102,445 , para 411 hectáreas (Cuadro 17) y de \$31,476 dólares en costos de reforestación de 86 hectáreas de cauces hídricos (Cuadro 18) El costo total del proyecto de regeneración natural de 2053 de bosques asciende a \$1066165 dólares, o sea, ₡346503625 colones, hasta el año 24, incluyendo las cinco etapas de implementación y 20 años de mantenimiento para cada etapa de 411 hectáreas. Estos costos son altos hasta el quinto año, en que dicho monto empieza a reducirse hasta llegar a una cantidad fija, ya que a partir de ese momento, se asocian con costos de mantenimiento solamente. Por lo tanto, a partir del quinto año, se debe mantener un valor de protección constante en el modelo tarifario por un período de 10 años o más. El Cuadro 18 muestra el resumen de los costos de reforestación de cauces hídricos, por hectárea por año, programados a ejecutarse en los 20 años para asegurar la permanencia de la plantación y protección del recurso hídrico.

Cuadro 18 Total de costos de reforestación de cauces hídricos en la cuenca Birris, por año (en dólares)

Año	Pre-Inversión	Mano de Obra	Plantas	Otros	*Total anual \$	Total Colones
0						
1	1032	18232	9460	2752	31476	10229700
2	1032	24080	9460	3337	37909	12320425
3	1032	27348	9460	3681	41521	13494325
4	1032	28036	9460	3767	42295	13745875
5	1032	28724	9460	3853	43069	13997425
6		11180		1187	12367	4019275
7		6020		688	6708	2180100
8	Año 8 al 20	3440		430	3870	1257750
21		2752		344	3096	1006200
22		2064		258	2322	754650
23		1376		172	1548	503100
24		688		86	774	251550
Total	5160	195220	47300	25715	273395	88853375

*Tipo de Cambio: ₡325 colones por US \$1 dólar americano

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de PMCR (2000) y CATIE (1996)

Esta información fue resumida del plan de manejo de la cobertura forestal elaborado en este estudio (Anexo A 3), en donde se detalla más sobre la prioridad reforestar las laderas y nacientes de agua, con el fin de disminuir en el corto plazo los niveles de erosión de los suelos y la sedimentación a los embalses hidroeléctricos de JASEC. La información biofísica de las cuencas, se elaboró con base en estudios de Sistemas de Información Geográfica, SIG, y en verificaciones *in situ* del área de estudio.

Los costos de reforestación en Costa Rica varían fuertemente dependiendo de la Zona de Vida en que se realice el proyecto. Es así, como en algunos lugares se requiere de fuertes inversiones en transporte de arbolitos y otros insumos y/o de diferentes especies de árboles a diferentes precios.

El flujo de gastos durante los años en estudio son descontados a valor actual para determinar el valor actual real del manejo de regeneración natural y reforestación, es decir, con protección, por hectárea. Para observar distintos escenarios, se utilizaron tres tasas de descuento. Aylward y Porras (1998) en su estudio de análisis de tasas de descuento sociales y financieros para Costa Rica, recomiendan que la tasa más apropiada que se puede aplicar a este tipo de proyectos es de 9%. Para estos casos se obtuvieron los siguientes valores mostrados en el cuadro siguiente.

Cuadro 19 Valor Actual por Hectárea de manejo de regeneración natural y reforestación de cauces hídricos (Con protección)

Tasa de Descuento	Valor actual/Hectárea (Colones) /1	Valor actual/Hectárea (Colones)/2
7.5% /3	90,344 87	164,943 71
9%	85,909 41	159,481 65
12%	78,573.6	150,175.52

1/ Costos de regeneración natural

2/Costos de Reforestación de cauces hídricos

3/Para definir la tasa de descuento se utilizó la fórmula sugerida por Rose et al. (1989): Tasa real = $\frac{(1+tasa\ nominal)}{(1+tasa\ de\ inflación)} - 1$ La tasa nominal fue obtenida como promedio del año 2000, de las tasas bancarias pasivas del 18.25% y la tasa de inflación de 10.25%. Con éstas cifras se calculó la tasa real = $\frac{1.1825}{1.1025} - 1 = 7.5\%$

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el caso por hectárea, se calcula el Valor Actual Neto, VAN, para los costos globales, debido a que éstos incluyen los costos destinados al manejo forestal. Esto es importante, para hacer comparaciones con los rendimientos nominales de otras alternativas de inversión

Cuadro 20 Valor Actual Global, manejo de regeneración natural y reforestación de cauces hídricos (Con protección)

Tasa de Descuento	Valor actual Global (Colones)/1	Valor actual Global (Colones)/2
*7.5%	334,440,776 15	61,675,089 63
9%	310 965 040,09	58,129,832 38
12%	285.843.182,29	52,124,968.28

*Tasa real de descuento.

1/ Costos de regeneración natural

2/Costos de Reforestación de cauces hídricos

Fuente: Elaboración propia

4.7 Costo del valor promedio de la Tierra

Se calcula el costo promedio de la tierra que se desea proteger, las cuales corresponden al bosque en la parte alta de la cuencas en estudio y las laderas anteriormente estudiadas

Cuadro 21 Valor promedio de la tierra (para compras mayores a 1000ha.)

Ubicación	Institución	Informante	Monto (colones/ha)	Monto (dólares/ha)
Cuencas medias, altas y laderas.	Perito -Evaluador, Banco de Crédito Agrícola de Cartago en Turrialba.	Ing. Guillermo Cedeño	292,500	900
	Consulta personal a Oficina de Topografía, Turrialba	Ing. Pedro Leiva	227,500	700
Promedio			260000	800

Tasa de cambio: 1 US\$ =325 colones

Fuente: Elaboración propia, Consulta personal a los informantes

El costo de áreas de bosque a comprar es:

$$CTB = ABC * CPT$$

Donde:

CTB: Costo total de áreas de bosque a comprar (consolidación del área de recarga acuífera)

ABC: Área de bosque a comprar es de un 5% de (2053 ha para regeneración natural y 430 ha para reforestar), por un área de : 124 hectáreas

CPT: Costo promedio de la tierra

$$CTB = 124 * \$800/ha$$

$$CTB = \$ 99200, \text{ equivalente a } 32,240,000 \text{ colones}$$

Para encontrar el costo total de la inversión en compra de tierra, se utilizó la técnica del costo anual uniforme equivalente (CAUE) que, permite expresar los flujos de un horizonte de tiempo, en una cantidad uniforme por período. Para esto se definió una tasa de descuento y un período de tiempo de recuperación de 25 años, como se muestra a continuación.

$$CAUE * = CF \frac{(i * (1 + i)^n)}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

CAUE*: Costo anual uniforme equivalente Indicador financiero tomado de (Merayo 1999), basado en Werner Ketelhon y José N Marín (1979), Decisiones en la Empresa, Texto y Casos Latinoamericanos, 1ra. Edición, México; Gittinger (1989)

CF: Costo fijo

i: Tasa de descuento en dólares = 6%

n: Período de tiempo para la recuperación = 25 años

El costo promedio de la tierra en las cuencas es de \$800/ha. Se usó una tasa del 6%, debido a que es un promedio de la tasa de préstamos de JASEC con el Banco Interamericano, BID, en el año 2000. Se calculan las cuotas niveladas o pago anual que se requiere para cancelar el préstamo para comprar las tierras, con interés sobre saldo no reembolsable

$$CAUE (US \$) = 99200 \frac{(0.06 * (1 + 0.06)^{25})}{(1 + 0.06)^{25} - 1}$$

$$CAUE = \$ 7,764.50 \text{ dólares/ año.}$$

4.8 Fondo de reserva, gastos de administración y pagos de servicios ambientales

Si no incorporamos en el costo total de la energía hidroeléctrica un fondo de reserva no se podría dar sostenibilidad ni a la cuenca ni al servicio de energía, ya que el objetivo de tener un fondo de reserva es el de recuperar las inversiones y poder responder al crecimiento poblacional como a la demanda energética. Este fondo servirá, por ejemplo, para poder comprar nuevas tierras y así aumentar las áreas de recarga acuífera. Mientras que los gastos de administración garantizan el manejo adecuado, seguimiento y evaluación del plan de manejo de la cobertura forestal. Por último, el pago de servicios ambientales se refiere a los pagos por estos servicios a los dueños de tierra para que mantengan las áreas de regeneración natural y reforestación en bosques, cifra que se redondea a 2500ha en total de área dedicada a protección forestal. Estos datos fueron discutidos y ajustados con el personal de JASEC y funcionarios del Fondo de Financiamiento Forestal, FONAFIFO. Esta información es presentada en el

Cuadro 22 que, resume las estimaciones del costo total de protección y mantenimiento de las cuencas bajo estudio.

Cuadro 22 Estimaciones del costo total de protección y mantenimiento de las cuencas en estudio, promedios anuales, bajo la modalidad de ejecución propia de JASEC (\$/año)

<i>COSTOS/AÑOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Costos Regeneración Nat. ⁽¹⁾	102445	133158	150401	154097	157793	59044	32027	18480
Costos Ref Cauces Híd ⁽²⁾	31476	37909	41521	42295	43069	12367	6708	3870
Fondo de Reserva ⁽³⁾	20088.1	25660.0	28788.3	29458.8	30129.3	10711.65	5810.25	3352.5
Compra de Tierra	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5
Pago Servicios Ambientales ⁽⁴⁾	22500	22500	22500	22500	22500	112500	112500	112500
Administración	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
Total Costos	220273.65	262991.55	286974.8	292115.3	297255.8	238387.15	200809.75	181967

(1) Área calculada por SIG, son costos de regeneración natural de 1359 has y 694 has en las cuencas Birris y Turrialba (parte alta y nacientes) respectivamente. Plan de 20 años como horizonte de planificación (2) Costos de reforestar 430 hectáreas de cauces hídricos en la cuenca Birris (3) 15% de los costos anteriores (4) Monto sustentados en ingresos que financien las actividades

Fuente: Elaboración propia

El supuesto es que el mayor peso de las inversiones se concentra en los primeros ocho años, producto principalmente del incremento de los costos de regeneración y reforestación. Así, tenemos que los costos totales para el primer año, si JASEC ejecuta por cuenta propia este proyecto, es de \$220273.65 dólares/año (Cuadro 22). Los ingresos totales representan lo que se recaudaría por medio del sondeo de la Disposición a Pagar. Este cálculo se hizo tomando en cuenta los diferentes consumos promedios de energía eléctrica, para una disposición de pago calculada de \$0.40 /Kwh. Esta suma representaría \$114 millones de colones anuales de ingresos que, se utilizarían para financiar los costos ambientales. Dicho monto al tipo de cambio proyectado a noviembre del año 2002, de \$400 por US\$1 dólar, arroja un monto equivalente de \$285,000 dólares/año, sustentado en el consumo anual de 285 millones de Kw por los usuarios del servicio eléctrico de JASEC. Sin embargo, como de los intereses que más se benefician con la protección de las cuencas, sobresale como predominante la empresa de servicio de electricidad, JASEC, se propone que ésta debe contribuir financieramente a la protección de las cuencas con el 50% de los ingresos generados por el proyecto y a su vez debe cobrar una cuota especial a sus usuarios del otro 50% para ese fin. O sea, la propuesta es que los ingresos por tarifa sean de la mitad, o lo que es lo mismo de \$142,500 dólares, lo que se muestra a continuación el Cuadro 23. Con esta política de cobro a los usuarios se tendría garantizado el éxito de este proyecto porque los recursos financieros recolectados, a través de esta medida propuesta no serían realmente objeciones, al ser el monto la mitad de lo que los usuarios estarían dispuestos a pagar por la protección de las cuencas y, en general fomentar el desarrollo sostenible de los bosques.

Cuadro 23 Flujo de Caja de la protección y mantenimiento de las cuencas, con ejecución propia (promedio anual \$/año)

<i>Ingresos y Costos/Años</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Ingresos Tarifa Propuesta	142500	142500	142500	142500	142500	142500	142500	142500
Costos de Protec y Mant	220273.65	262991.55	286974.8	292115.3	297255.8	238387.15	200809.75	181967
Saldo	-70009.15	-112727.05	-136710.3	-141850.8	-146991.3	-88122.65	-50545.25	-31702.5

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar con esta opción, se obtienen déficit para cubrir los costos ambientales. Es decir, efectuando el plan de cobertura vegetal, sólo con los ingresos por tarifa no se cubren, por lo cual JASEC, debería cubrir la diferencia de los costos totales de protección y mantenimiento. Un buen ejemplo de este modelo es el caso de Colombia, capítulo 3, (BID, 2000)

Para comparar los costos de JASEC ejecutando el proyecto por cuenta propia, con la opción de efectuar el proyecto bajo un convenio con FONAFIFO, se presenta en el Cuadro 24 los datos con esta opción.

Cuadro 24 Estimaciones de costos totales de protección y mantenimiento de las cuencas, promedio anual bajo la modalidad de convenio con FONAFIFO (\$/año)

<i>COSTOS/AÑOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Costos de								
Protec. y Manten. ⁽¹⁾	49755.0	76237.5	89.880.0	116362.5	142845.0	132412.5	132412.5	132412.5
Fondo de Reserva ⁽³⁾	20088.1	25660.0	28788.3	29458.8	30129.3	10711.65	5810.25	3352.5
Compra de Tierra	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5	7764.5
Total Costos	77.607,65	109.662,05	126.432,80	153.585,80	180.738,80	150.888,65	145.987,25	143.529,50

(1) Incluye costos anuales de: Costos de regeneración natural de 1359has y 694 has en las cuencas Birris y Turrialba (parte alta y nacientes) respectivamente. También incluye reforestar 430 hectáreas de cauces hídricos, el pago a los dueños de tierra de \$45/por hectárea, administración, supervisión, asesoría y otros costos administrativos. Estos costos fueron extraídos en parte del convenio preliminar entre JASEC Y FONAFIFO. (3) 15% de los costos anteriores.

Fuente: Elaboración propia

Un convenio con FONAFIFO, contempla un plan más amplio, cuyos contratos serían reanudados entre JASEC y FONAFIFO, cada cinco años, hasta completar 20 años. El plan con FONAFIFO-JASEC, incluiría más rubros, entre los que cabe señalar: administración, regencia, asesoría, promoción, seguimiento, monitoreo y control.

Cuadro 25 Flujo de Caja de la protección y mantenimiento de las cuencas, con convenio FONAFIFO promedio anual (\$/año)

<i>Ingresos y Costos/Años</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Ingresos Tarifa	142500	142500	142500	142500	142500	142500	142500	142500
Costos Prot y Mant	77.607,65	109.662,05	126.432,80	153.585,80	180.738,80	150.888,65	145.987,25	143.529,50
Saldo	64892.35	32837.95	16067.2	-11085.8	-38238.8	-8388.65	-3487.25	-1029.5

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro 25, correspondiente al flujo de caja, los saldos obtenidos por el cobro del servicio ambiental anuales permitirían un mejor programa de financiamiento del proyecto ambiental, bajo la modalidad de convenio con FONAFIFO. Con los ingresos excedentes obtenidos, bajo esta opción, se pueden sustentar financieramente parte de otras actividades adicionales de un plan más integral, tales como: obras civiles, promoción, investigación y educación ambiental. Lo más importante de la aplicación de la tarifa ambientalmente ajustada, es la generación permanente de ingresos, posibilitando con ello el soporte financiero de todas aquellas actividades orientadas a un manejo sostenible del recurso hídrico.

4.9 Análisis estadístico

4.9.1 Recolección de datos y tamaño de la muestra

Para la selección de la muestra en el sector residencial se utilizó como marco muestral el directorio telefónico de clientes que posee JASEC en sus bases de datos, correspondiente al año 2001. La población en estudio correspondió a los abonados telefónicos residenciales de los cantones de Cartago, Oreamuno, El Guarco, Alvarado y Paraíso de la provincia de Cartago en ese año. El tamaño mínimo de la muestra se escogió utilizando como referencia el número de abonados domiciliarios al mes de Agosto de 2001 de estos cinco cantones: Cartago 28192, Oreamuno 8930, El Guarco 6773, Alvarado 2452 y Paraíso 7635.

Se consideró conveniente tomar una muestra que permitiera tener una confianza del 95% que el error en las estimaciones de las proporciones de interés no superara el 5%. Como no se cuenta con mucha información previa y son muchas las variables que se desean seleccionar, fue necesario aproximar el tamaño de la muestra requerida, estableciendo como referencia un valor proporcional de $p=0.50$ en la ecuación (Mendenhall et al, 1987). Por lo tanto, bajo el supuesto de muestreo simple al azar, este valor mínimo viene dado por:

$$n = \frac{Npq}{(N-1) \frac{B^2}{4} + pq}$$

Donde: n: representa el tamaño total de la muestra
 N: número de unidades muestrales en la población
 p: proporción estimada
 q: 1-p
 B: precisión o error de estimación asignado

$$n = \frac{53982 \times 0.5 \times 0.5}{(53981) \frac{0.05^2}{4} + 0.5 \times 0.5} = 397$$

Para obtener una mayor representación para cada uno de los tres cantones, se realizó una combinación de diferentes técnicas de muestreo, comenzando con el muestreo estratificado, Kish (1978). Una de las ventajas de utilizar el muestreo aleatorio estratificado es que nos permite reducir los costos de sondeos de opinión pública o de los consumidores al dividir en segmentos llamados estratos en la población en estudio. Otra ventaja es el poder de utilizar la información de la muestra acerca de cada estrato y poder así comparar las opiniones de los dueños de casa de una zona con otra.

Se consideraron tres estratos correspondientes a estos cantones. En cada uno de ellos se seleccionó una muestra proporcional a su número de abonados. En el Cuadro 26 se resume la distribución para los estratos:

Cuadro 26 Distribución de estratos por cantón para realización de las encuestas de disposición de pago para la tarifa hídrica ambientalmente ajustada (1999)

Estrato	Abonados	Porcentaje	Tamaño de muestra
Cartago	28192	52,22	205
Oreamuno	8930	16,54	68
El Guarco	6773	12,55	52
Alvarado	2452	4,54	21
Paraíso	7635	14,14	56
Total	53982	100,00	402

En el caso de Cartago, se seleccionó una muestra simple al azar de ocho abonados por página de la base de datos, recorriendo un total de 30 páginas, dando así un total de 240 abonados seleccionados al azar. Para el caso del resto de cantones fue necesario realizar una selección de páginas en forma sistemática (Kohler, 1998) y en cada página seleccionada se hizo un muestreo de 4 abonados en forma simple al azar, de este modo se completaron las encuestas asignadas a cada cantón, por lo que se seleccionaron: Oreamuno 70, El Guarco 60, Alvarado 25 y Paraíso 60 abonados, de un total de 25 páginas. Es decir, se extrajeron más muestras para compensar algunas no respuestas.

Debe observarse que este valor mínimo de muestra de 402 tenía como supuesto un modelo de muestreo simple al azar para mantener las condiciones de un error máximo el 5% con una confianza del 95% en la estimación de las proporciones. Sin embargo, se estratificaron más por sectores de consumo dentro de cada cantón, a través de una combinación de técnicas muestrales, por lo que podemos afirmar que se obtuvo una mayor precisión del proceso y con lo que probablemente se hubiera disminuido el número de encuestas. Pero, se mantuvieron el número de encuestas en la línea de mantener mayor confianza en los datos. En síntesis, este tipo de procedimiento de estratificación puede recibir distintas variantes las cuales dependerán del objetivo de la investigación. Entre las variaciones que se pueden hacer atendiendo a los objetivos de investigación tenemos: "asignación óptima", que toma en cuenta consideraciones de costos diferenciados para la estratificación de la muestra; "asignación Neyman", que parte de costos iguales en los diferentes estratos, y "asignación proporcional", en el cual "los tamaños de muestra n_1, n_2, \dots, n_L son proporcionales a los tamaños de los estratos N_1, N_2, \dots, N_L " (Scheaffer, Mendenhall y Ott, 1987: 94).

El número de encuestas realizadas a nivel de estratificación por consumo fue de 402 encuestas más 10 encuestas con la prueba piloto⁹. Estas fueron realizadas en los distintos cantones, de acuerdo a los distintos niveles de consumo de energía eléctrica, seleccionados aleatoriamente de los listados provistos por JASEC y distribuidos en la población a encuestar, como se demuestra en el Cuadro siguiente.

Cuadro 27 Número de encuestas por Cantones y sectores de consumo de energía eléctrica (Residencial)

Cantones	Encuestas realizadas por Sectores/Consumo ⁽¹⁾	Total
Cartago	Nivel 1	121
Cartago	Nivel 2	56
Cartago	Nivel 3	28
Sub-total		205
Paraíso	Nivel 1	28
Paraíso	Nivel 2	25
Paraíso	Nivel 3	3
Sub-total		56
Oreamuno	Nivel 1	34
Oreamuno	Nivel 2	31
Oreamuno	Nivel 3	3
Sub-total		68
El Guarco	Nivel 1	26
El Guarco	Nivel 2	23
El Guarco	Nivel 3	3
Sub-total		52
Alvarado	Nivel 1	13
Alvarado	Nivel 2	7
Alvarado	Nivel 3	1
Sub-total		21
Total de Encuestas		402
Encuestas Cantón Central (Cartago)	Todos los Niveles	205
Encuestas Otros Cantones	Todos los Niveles	197

(1) Nivel de Consumo 1, N1, consumo bajo (Consumos menores a 300Kwh/mes); nivel de consumo 2, N2, consumo medio (consumos entre 300Kwh/mes a 600Kwh/mes); nivel de consumo 3, N3 (consumos mayores de 600Kwh/mes)

⁹ Véase anexo A 1 que muestra la encuesta practicada en el estudio

4.9.2 Disposición de pago en el sector residencial

De acuerdo con los resultados del estudio, el 82.47% de la población está dispuesta a pagar para proteger los bosques donde se encuentran las fuentes de agua que abastecen las plantas hidroeléctricas de JASEC, empresa que brinda el servicio de electricidad a la población de Cartago. Sin embargo, utilizamos una mayor estratificación por consumo para obtener mayor precisión en el análisis, además que, esta nos permite hacer comparaciones de las condiciones de disposición de pago, satisfacción de los servicios y condiciones socioeconómicas en general, más homogéneas. Por tanto, el monto de la disposición a pagar, en promedio es de ₡99.53 y ₡93.82 en el sector de consumo nivel uno, N1, sector de bajo consumo en el cantón central y Otros cantones de Cartago, respectivamente. De igual manera, la disposición de pago en el nivel de consumo medio, N2, la disposición a pagar en el cantón central y otros cantones fue de ₡175.52 y ₡174.33 correspondientemente. En el nivel de consumo alto nivel 3, N3, confirma una voluntad de pago de ₡270.24 y ₡260.21, en el cantón central y resto de cantones de interés. El Cuadro 28 se presenta la disposición de pago para el cantón central y los restantes cuatro cantones de interés, y para la población total.

Cuadro 28 Disposición de pago para la protección de bosques, tarifa actual por el servicio de electricidad y el ingreso familiar para los cantones : Cartago centro, Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso (2001)

Población 1/	Población dispuesta a pagar (%)	Disposición a pago ₡/mes	de Tarifa promedio actual por el servicio de electricidad	% de Disposición de pago/ Tarifa
Cartago Centro N1	88.43	99.53	5711.57	1,74
Otros cantones N1	88.12	93.82	5884.16	1,59
Cartago Centro N2	85.71	175.52	6822.92	2,57
Otros cantones N2	87.21	174.33	7330.20	2,38
Cartago Centro N3	75.00	270.24	15896.00	1,70
Otros cantones N3	70.00	260.21	12050.00	2,16
Promedios totales	82.41	178.94	8949.14	2,02

1/ :N1, N2 y N3: son diferentes niveles de consumo (nivel 1, 2 y 3) que, podríamos decir que se refieren a niveles bajo, N1; nivel medio Nivel2 y nivel Alto N3

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta telefónica aplicada a los cantones de Cartago, Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso

Si se observan los datos del Cuadro 28, se puede deducir que no hay diferencia significativa en los resultados obtenidos entre los encuestados del cantón central de Cartago versus otros cantones (Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso). Simplemente los datos obtenidos de los cantones son levemente inferiores a los resultados del Cantón Central. De acuerdo a estos datos, la disposición de pago total representa el 2% de la tarifa promedio de electricidad. El primer porcentaje indica el incremento adicional máximo que la población en estudio está dispuesta a pagar con el fin de que se protejan los bosques de las montañas de Cartago, de tal modo que se garantice la disponibilidad futura de agua, principalmente utilizada para generar hidroelectricidad para JASEC.

A niveles de consumo bajo, N1, se puede observar que la disposición a pagar que prevalece en la población es aproximadamente del 88% versus los otros niveles de consumo N2 y N3, medio y alto, cuyas disposiciones en promedio disminuyen, hasta alcanzar los valores de 86.46% y 72.5% respectivamente. Es decir, la mayoría de encuestados en el nivel de más bajo consumo, dijo "SI" a la pregunta de un pago adicional por el mejoramiento ambiental de las cuencas, lo que demuestra que las personas de menos recursos económicos tienen alto nivel de conciencia ambiental. Otra razón que podría atribuirse, es el hecho de que los sectores de más bajo consumo de la población dependen o son influenciados directamente por los cambios negativos que puede tener el ambiente, por ejemplo, los efectos de inundaciones, la contaminación de aguas para consumo humano, y otros.

En la Figura 14, ingresos del nivel de consumo, correspondiente a Otros Cantones que, podríamos decir que son menos urbanos que el Cantón Central, casi el 70% de los encuestados tienen ingresos mensuales iguales o menores a $\text{¢}100,000$ colones y de esos un 26% son menores a $\text{¢}50,000$ colones, lo que muestra una situación económica muy restringida de la población. Aunque esta condición económica prevalece en la población, cerca del 90% de los encuestados dijo "SI" a la pregunta de un pago adicional por el mejoramiento ambiental en la cuenca, de lo que se puede inferir que a pesar de su situación económica restringida, las personas tienen un alto nivel de conciencia ambiental

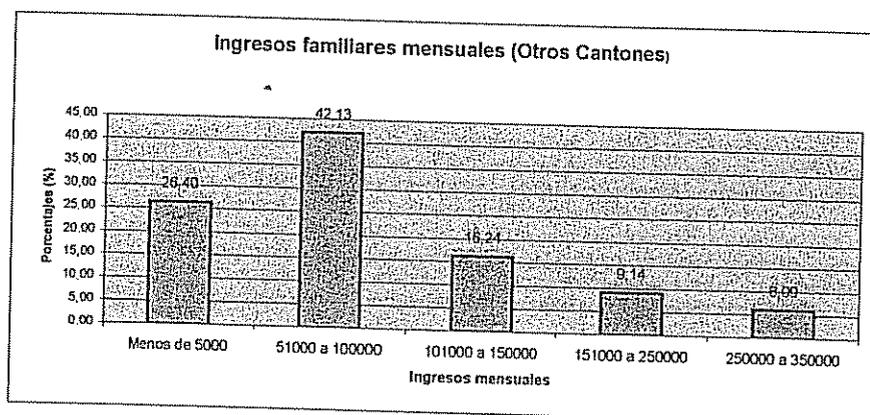


Figura 14 Ingresos familiares mensuales

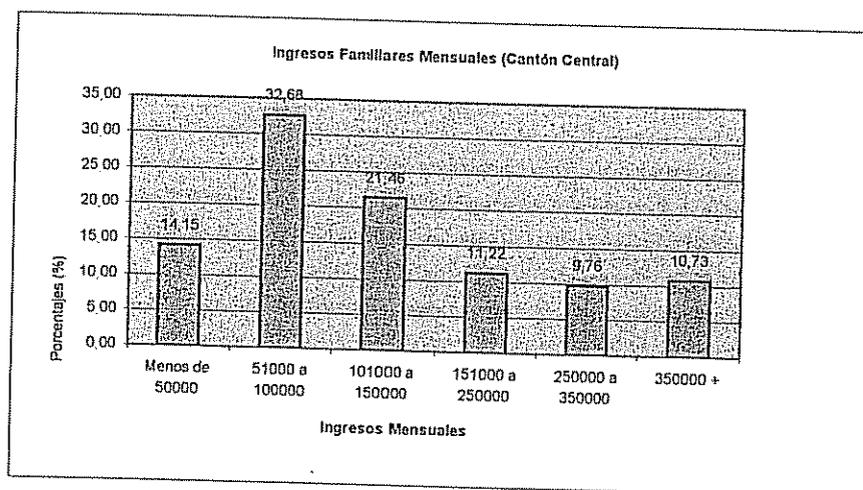


Figura 15 Ingresos familiares mensuales

En la Figura 15, correspondiente al Cantón Central, los ingresos familiares, se encuentran más distribuidos entre los tres primeros niveles de ingreso, con el 70% de estos. Dentro de estos el 21% se encuentra en los rangos de ingresos entre $\text{¢}101,000$ a $\text{¢}150,000$, el 32% en los rangos de $\text{¢}51,000$ a $\text{¢}100,000$ y el 14% en rangos menores de $\text{¢}50,000$ colones mensuales

Tomando en cuenta que el consumo promedio de energía eléctrica en el sector residencial de Consumo N1, es de aproximadamente 250Kwh/mes, la disposición de pago calculada para los cantones de Cartago versus Otros Cantones es de $\text{¢}0.40/\text{Kwh}$ y $\text{¢}0.38/\text{Kwh}$ respectivamente. Mientras que en el nivel 2, con un consumo promedio de 450Kwh, la disposición de pago promedio es de $\text{¢}0.39$. En el nivel 3, para un consumo mínimo de 600Kwh, la disposición a pagar es de $\text{¢}0.45$ en el cantón central y de $\text{¢}0.43$ en los otros cantones de Cartago. El promedio de los montos en el sector residencial es de $\text{¢}0.40/\text{Kwh}$. De esta

manera, este monto se convierte en el parámetro para comparar el incremento propuesto en la tarifa de energía eléctrica, debido a la incorporación de componentes adicionales relacionados con la variable ambiental. La importancia de este dato radica en la evaluación de la factibilidad que puede tener una política de precios en los diferentes sectores del área residencial

4.9.3 Aspectos que inciden en la disposición de pago

Un análisis más detallado de la disposición a pagar por la protección del bosque se relacionan con aspectos que pueden tener una incidencia positiva o negativa sobre este concepto. Algunos aspectos que tienen incidencia positiva sobre la disposición de pago tienen que ver con la percepción de la población acerca de la importancia de conservar el agua y de proteger los bosques. El estudio de disposición de pago muestra que la población tiene una opinión más que favorable sobre la importancia de conservar los bosques (100 00%). En el Cuadro 29 se presentan los principales resultados sobre los cantones de interés. En términos generales, la población asocia la disponibilidad de agua con la presencia de bosques, y están conscientes de la necesidad de conservarlos, aunque para lograrlo deban destinar fondos para el financiamiento respectivo.

Cuadro 29 Indicadores de importancia sobre el servicio de electricidad que recibe la población de los cantones de: Cartago centro y otros cantones (Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso)

Indicador	Cartago centro	Otros cantones
Opinión favorable sobre la conservación de bosques	100 00	100 00
Satisfacción con el servicio	88 00	85 00
Consideración de la tarifa es cara	57 00	48 00
Usuarios con problemas para realizar el pago	38.00	28.00

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta telefónica aplicada a los cantones de Cartago, Alvarado, El Guarco, Oreamuno y Paraíso

Por el lado de la tarifa, según el estudio, la mayoría la considera cara (57%) en el cantón Central y el porcentaje es menor en los otros cantones (48%). Esta opinión afecta sensiblemente el deseo de las personas a pagar un monto adicional para la conservación y protección del bosque. Sin embargo, hay una satisfacción aceptable del servicio que presta la empresa JASEC (88% y 85%). Por otro lado, el 38% y 28% de la población estudiada tiene problemas para recaudar el dinero para el pago de la tarifa de electricidad.

Con el fin de conocer una relación funcional de la disposición de pago para conservar bosques y las variables que lo afectan, se especificó un modelo econométrico. El modelo seleccionado y la utilidad del mismo es de gran importancia para la toma de decisiones, además de las variables discutidas anteriormente, por la incidencia que otras variables puedan tener sobre la disposición de pago para la protección de bosques.

4.9.4 Modelo de disposición de pago para la conservación y protección del bosque

El mejor modelo seleccionado incluye como variable dependiente el monto de disposición de pago, y como variables independientes y dicotómicas, el ingreso, la edad, la opinión sobre los problemas para recaudar dinero para pagar la tarifa, la opinión sobre la disposición de pago por la protección del bosque y la opinión sobre la conservación y la protección de los bosques. La ecuación resultante relaciona la disposición de pago con estas variables. Debajo de cada coeficiente para las variables escogidas se escribe, entre paréntesis, el nivel de significancia, mientras que el coeficiente de determinación (explicación) está enunciado como R^2 .

$$DP = 10.65878 + 74.96564D - 2.81551E + 3.11340Y - 3.77774C + 12.65035P + 6.5672T$$

(0.0358) (0.0001) (0.0020) (0.0276) (0.0001) (0.0001) (0.0143)

$$Pr < F = 0.001 \quad R^2 = 81.01\%$$

Donde,

- DP: monto de disposición de pago para la conservación y protección de bosques (€/mes)
 E: Edad
 Y: Ingreso
 D: Opinión sobre la disposición de pago para la conservación y protección de bosques (No = 0, Sí = 1)
 C: Opinión sobre la conservación de bosques
 P: Opinión sobre la protección de bosques
 T: Opinión sobre la tarifa de electricidad (cara = 0, Otra = 1)

Este modelo es altamente significativo (Significancia de $F = 0.0001$) y el poder de explicación (81.01%) es relativamente bueno, considerando que la disposición de pago es un suceso esperado que, aunque depende del ingreso, hay otros aspectos que inciden en el monto de disposición a pagar, y que no necesariamente son susceptibles de medición cuantitativa. Como por ejemplo, es de mucha importancia la información que tiene la persona sobre la conservación de bosques y su relación con la disponibilidad de agua. Sin embargo, se observa que existe una correlación inversa entre la conservación de los bosques y el monto dispuesto a pagar, lo que indica que entre más alto el monto de disposición a pagar, menor será la opinión de conservar los bosques.

Si tomamos como referencia que el 100% de la población está dispuesta a pagar para la conservación y protección de bosque ($C=1$ y $P=1$), que no existen problemas para el pago de la tarifa eléctrica ($T=0$) y la edad no influye ($E=0$). En estas condiciones la ecuación, sólo que en función del ingreso y la opinión sobre la disposición de pago :

$$DP = 85.62 + 3.1140 Y$$

Con este modelo, si el nivel de ingreso es 1, entonces la disposición a pagar sería de €88.73 y si, el nivel de ingreso es 4, la disposición a pagar, sería de €98.07 colones. Estos valores se encuentran dentro de los rangos de los niveles de consumo del servicio eléctrico más bajo, N1, del Cuadro 3, con lo que se corroboran los datos encontrados y hace robustos los resultados encontrados.

Con relación a la edad (E), en estudios previos de DP (Azqueta, 1994), se ha obtenido que la edad influye negativamente sobre la DP. En términos generales, las personas mayores son más reacias a participar en programas de protección y conservación del medio ambiente que las personas jóvenes. En este estudio, el 65% de la población entrevistada en Cartago Centro, nivel de bajo consumo, N1, la edad de los entrevistados, se ubica en los primeros tres rangos, o sea, personas con edad menores de 45 años, quienes mostraron una aptitud positiva de disposición a pagar.

El ingreso familiar teóricamente afecta positivamente la DP. En muchos estudios de DP se ha identificado que esta variable influye de forma positiva. El ingreso presentó un coeficiente positivo (3.11340) significativo. Esto indica que el ingreso influye en forma positiva en la voluntad de pago. También es importante señalar que el ajuste tarifario propuesto sólo representa el 2% del valor de la tarifa actual. Por lo que sobre el ingreso significaría una cantidad mucho más insignificante. A pesar de los relativos ingresos bajos de las familias, hay otras variables que también influyen, no medidas en esta investigación, como el nivel educativo, la satisfacción de las necesidades básicas y el entorno.

4.9.5 Estimación de la disposición de pago agregada del sector eléctrico

El cálculo de la Disposición de Pago Agregada, o sea un pago adicional a la tarifa actual por los usuarios del servicio eléctrico de JASEC, por un mejoramiento ambiental (la conservación y protección de los bosques en la cuencas Birris y Turrialba) se determinó tomando en cuenta que se les cobre a todos los usuarios del servicio el ajuste tarifario adicional. Esto se puede hacer por medio de cobrarle a todos los usuarios, de acuerdo los sectores de consumo, $\$0.40$ Kwh. Esta opción es clara y directa, en cuanto su aplicación por sectores de consumo, de acuerdo a los niveles de tarifa eléctrica. Por lo que, el valor total estimado de lo que se recaudaría por medio de la tarifa adicional para mejoramientos ambientales en las cuencas, se desglosa en $\$0.40$ Kwh* 285,000,000 millones de Kwh por año consumidos, lo que en suma sería, de un valor de $\$114,000,000.00$ (Ciento catorce millones de colones), o su equivalente a $\$285,000$ dólares¹⁰ anuales, para el sector eléctrico servido por JASEC. Esta suma representaría los ingresos que, se utilizarían para financiar el plan de manejo ambiental de las cuencas el cual no está contemplado en la operaciones normales de operación, mantenimiento, administración y financiera de la empresa JASEC.

4.9.6 Disposición de pago en el sector comercial e industrial

El total de encuestas realizadas en el sector reproductivo (comercial e industrial) fue de 111 encuestas seleccionadas aleatoriamente de los listados proporcionados por JASEC y distribuidos en la población a encuestar en los diferentes sectores. Vale aclarar que, para el sector consumidor mayor de 2000Kwh, se programaron citas para realizar las encuestas cara a cara con el entrevistado. El sondeo en el sector reproductivo indica que la mayoría de usuarios, o sea, el 88.73% y el 84%, correspondiente a los niveles de consumo 1 y 2 (consumo bajo y medio), están dispuestos a pagar para proteger los bosques en las cuencas en estudio. En el sector reproductivo de consumo alto, nivel 3, sector de negocios con consumos mayores a 20,000Kwh, se obtuvieron No-Respuestas de la encuestas en el ítem de Disposición de Pago. La mayoría de los encuestados, respondió "No" porque los gerentes arguyeron no poder tomar decisiones en cuanto a la disposición a pagar, porque esas decisiones tienen que ser tomadas en junta de accionistas. Aunque estas encuestas se hicieron cara a cara con el entrevistado no se obtuvieron respuestas satisfactorias en el sector de alto consumo, sólo el 30 % respondió "Si" a la disposición a pagar, con lo cual podemos concluir que este tipo de empresas tienen que tener un tratamiento especial, para saber su disposición a pagar. El sondeo permitió saber una alta probabilidad de obtener una respuesta positiva si JASEC tiene negociaciones directas con estas empresas, hecho que se dedujo de la mayoría de respuestas de los encuestados.

El monto de disposición a pagar promedio es de $\$376.92$ y $\$1281.00$, en los niveles 1 y 2 respectivamente. Comparando estas disposiciones de pago con las tarifas por el servicio de electricidad, estas representan los insignificantes valores de 0.9 y 0.28 %. Los montos de disposición a pagar estratificados por niveles de consumo, son los parámetros a ajustar en la tarifa adicional de electricidad. Tomando en cuenta que el consumo promedio de energía eléctrica en el sector reproductivo de consumo 1 es de aproximadamente 568 Kwh y consumo mínimo de 3000Kwh respectivamente, la disposición de pago calculada es de $\$0.66$ y $\$0.42$. El monto que se propone como parámetro para la tarifa ambiental es de $\$0.40$ /Kwh, menor a la disposición de pago, pero igual que al sector residencial. Esto se debe a que a nivel de tarifas cualquier ajuste debe ser igual para todos los sectores. De esta manera, este monto se convierte el parámetro a comparar el incremento propuesto en la tarifa eléctrica, que incorpora los componentes adicionales relacionados con los costos ambientales.

De las consultas realizadas en el sector reproductivo, el 100% considera importante conservar los bosques, en función de la protección de las nacientes de las aguas. Por otro lado, el 100% de los consultados está satisfecho con el servicios de electricidad brindado por JASEC, pero un alto porcentaje (43% en el nivel 1) muestra la opinión de que la tarifa es cara. Este porcentaje crece más del 50% en los

¹⁰ Tipo de cambio de $\$400$ colones por $\$1$ dólar americano, proyectado a noviembre de 2002, fecha en que supuestamente iniciaría el proyecto, una vez aprobado por ARESEP.

niveles siguientes, N1 y N2. Estos resultados muestran la necesidad de conservar los bosques. Pero, por otra parte, podemos deducir que, la población no posee mucha información sobre tarifas de electricidad, porque según lo investigado, JASEC posee las tarifas más bajas a nivel de otros generadores a nivel nacional.

4.10 Aspectos institucionales para el cobro y administración de fondos aportados por una tarifa ambientalmente ajustada

Para la operacionalización del modelo tarifario propuesto, es necesario definir una estructura institucional apropiada, que legalmente esté facultada para tales fines. Dicha estructura institucional deberá responder a un principio de equidad social, transparencia y de conservación del medio ambiente, donde todos los actores involucrados asuman sus responsabilidades. Esta propuesta institucional responde a una serie de consultas con expertos de JASEC, deduciéndose que una estructura deberá ser sencilla, con una burocracia mínima y un sistema administrativo flexible y oportuno para el buen manejo de los fondos que se obtengan de la implementación de una tarifa ambientalmente ajustada.

Cabe señalar que, la Ley Orgánica del Ambiente, en sus artículos 51 y 67 promueven la protección de cuencas hidrográficas y la prevención del deterioro ambiental. Estas leyes proporcionan una justificación importante para iniciar un proceso de incorporación de externalidades dentro de los sistemas tarifarios, particularmente el caso de estudio del sector de los recursos hídricos. Adicionalmente, la Ley de Biodiversidad, en el artículo 54 reafirma la necesidad de rehabilitación y restauración de cuencas, como medidas para la recuperación del daño ambiental y, a la vez, faculta al Ministerio del Ambiente y Energía, MINAE, a ejercer el liderazgo en este tipo de medidas. En los artículos 35 y 37 de esta ley se reconoce el pago por servicios ambientales, como sistema para lograr el autofinanciamiento de las áreas de conservación mediante los ingresos generados con el cobro de los servicios ambientales. Por último, en el artículo 36 de la ley de Biodiversidad, se promueve el uso de instrumentos financieros como el fideicomiso, para operacionalizar el pago y la administración de fondos por servicios ambientales.

Por estas razones, la propuesta de administración en este estudio es la figura de Fideicomiso, quien estaría facultado para recolectar el dinero y deberá transferirlo al área de conservación respectiva; para que se realice el pago a los propietarios de tierras que quieran someter en forma voluntaria sus bosques a la conservación y protección. Es importante aclarar que, en el Art 5 se faculta como responsable de fijar los precios y tarifas de servicios públicos al ente regulador, ARESEP, así como fiscalizar contablemente las operaciones de JASEC y de ejercer los cambios pertinentes (Art 30). También, la tarifa propuesta deberá justificarse con estudios técnicos y consultas públicas ante ARESEP. Este estudio ha sido en parte, la finalidad del presente estudio.

Con figura de fideicomiso, se garantiza la transparencia del sistema, como requisito esencial para dar credibilidad al modelo de desarrollo propuesto y que el usuario y el dueño del bosque sientan la confianza necesaria para seguir colaborando en el proceso.

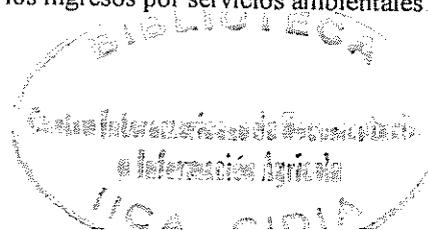
La administración de los ingresos obtenidos por el cobro de la tarifa ambientalmente ajustada, deberá contar con una estructura institucional apropiada, donde se establezcan los destinos principales y los sistemas de control y fiscalización de los fondos. Todo este proceso es para que los aportes económicos hechos por las comunidades se conviertan en beneficios sociales para las mismas, a través de mayor información, educación ambiental y de un mayor nivel de infraestructura social financiada con el aprovechamiento de los recursos naturales.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Llegado el momento de extraer conclusiones, cabe retomar la pregunta de investigación que dio origen al estudio. Esta es, ¿Cuáles son los mecanismos para mitigar, recuperar y proteger las fuentes hídricas en la cuenca Birris y parte alta de la cuenca Turrialba? Los resultados que se obtienen del análisis del estudio llevan a argumentar, con base en varios enfoques teóricos y metodológicos de valoración económica ambiental, que el mecanismo de financiamiento del manejo sustentable de las cuencas, por medio de una tarifa ambiental adicional a los usuarios del servicio eléctrico de Cartago, es un mecanismo apropiado para el manejo de las cuencas y el pago de los servicios ambientales, en el área de estudio. Asimismo, la sociedad de Cartago está dispuesta a pagar por la protección de los bosques, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación como es el caso del valor de protección y recuperación de laderas degradadas, siempre y cuando JASEC garantice la cantidad y calidad de las aguas, a través de protección boscosa de las cuencas en la zona de estudio.
- Este estudio incorpora algunos aspectos biofísicos en el análisis económico, como la utilización de Sistemas de Información Geográfica, SIG, que constituyó una fuente importante de información, particularmente para el análisis espacial, tenencia de la tierra, usos agrícolas, áreas deforestadas y en general, para la información biofísica de las cuencas. El modelo propio de SIG para analizar las áreas de las cuencas de interés en el estudio, permitió identificar fundamentalmente, las áreas con y sin cobertura vegetal. En el futuro, el modelo se puede adaptar fácilmente para incluir otras áreas, y para adquirir y analizar información complementaria en el área estudiada.
- Para el área de estudio, se determinó una oferta hídrica disponible anual de 125.67 mill m³/año, distribuida en 45 43 mill m³ /año de agua que recargan acuíferos y 77.4 mill m³/año de agua que escurre superficialmente. De esta oferta disponible, en los embalses se están aprovechando para generar hidroelectricidad 53 92 mill m³ /año de agua (1 71 m³/s de caudal promedio que se utilizan desde el embalse "Capellades", en la cuenca del Birris III y, que en cascada pasa al embalse "Lago Sur" en la planta Birris I). Además, hay que hacer la salvedad de que una empresa hidroeléctrica utiliza las aguas superficiales, en su mayor parte para la producción de energía hidroeléctrica.
- El principal usuario de las cuencas a la fecha del presente estudio es JASEC, el consumo de otros usuarios no es significativo dentro del área de estudio. En el área de estudio, JASEC no tiene competencia por el consumo del recurso hídrico. La Demanda de la población al año 2015 tampoco afecta el volumen significativo suficiente para incrementar la presión sobre el uso de las aguas. Sin embargo, hay que reconocer que fuera del área de estudio, debido a la escasez del recurso del recurso agua, existe mucha competencia por el mismo.
- Se espera mantener o regenerar el área de bosque, un área de 1358.97 has en la cuenca Birris y un área de 693 56has de bosque en la cuenca Turrialba, parte alta, para un total de 2053 hectáreas que deben ser dedicadas al manejo de regeneración natural. Por otra parte, el área de rehabilitación de cauces hídricos en la cuenca Birris es de 430 hectáreas, con costos de reforestación, ya que estas áreas están sin cobertura vegetal.

- Los costos de mantenimiento y limpieza de los embalses son en promedio de \$12,771.3 dólares por año. Por otra parte, se estimó la pérdida de potencia asociada a la paralización de la planta por mantenimiento, que en promedio es de 12 días, en montos mayores a \$200,000 dólares por año. Pero, no se puede atribuir el 100% del costo de pérdida de potencia por motivo de paralización de la planta por la mala utilización de la tierra. Es decir, aunque se haga una "utilización óptima de la cuenca" siempre existirá la necesidad de detener la planta. Además, hay otras pérdidas no incluidas como la reducción en la vida útil del embalse, aunque en el caso de JASEC, es posible que esto no tenga un gran impacto económico (según funcionarios de JASEC el embalse ha perdido a la fecha únicamente un 5% de su volumen muerto). Vale destacar que un importante aporte de este estudio ha sido estimar económicamente el efecto negativo de la sedimentación en la producción de electricidad, impacto que se puede mejorar con un buen manejo y protección de las cuencas.
- La encuesta de "Disposición de Pago", permitió conocer la disposición de pagar de los usuarios del servicio eléctrico, para la protección de los bosques con el fin de conservar los recursos hídricos. Tomando en cuenta los diferentes consumos promedios de energía eléctrica en el sector residencial, la disposición de pago calculada es de $\$0.40$ /Kwh. De esta manera, este monto se convierte en el parámetro para comparar el incremento propuesto en la tarifa de energía eléctrica, debido a la incorporación de componentes adicionales relacionados con la variable ambiental. La importancia de este dato radica en la evaluación de la factibilidad que puede tener una política de precios en los diferentes sectores del consumo eléctrico. Sin embargo, para garantizarse un mayor éxito de este estudio y además, porque la hidroeléctrica, JASEC, sobresale como uno de los intereses que más se benefician con la protección de las cuencas. Esta empresa debería contribuir financieramente a la protección de las mismas con la mitad de los costos ambientales y a su vez cobrar una cuota especial a los usuarios, que correspondería a la parte restante, es decir en un cobro de $\$0.20$ /Kwh que, es la mitad de lo que estaban dispuestos a pagar los usuarios por la protección del área forestal. Con esta medida se cobraría un ajuste marginal y no se hallaría renuencia de los usuarios para que sus aportes financien iniciativas forestales en su región.
- Los costos ambientales con la opción de ejecutar los planes de manejo de la cobertura vegetal por cuenta propia de JASEC son mayores que la opción de ejecutar los planes de manejo por el pago de servicios ambientales por medio de un convenio con FONAFIFO. Por lo que ejecutar esta segunda opción da mejores resultados. Se acepta la hipótesis nula (H_0) de este estudio que mencionaba que, la Voluntad de Pago Total era mayor que el costo ambiental de la electricidad. Por lo tanto, se pueden implementar en forma completa otros programas adicionales propuestos de: compra de tierras, programas de educación ambiental, promoción y proyección a la comunidad, investigación ambiental, administración e infraestructura social.
- La decisión de pagar \$45 dólares/ha/año y además asesoría técnica a los dueños de tierra, de acuerdo a las fuentes identificadas (FONAFIFO y otros estudios de caso) por la disponibilidad de bosque, obtendría una buena aceptación en los beneficiarios de esta medida. Esto es de vital importancia, debido a que la implementación de un monto de pagos de servicios ambientales basado en la compensación real de los beneficiarios, conduciría al desarrollo de un sistema ambiental sostenible.
- La tarifa hidroeléctrica ambientalmente ajustada es un mecanismo para el cobro del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación en estos costos. Además, este nuevo mecanismo ayudaría a JASEC a promover el desarrollo de la región de Cartago, con un enfoque de uso sostenible de los recursos y una distribución equitativa de los ingresos por servicios ambientales.



5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante antes de implementar una política de cobro adicional en la tarifa de electricidad por conceptos ambientales, la ejecución de un Programa de Promoción y Educación Ambiental que, de a conocer la importancia que tiene manejar adecuadamente las cuencas para la sostenibilidad del recurso hídrico e hidroeléctrico.
- Se hace necesario y urgente promover acciones institucionales de JASEC para someter a consideración de la entidad reguladora ARESEP, el presente estudio-técnico para su gestión y aprobación. Asimismo, se debe implementar el plan de protección de las cuencas lo más pronto posible, ya que la deposición de sedimentos en los embales causa mayores pérdidas a JASEC.
- Parte de los fondos provenientes por el cobro de la tarifa ajustada se debe destinar a compensar a los propietarios (privados o públicos) que tiene bosque en las partes medias y altas de las montañas de Cartago, por los beneficios que brindan a la sociedad. Este componente reconoce al bosque como una actividad económica tan rentable como cualquier otra actividad económica tradicional. Otra significativa parte de los fondos deben destinarse a la protección y recuperación de áreas degradadas en el área de estudio, con el fin de incentivar financieramente la recuperación boscosa de áreas cercanas a las fuentes de captación de JASEC, las cuales actualmente se encuentran degradadas. Asimismo, los fondos excedentes, deben destinarse a promover el desarrollo social, la educación ambiental y a la investigación científica para la generación de información. Con ello la comunidad se vería compensada por su esfuerzos en beneficio de la conservación de los recursos naturales, en particular, por la protección del recurso hídrico.
- El presente estudio provee de información para mejorar la administración de los recursos hídricos en el área de estudio. Pero un estudio más integral de desarrollo sostenible debe complementarse con otras acciones que JASEC debe ejecutar, tales como: obras civiles para el control de torrentes, control de erosión y obras de rehabilitación de zonas de inestabilidad geomorfológica y control de sedimentos. JASEC puede incluir estos componentes adicionales como parte del plan de manejo de cuencas, por lo que es recomendable que se realicen los estudios de factibilidad para su inclusión en ese plan más integral. Parte de los ingresos por una tarifa ajustada pueden destinarse a estos proyectos de investigación aplicada.
- El buen manejo de los ingresos provenientes del cobro de los componentes ambientales mencionados, es un requisito esencial del modelo propuesto. Para tal fin, se recomienda la creación de un fideicomiso. En este caso, se propone el nombramiento de una junta de Fideicomiso que apruebe los destinos finales de los fondos. JASEC será quien cobre a los usuarios y se responsabilice por hacer los depósitos correspondientes en el fideicomiso, de acuerdo a la frecuencia que defina la junta del fideicomiso.
- Es importante dar seguimiento a este tipo de estudios por la importancia que tiene para el mejoramiento de la toma de decisiones y en la planificación orientada a una gestión más eficiente y sostenible de las cuencas. Este es el primer estudio ambiental y requiere mejoramiento continuo, de tal manera que responda a las necesidades y requerimientos de JASEC y de las distintas instituciones y actores con alguna responsabilidad sobre el recurso bosque y tarifas ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Albouy, Y 1985 Análisis de costos marginales y diseño de tarifas de electricidad y agua. BID. Pag 5
- Ander, E 1991 El Desafío Ecológico Editorial Universidad Estatal a Distancia UNED. San José, Costa Rica
- Aylward, B., Allen, K. y Mejías, R 1997. "Análisis Financiero y Económico de la Ganadería en la Cuenca del Río Chiquito, Arenal, Costa Rica" CREED Costa Rica Notas Técnicas 9. San José, Costa Rica: CCT/CINPE/IIED
- Azqueta O, Diego 1995. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw Hill Editores Madrid 299 Pp
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2000. Políticas Forestales en América Latina Kari Keipi, Editor Washington, D. C
- Barrantes, G., y E Castro. 1999 Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: Internalización del valor de variables ambientales. Heredia, Costa Rica
- Barrantes, G y H. Chaves 2000 Valoración Económica del Daño en Bosques Naturales y Costo de Restauración Estudio de Caso: Bosque Húmedo Tropical en Ecuador Heredia, Costa Rica
- Bitu, R y Born, P., Tarifas de Energía Eléctrica: Aspectos Conceptuales y Metodológicos, OLADE, Quito, Ecuador, 1993.
- Bolaños, R., E Alpizar, J. Echeverría y B Aylward 1996 Estimación de la Productividad Forestal de Bosques Secundarios en Tres Micro-cuencas de Arenal, Costa Rica CREED, Costa Rica: Notas Técnicas San José, Costa Rica.
- Brown, G.W 1985 Forestry and water quality 2 ed Corvallis, Or, EE UU, Oregon State University Book Store 142p
- Bruijnzeel, L 1990 Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. París, Francia, UNESCO 224p.
- Calvo, J. 1996 "Efecto del Uso de la Tierra y Estudios de Balances Hídricos para Cuencas Tropicales: con particular referencia al embalse Arenal, Costa Rica" Informe preparado por CREED, Costa Rica. San José: Centro Científico Tropical
- Carranza, C ; Aylward, B ; Echeverría, J ; Tosi, J ; Mejías, R 1996. Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica. Centro Científico Tropical, preparado para ODA-MINAE. San José, Costa Rica, 71p
- Castro, E y G Barrantes. 1998. Valoración económico ecológico del recurso hídrico en la cuenca Arenal: El agua un flujo permanente de ingreso. Heredia, Costa Rica
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 1996. "Costos de Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales en Costa Rica" Turrialba, Costa Rica, 49 p
- Centro Científico Tropical, and World Resource Institute 1991. "La Depreciación de los Recursos Naturales en Costa Rica y su Relación con el Sistema de Cuentas Nacionales. Washington, DC: World Resources Institute 160p
- Costanza, R., Ralph d Arge, Rudolf de Groot, Stephen F, Mónica G, Bruce H, KarinL, Shahid, Robert O'Neill, José P, Robert R., Paul S, Marjan B The value of the World's ecosystem services an natural

- CCT-CINTERPEDS. 1995 Valoración Económico Ecológica del Agua: Primera Aproximación para la Interiorización de Costos San José, Costa Rica.
- Dixon, J A., and Easter, K W. 1986 "Economic Analysis at the Watershed Level" "In Watershed Resources Management: An Integrated Framework with Studies from Asia and the Pacific Dixon, J A., Easter, K W. and Hufschmidt, M M (ed) Boulder and London: Westview Press. 53-70 p.
- Dixon John, Richard Carpenter, Louise Fallon, Paul Sherman y Supachit Manipomoke 1992 Economic analysis of the environmental impacts of development projects Earthscan Publications Limited-London in association with The Asian Development Bank-Manila
- Echeverría, J, Aylward, B., Mejías, R., and Barbier, E B 1995 Aspectos Económicos Ambientales del Uso de la Tierra en la Cuenca Hidrográfica de Arenal, Costa Rica CREED, Costa Rica Notas Técnicas 1. San José: CCT.
- Estudio Tarifario, Período 1996-2001 Documento de planificación interna de JASEC, Junio, 2001.
- Field, Barry C. *Economía Ambiental. Una Introducción*: 1995. McGraw Hill Santa Fe de Bogotá. 587 Pp.
- Goodlan, Robert; Daly, Hermna E; Hansen, Stein *Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el Informe Brundland* 1994 IM Editores Ediciones Uniandes. Bogotá 185 Pp
- Gregersen, H M., Arnold, J E M., Lundgren, A L., Contreras-Hermosilla A. Valoración de los bosques: contexto, problemas y directrices 1997. Departamento de Montes, FAO No. 127 66 páginas. Roma, Italia
- Gujarati, D *Econometría* 1999. Mc Graw Hill. Santa Fé de Bogotá. 824 Pp.
- Hahn, G. 1996. Agua potable y la evaluación contingente como parte de un manejo sostenible del recurso- El caso de Costa Rica-- Tesis de Maestría en Economía Ecológica. CINPE Costa Rica
- Hosmer, D and S. Lemeshow. 1988 Goodness-of-fit testing for the logistic regression model when the stated probabilities are small *Biometric Journal* 30: 911-924.
- IICA 1997. Políticas forestales en Centro América: análisis de las restricciones para el desarrollo forestal. Ed. Por O. Segura; D Kaimowitz; J Rodríguez San Salvador, Salvador 335 p
- Instituto Nicaragüense de Energía, El Precio de la Energía Eléctrica en la Década 1991-2000, 6º Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Tarifas Económicas de Energía Eléctrica, Mendoza, Argentina, Mayo, 1992.
- Kaimowitz, D 1993 "La experiencia de Centroamérica y República Dominicana con Proyectos de Inversión que Buscan Sostenibilidad en las Laderas Serie de Documentos de Programas 40 Coronado, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 66p
- Kaimowitz, D 2001. "Cuatro medio verdades: la relación bosques y agua en Centroamérica. *Revista Forestal Centroamericana* 33:6-10
- Kish, L 1978 Muestreo de Encuestas Editorial Trillas México
- Kohler, H. Estadística para Negocios y Economía. 1998. Compañía Editorial Continental México. 1051 Pp
- Kramer, R., R. Healy y R. Mendelson. 1992. Forest Valuation. En *Managing the world's forest*, ed N. Sharma, cap 10. Dubuque, IA: Kendall/Hunt para el Banco Mundial
- La Gaceta. 1996, abril 16 N° 72
- La Gaceta. 1997, enero 23 N° 16

- La Gaceta. No 12 1998 Cuadro de resultados Alcantarillado- Tarifas Propuestas (miles de colones) Lunes 19 de Enero
- Ley 7593 ARESEP. 1996 Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos 1^oed San José: Imprenta Nacional. 1996
- Ley de Biodiversidad, República de Costa Rica, 1998
- Ley Forestal 7575. República de Costa Rica, 1996.
- Merayo, O. 1999 Valoración Económica del Agua Potable en la Cuenca del Río En medio Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica MSc. Tesis Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- MIRENEM Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas de Costa Rica. 1990 Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Miller, 1995. Microeconomía Moderna Séptima edición Editorial Harla S A México D F
- Mourraile, C., Porras, I., y Aylward, B. 1996. " La Protección de Cuencas Hidrográficas: Una Bibliografía Anotada de Hidrología, Valorización Económica e Incentivos Económicos " CREED, Costa Rica Notas Técnicas2. San José: CCT/CINPE/IIED
- Otárola y Venegas 1999 Propuesta de un Sistema de Compensación de Servicios Ambientales para los Robledales de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Costa Rica
- Panayotou, T. 1994. Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo Debate crecimiento vrs conservación México: Ediciones Gemika
- Panayotou, T. 1997 Reducing Biodiversity Expenditure Needs: Reforming Perverse Incentives, en OCDE (1997): 217-233
- Pearce, D and K. Turner. 1995. Economía de los Recursos Naturales y Medio Ambiente Celeste Ediciones Madrid
- Pearce, Markardya y Barbier 1989 Blueprint for a Green Economy. The London Environmental Economic Center. London: Earthscan
- Programa : Manejo de Cuencas Hidrográficas de JASEC 1993. Documento de Trabajo interno de la empresa Junta Administrativa del Servicio Eléctrico, JASEC. Cartago, Turrialba
- Programa de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, (PMCR) Serie de Documentos: 1999 y 2000. Proyecto Angostura-ICE, Turrialba, Costa Rica.
- Ramakrisna, B. 1997 Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias San José, Costa Rica: Instituto Interamericano para la agricultura
- Repetto, R., 1992. Accounting for Environmental Assets Scientific American (June) 93-100
- Reynolds, J. 1995, (editora) Las Aguas Subterráneas en Costa Rica: Un recurso en Peligro En la Utilización y Manejo del Recurso hídrico Editorial Fundación UNA, Heredia, Costa Rica.
- Rodríguez, R. 1989. "Impactos del Uso de la Tierra en la Alteración del Régimen de Caudales, la Erosión y Sedimentación de la Cuenca Superior del río Reventazón y los Efectos Económicos en el Proyecto Hidroeléctrico de Cachí, Costa Rica" Tesis de Maestría Turrialba, Costa Rica: CATIE, 126 p

- Salgado, L.J. 1996. Valoración económica del agua para uso doméstico, proveniente del parque nacional "La Tigra", Tegucigalpa, Honduras Tesis de Maestría en Ciencias, CATIE, Turrialba, Costa Rica
- Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987 Elementos de muestreo Trad Rendón G 3ed México, Grupo Editorial Iberoamericana. 320p
- Segura, Bonilla Olman (1996) Políticas del sector forestal en Costa Rica Heredia, Costa Rica.
- Segura, Bonilla Olman. (1997) Estado del arte del sector forestal en Costa Rica. Sudesca research papers No. 10 Heredia, Costa Rica
- Seroa da Motta Ronaldo 1998 Manual para la valoración económica de recursos ambientales Ministerio do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazonia Legal Brasília, Brasil
- Sunkel, O., et al 1990 The Environmental Dimension in Development Planning I: Crisis y Development Planning United Nations document prepared by (ELLA/ILPES/UNEP; LC/G. 1679-P), Santiago, Chile
- Solórzano, Raúl, Segura, Olman, Tosi, Joseph, Burgos, Juan Carlos, Castro, Edmundo y Marozzi, Marino. (Abril, 1995) Valoración Económica Ecológica del Agua. Centro Científico Tropical y Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica
- Stadtmuller, T 1994 "Impacto Hidrológico del Manejo Forestal de Bosque Naturales Tropicales: Medidas para Mitigarlo Una Revisión Bibliográfica" Serie Técnica, Informe Técnico 246 Turrialba, Costa Rica: CATIE 662p
- Turcios M 1999 Bosques, Agua y Electricidad: Consideraciones para el Pago de Servicios Ambientales en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central de Costa Rica MSc Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica
- Vargas, C 1996 La Perspectiva del Manejo de Cuencas: Ay A. Acuerdo Bilateral de Desarrollo Sostenible, Costa Rica-Holanda.
- Wardfor J; M. Munasinghe and W Cruz 1997. The Greening of Economic Policy Reform Volume II: Case Studies. The World Bank Environmental Department and Economic Development Institute Washington, D C, U.S.A
- World Bank 1997 The Impact of Environmental Assessment. A Review of World Bank Experience Technical Paper No. 363 Washington, D C

INSTITUCIONES Y PERSONAS VISITADAS**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN, CATIE,**

Manuel Gómez	Escuela de Socioeconomía
Sergio Velásquez	Centro de Cómputo
Laura Coto	Directora de Biblioteca Orton
Rigoberto Aguilar	Asistente de Biblioteca Orton

INCAE

Ernesto Ayala	Director de Políticas
Directora	Biblioteca.

JASEC

Oscar Meneses	Gerente General, JASEC
Roberto Brenes	Vice-Gerente General, JASEC
William Blanco	Proyectos
Carlos Quiroz	Generación
Enrique Loría	Generación
Rocío Brenes	Atención al cliente
Víctor Sánchez	UEN

ICE

Alfonso Pérez	Director proyecto ICE-Angostura
Marco Jaubert	Coordinador de cuencas ICE Central

CINPE-UNA

Olman Segura	Investigador
Virginia Reyes	Asistente Investigador
Leiner Vargas	Director de Postgrado

MINISTERIO DE AGRICULTURA : DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA

Ana Cecilia Arias
 Centro de Información del MAG
 Dirección regional de Cartago
 Ora Solano Agencia de Extensión de Tierra Blanca
 Consejo Nacional de Producción, CNP, Centro de Documentación

INSITITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, CARTAGO-ITCR

Marcel Guzmán - Directora Centro de Información

PRODUCCIÓN PECUARIA

Rafael Brenes Encargado de oficina de Extensión Agrícola del MAG, Tierra Blanca
 José Antonio Medina Oficina del MAG, Turrialba

FONAFIFO

John Marrio Rodríguez	Coordinador
Alexandra Suárez	Negociaciones

INVESTIGADORES INDEPENDIENTES

Gerardo Barrantes	Instituto de Políticas para la Sostenibilidad
Marino Marozzi	Universidad Nacional, UNA
Albert Schramm	UCR
Raúl Solórzano	Centro Científico Tropical, CCT.

ANEXOS

ANEXO A.1

Encuesta de Disposición de Pago aplicada al Sector Residencial de los cantones: Cartago, Oreamuno, El Guarco, Alvarado y Paraíso.



Nombre del Entrevistador: _____

Fecha: _____

Cantón _____ Teléfono _____

Presentación:

Estimado señor/señora/señorita Reciba un cordial saludo El propósito de esta encuesta es identificar la relación que existe entre la importancia de los bosques sobre la protección del recurso hídrico y los servicios de energía eléctrica ofrecidos por la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago, JASEC

Su participación es muy importante, ya que Ud ha sido seleccionado como parte de una muestra que representa a los consumidores de energía eléctrica de Cartago La información proveída es estrictamente confidencial y será usada solamente con fines investigativos y académicos. Pues, es una tesis de investigación para optar al título de maestría en CATIE. Agradecemos mucho su cooperación Esta encuesta se realizará a las personas que toman las decisiones de pago del servicio eléctrico

1 ¿ Es Ud la persona que toma las decisiones a la hora de realizar alguna compra o pago en su hogar?

1 Si ()

0 No () **termina**

2 ¿Quién le provee el servicio de energía eléctrica?

1 JASEC ()

0 Otro () **termina**

3 Está satisfecho(a) con el servicio de energía eléctrica que usted recibe?

1 Si ()

0 No ()

4 ¿Qué monto paga usted mensualmente por el servicio eléctrico que recibe? ₡ _____

5 ¿Cómo considera la tarifa que paga por electricidad?

0 Barata ()

2 Cara ()

1 Adecuada ()

6 ¿Económicamente, le es fácil hacer el pago de energía eléctrica por mes?

1 Si ()

0 No ()

7 ¿Considera usted que es importante conservar los bosques?

1 Si ()

0 No ()

8 ¿De quién cree que es la responsabilidad de la protección del bosque donde están las nacientes de agua?

0 () Gobierno

1 () Sector privado

2 () JASEC

3 () De la comunidad

4 () De todos

9 Sabía Ud que al proteger los bosques de las montañas altas de Cartago, estamos contribuyendo a la protección de aguas, con lo cual se mantiene y genera más energía hidroeléctrica?

- 1 Sí ()
- 0 No ()
- 2 N/S, N/R ()

10 Dentro de los siguientes rangos que le voy a mencionar, cuánto estaría Ud dispuesto a aportar, en una cuota fija adicional en su recibo de luz eléctrica mensual, para que se protejan los bosques de las montañas de Cartago donde están las nacientes de agua?

- 0 Si () ₡ 75
- 1 Si () ₡ 100
- 2 Si () ₡ 125
- 3 No () ¿Por qué? _____

Nota: se inicia con la pregunta del ítem 1

Aspectos Socioeconómicos

11 Sexo

- 0 Masculino ()
- 1 Femenino ()

12 Podría decirme dentro de los siguientes rangos, donde se ubica su edad

- 0 17 a 25 años ()
- 1 26 a 35 años ()
- 2 36 a 45 años ()
- 3 46 a 55 años ()
- 4 56 a 65 años ()
- 5 mayor de 65 años ()

13 ¿Cuál es el ingreso mensual de la familia (aproximado), dentro de los siguientes rangos? Recuerde su respuesta es confidencial

- 0 Menor a 50000 ()
- 1 De 50000 a 100000 ()
- 2 100000 a 150000 ()
- 3 150000 a 250000 ()
- 4 250000 a 350000 ()
- 5 Mayor a 350000 ()

De nuevo, gracias por su tiempo!

ANEXO A.2 PLAN DE MANEJO DE LA COBERTURA VEGETAL

1 Prioridad en la protección de bosques y reforestación de cauces hídricos y de nacientes en las cuencas bajo estudio

Realmente, en las cuencas bajo estudio es prioridad impulsar un proceso de protección de bosques en las cuencas Birrís y Turriabla y reforestación y un plan de manejo de la cobertura vegetal para la cuenca Birrís. Vale decir que, se prioriza la cuenca Birrís, porque ésta se encuentra muy degradada¹, sobre todo en su parte central y sur de la cuenca y esta ocupa el corazón de los embalses del proyecto hidroeléctrico de JASEC. La cuenca Turrialba también abastece de agua al proyecto JASEC, pero de sus partes altas de las montañas y, éstas no muestran ningún grado alto de desprotección.

Se plantea un plan de manejo que dé prioridad a la cuenca Birrís, a través de la reforestación y regeneración de cauces hídricos y en las áreas de recarga acuífera. Este plan se apoya en el estudio de información forestal, ambiental, hidrológica, sistemas de información geográfica y otros factores socioeconómicos que exige el mismo estudio para analizar con más rigor científico la interacción de los resultados en las cuencas.

1.2 PLAN DE MANEJO DE LA COBERTURA VEGETAL

1.2.1 **PROYECTO:** Reforestación de cauces hídricos y de nacientes de agua que abastecen los embalses hidroeléctricos de JASEC, en la cuenca del río Birrís.

1.2.2 DURACIÓN Y ETAPAS

Año de iniciación: 2002

Años de desarrollo : 6 años

Duración de vida del proyecto: 20 años

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Disminuir los niveles de erosión de los suelos y la sedimentación de los embalses hidroeléctricos ubicados en la cuenca del río Birrís, mediante la reforestación y regeneración total de 430ha

1.3.2 Objetivos específicos

Reforestar en la cuenca Birrís, con especies nativas de rápido crecimiento y favorecer la regeneración natural a lo largo de 144 Km de cauces hídricos y en las áreas de recarga acuífera aledañas. Se plantarán por año 29Km de cauces, equivalentes a 86 hectáreas, repartidas en 69Ha en cauces y en 17 hectáreas anuales para la protección de áreas de recarga acuífera de las nacientes.

¹ En cuanto a las divergencias del uso del suelo actual en la cuenca Birrís, un 30% de estas tierras se presentan sobreexplotadas y un 23% están gravemente sobreexplotadas. El 39% de estas tierras son utilizadas dentro de su capacidad de uso, de las que un 14% demandan prácticas complementarias de conservación para su uso racional. Esta sobreexplotación ocurre especialmente hacia la parte central y sur de la cuenca, y es provocada por la presencia de cultivos anuales y pastos en tierras de vocación forestal o forestal (PMRC, Marzo 2000)

1.4 Ubicación geográfica

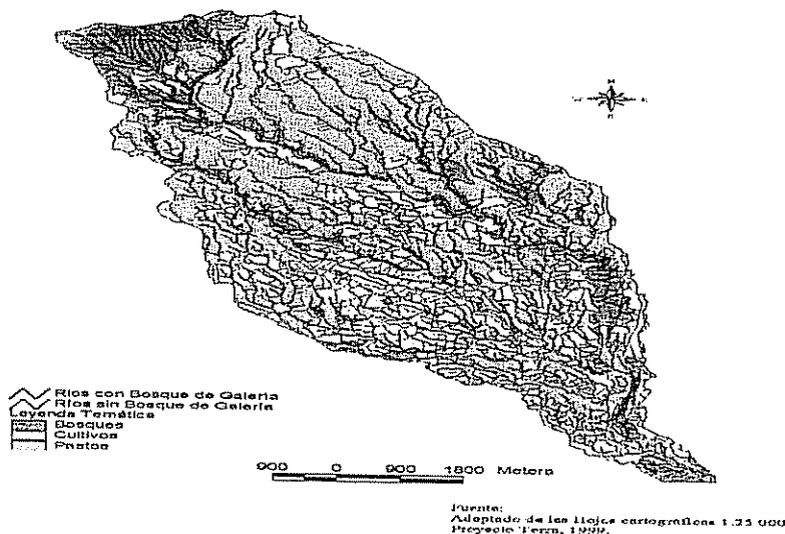
La ubicación del proyecto es en la cuenca del río Birris, en terrenos dispersos a lo largo de todos los cauces. El proyecto se encuentra al noreste de la ciudad de Cartago, sobre la carretera que va a Turrialba. Abarca terrenos pertenecientes a los distritos de Pacayas, Cervantes y parte de Capellades del cantón de Alvarado; parte de los distritos de Santa Rosa y Cipreses del cantón de Oreamuno, y parte de los distritos Santiago y Cachí del cantón Paraíso.

La ubicación en la hoja cartográfica para la cuenca Birris es: ISTARU (IGN 3445-IV), escala 1:50 000, entre las coordenadas Lambert a 206000 y 218000 Norte, 551850 y 560200 Este.

1.5 Diagnóstico

El área total de la cuenca de cauces hídricos es de aproximadamente de 355Km, pero solamente 148Km, se encuentran con sus riberas cubiertas de vegetación boscosa y 207Km, equivalentes a 621Ha, carecen de cobertura forestal, (Mapa de área con y sin cobertura forestal de cauces hídricos y nacientes, Figura 9). En el mapa se puede apreciar que el área de la cuenca principal Birris (color azul), no posee muchos problemas de protección, sin embargo, las áreas afluentes de ésta (color rojo) se encuentran en alerta roja, sin protección. Del total de 621Ha en la cuenca, la propuesta es reforestar aproximadamente 431Ha, de los cauces hídricos desprotegidos. Se propone este dato debido a que existen en la zona otras quebradas y ríos que son afluentes de la cuenca Birris y, que son consideradas prioritarias por otros proyectos, tal es el caso de la cuenca del río Pacayas que, se encuentra en inicios de ejecución, por el proyecto angostura-ICE (Febrero 2000) y, que incluye un área a reforestar de cauces hídricos de 190ha. En otras palabras, para obtener una solución pragmática y sustentable del sistema de protección y manejo racional del bosque, se toma en cuenta las relaciones interinstitucionales y la ejecución de proyectos mancomunados que se realizan en la zona, para la elaboración de este plan del área de estudio.

**Cauces Hídricos y Nacientes con y sin Cobertura Boscosa
Cuenca del Río Birris**



El sobreuso del suelo aunado a intensas y prolongadas prácticas agropecuarias, ha incrementado los efectos nocivos de la precipitación en los suelos, acelerando los procesos erosivos y provocando gran cantidad de fuertes avalanchas. Si no se considera la regeneración y protección de estas áreas, la tendencia en las cuencas continuará con serias consecuencias en los embalses por causa de los altos niveles de acumulación de sedimentos, además de las frecuentes pérdidas en infraestructura y obras civiles como carreteras, puentes, alcantarillados, y lamentablemente pérdidas humanas y animales.

La plantación de especies forestales de rápido crecimiento no ha sido una experiencia común en la cuenca, más bien, la reforestación en general no tiene un fuerte arraigo. Por sus condiciones ecológicas la cuenca en estudio es apta para la plantación de especies de altura, en especial para el Jaúl *Alnus acuminata*, especie nativa pionera, de muy rápido crecimiento, autosuficiente en cuanto a nutrición, por lo que invade terrenos previamente desnudados. Actualmente, es posible observar "bosquetes" espontáneos de Jaúl a lo largo de algunos tramos de los cauces.

El programa de reforestación de cauces hídricos está dirigido a la regeneración de la vegetación de los terrenos ribereños, debido a que la Ley Forestal 7575, de abril de 1996, en el Artículo 33, inciso b, declara como área de protección una franja de 15 metros a ambos lados de las riberas de ríos, quebradas y arroyos en terrenos planos y de 50 metros si el terreno es quebrado. Por esta razón, se ha considerado razonable definir un promedio de la franja a reforestar de 15 metros de ancho ambos lados de los cauces de la cuenca en estudio. Además, se trata de terrenos con capacidad de uso de Clase VIII², aptos para la protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética, belleza escénica y preservación de la flora y fauna. Sin embargo, en la práctica, se excluyen sectores, en donde las condiciones geológicas extremas no sea posible ni recomendable la reforestación.

El costo de protección de bosques y la recuperación de áreas degradadas con potencial de captación de aguas, está asociado al costo de recuperar el porcentaje del área en las cuencas, que podría restablecerse, por un parte con un plan de manejo de regeneración natural de los bosques y con la reforestación de los cauces hídricos (plantación de árboles), simulando una situación a la del bosque natural que se encontraba en las partes altas y nacientes de las cuencas Birris y Turrialba y el área de laderas, antes de que se transformarán en pastizales o cultivos. Se parte de que la conservación de la cobertura forestal y la recuperación de laderas, tiene beneficios en la regularidad del régimen hídrico, agua con mayor calidad, un caudal mayor en la época de estiaje y en el amortiguamiento de las crecientes en la época de lluvias, la reducción o el control de la erosión, del arrastre de sedimentos, y favorece la estabilidad de taludes. Todos estos beneficios que se atribuyen traen aparejado también beneficios económicos, dado que los costos por operación y mantenimiento se reducen en las plantas hidroeléctricas.

Los costos de protección y recuperación, al principio, tienden a ser altos por el nivel de inversión inicial que se requiere, mientras que en los años siguientes al establecimiento, estos costos tienden a disminuir hasta alcanzar un mínimo necesario para continuar con labores solamente de protección, conservación y mantenimiento de las cuencas. En realidad, estos costos no están en función del recurso hídrico, para conectar la relación de estos costos con la función hídrica, conviene hacer: el cálculo del área a reforestarse que, proteja o recupere el área de bosque degradada. Para esto, se calculan los costos requeridos para la protección como medida de prevención a la deforestación, en la parte media y alta de la cuenca del área a reforestarse.

² Estas tierras presentan limitaciones muy severas en su factor pendiente del terreno, donde la misma es fuertemente escarpada. Por lo anterior, no tienen ninguna capacidad de uso agropecuario o forestal, debiendo destinárseles solo a protección de los recursos bióticos.

Por lo tanto, en términos operacionales se puede muestra en cuadro siguiente ellos costos de manejo de regeneración natural, para el caso de los bosques y a continuación los costos de reforestación de los cauces hídricos Para obtener mayor información, se puede ver anexos 1 de este estudio

Cuadro 1.a Total de costos manejo de regeneración natural de bosque en las cuencas Birris y Turrialba (por año) (en dólares)

Año	Pre-Inversión	Mano de Obra	Otros	Total anual \$	Total Colones
0					
1	49272	40034	13139	102445	33294625
2	49272	67955	15931	133158	43276350
3	49272	83556	17573	150401	48880325
4	49272	86841	17984	154097	50081525
5	49272	90126	18395	157793	51282725
6		53377	5667	59044	19189300
7		28741	3286	32027	10408775
8		16425	2055	18480	6006000
9		16425	2055	18480	6006000
10		16425	2055	18480	6006000
11		16425	2055	18480	6006000
12		16425	2055	18480	6006000
13		16425	2055	18480	6006000
14		16425	2055	18480	6006000
15		16425	2055	18480	6006000
16		16425	2055	18480	6006000
17		16425	2055	18480	6006000
18		16425	2055	18480	6006000
19		16425	2055	18480	6006000
20		16425	2055	18480	6006000
21		13140	1644	14784	4804800
22		9855	1233	11088	3603600
23		6570	822	7392	2402400
24		3285	411	3696	1201200
	246360	697005	122800	1066165	346503625

Los costos globales de reforestación se dividen en costos de: preinversión, mano de obra y otros. Se elaboraron cuadros de costos por hectárea para obtener este cuadro global A continuación se muestra también el cuadro resumen de los costos de reforestación de cauces hídricos, por hectárea por año, programados a ejecutarse en los 20 años para asegurar la permanencia de la plantación y protección del recurso hídrico.

**Cuadro 1.b Total de costos de reforestación de cauces hídricos en la cuenca
Birris , por año
(en dólares)**

Año	Pre- Inversión	Mano de Obra	Plantas	Otros	Total anual \$	Total Colones
0						
1	1032	18232	9460	2752	31476	10229700
2	1032	24080	9460	3337	37909	12320425
3	1032	27348	9460	3681	41521	13494325
4	1032	28036	9460	3767	42295	13745875
5	1032	28724	9460	3853	43069	13997425
6		11180		1187	12367	4019275
7		6020		688	6708	2180100
8		3440		430	3870	1257750
9		3440		430	3870	1257750
10		3440		430	3870	1257750
11		3440		430	3870	1257750
12		3440		430	3870	1257750
13		3440		430	3870	1257750
14		3440		430	3870	1257750
15		3440		430	3870	1257750
16		3440		430	3870	1257750
17		3440		430	3870	1257750
18		3440		430	3870	1257750
19		3440		430	3870	1257750
20		3440		430	3870	1257750
21		2752		344	3096	1006200
22		2064		258	2322	754650
23		1376		172	1548	503100
24		688		86	774	251550
	5160	195220	47300	25715	273395	88853375

Esta información es aproximada, según la fuente corresponde a datos aproximados a nivel nacional, pero responde a las necesidades prácticas de este estudio, ya que en nuestro caso se necesitan datos de costos promedio. Normalmente, este tipo de información se utiliza también como base para análisis preliminares de inversiones forestales, en formulación de proyectos a nivel de país. Se plantea más adelante en este estudio, un plan de manejo de la cobertura forestal, donde se detalla más sobre la prioridad reforestar las laderas y nacientes de agua, con el fin de disminuir en el corto plazo los niveles de erosión de los suelos y la sedimentación a los embalses hidroeléctricos de JASEC. En este caso, se elaboró con mayor precisión la información biofísica de las cuencas, con base en estudios de Sistemas de Información Geográfica, SIC, y en verificaciones *in situ*, elaborados particularmente para este fin.

Asumiendo un período de cinco años para llegar a tener un sistema de recuperación relativamente consolidado y una duración de vida del proyecto de 20 años, tenemos que la inversión en operación del sistema en costos de por hectárea para el primer año es de \$102,445

y de \$321,476 dólares en costos de regeneración de 2,053 hectáreas de bosque y de 430 hectáreas de laderas. (cuadros 13a y 13b) El costo total del proyecto de reforestación de 430 hectáreas de cauces y nacientes en la cuenca Birris asciende a \$273395 dólares, o sea, ¢88853375 colones, hasta el año 24, incluyendo las cinco etapas de implementación y 20 años de mantenimiento para cada etapa de 86 hectáreas. Estos costos son altos hasta el quinto año, en que dicho monto empieza a reducirse hasta llegar a una cantidad fija, ya que a partir de ese momento, se asocian con costos de mantenimiento solamente. Por lo tanto, a partir del quinto año, se debe mantener un valor de protección constante, en el modelo tarifario por un período de 10 años o más. Los costos de reforestación en Costa Rica varían fuertemente dependiendo de la Zona de Vida en que se realice el proyecto. Es así, como en algunos lugares se requiere de fuertes inversiones en transporte de arbolitos y otros insumos y/o de diferentes especies de árboles a diferentes precios. Para efectos de este estudio, se tomó como costos de reforestación el avío por hectárea desarrollado por el Plan de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, PRMC, para el proyecto Angostura-ICE (Febrero 2000).

El flujo de gastos durante los años en estudio son descontados a valor actual para determinar el valor actual real del manejo de regeneración natural y reforestación, es decir, con protección, por hectárea. Para observar distintos escenarios, se utilizaron tres tasas de descuento. Para estos casos se obtuvieron los siguientes valores mostrados en el cuadro siguiente

Valor Actual por Hectárea de manejo de regeneración natural y reforestación de cauces hídricos (Con protección)

Tasa de Descuento	Valor actual/Hectárea (Colones)/1	Valor actual/Hectárea (Colones)/2
7 5% ³	90,344.87	164,943.71
9%	85,909.41	159,481.65
12%	78,573.6	150,175.52

1/ Costos de regeneración natural

2/Costos de Reforestación de cauces hídricos

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el caso por hectárea, se calcula el Valor Actual Neto, VAN, para los costos globales, debido a que éstos incluyen los costos destinados al manejo forestal. Esto es importante, para hacer comparaciones con los rendimientos nominales de otras alternativas de inversión.

Valor Actual Global para de manejo de regeneración natural y reforestación de cauces hídricos (Con protección)

Tasa de Descuento	Valor actual/Hectárea (Colones)/1	Valor actual/Hectárea (Colones)/2
7 5%	334,440,776.15	61,675,089.63
9%	\$310,965,040.09	58,129,832.38
12%	\$285,843,182.29	52,124,968.28

1/ Costos de regeneración natural

2/Costos de Reforestación de cauces hídricos

Fuente: Elaboración propia

³ Para definir la tasa de descuento se utilizó la fórmula sugerida por Rose et al (1989): Tasa real = $|(1 + \text{tasa nominal}) / (1 + \text{tasa de inflación})| - 1$. La tasa nominal fue obtenida como promedio del año 2000, de las tasas bancarias pasivas del 18.25% y la tasa de inflación de 10.25%. Con éstas cifras se calculó la tasa real = $|(1.1825 / 1.1025)| - 1 = 7.5\%$

Estos resultados de valoración en el presente estudio son elementos que permitirán proponer ajustes a la tarifa eléctrica de JASEC. Sin embargo, con el fin de obtener fondos complementarios para desarrollar este proyecto se deberá establecer un convenio con el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), para que a través del Programa de Servicios Ambientales se pueda obtener el financiamiento del mismo. Se considera imprescindible que JASEC complemente el financiamiento del proyecto con un programa de fomento propio, mediante el cual se incentive al propietario de las tierras en estudio, el pago de servicios ambientales brindados por sus bosquetes y árboles individuales que protegen los recursos hídricos.

Los costos de reforestación en Costa Rica varían fuertemente dependiendo de la Zona de Vida en que se realice el proyecto. Es así, como en algunos lugares se requiere de fuertes inversiones en transporte de arbolitos y otros insumos y/o de diferentes especies de árboles a diferentes precios. Para efectos de este estudio, se tomó como costos de reforestación el avío por hectárea desarrollado por el Plan de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, PRMC, para el proyecto Angostura-ICE (Febrero 2000). El costo total del proyecto de reforestación de 430 hectáreas de cauces y nacientes en la cuenca Birris asciende a \$273395 dólares, o sea, ₡88853375 colones, hasta el año 24, incluyendo las cinco etapas de implementación y 20 años de mantenimiento para cada etapa de 86 hectáreas. El siguiente cuadro muestra el monto de las inversiones globales al año 24.

El costo del año 1 asciende a \$355 dólares por hectárea, según se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.c Costos de reforestación de cauces, con una densidad de 625 árboles por hectárea

MANO DE OBRA	JORNALES	MATERIALES	Costo col	COSTO DÓLARES
Labor				
Chapea 1	4		9750	30,0
Trazado	2		4875	15
Rodajea 1			9750	30,0
Hoyada			9750	30,0
Transporte plantas		5000	5557,5	17,1
Distribución plantas			4875	15,0
Plantación			9750	30,0
Replante			2437,5	7,5
Chapea 2			9750	30,0
Rodajea 2			0	0,0
Control			2437,5	7,5
Sub-total			68932,5	212,1
Insumos				
	cantidad	valor unit	costo col	costo \$
Plantas + 15%	718	45	35847,5	110,3
Sub-total			35847,5	110,3
Sub-total año 1			104780	322,6
Costos financ			10497,5	32,3
Total costos año 1			115277,5	354,9

Fuente: Adaptado de PMRC, Febrero 2000. CATIE (1996)

Cuadro 1.d Costos de mantenimiento por hectárea del año 2 al 4

Mantenimiento año2

LABOR	JORNALES	MATERIALES	Costo col	COSTO \$
Chapea 3	4		9750	30,0
Rodajea 3			0	0,0
Chapea 4			9750	30,0
Rodajea 4			0	0,0
Control			2437,5	7,5
Total			21937,5	67,5
Sub-total año 2			21937,5	67,5
Costos financ				6,8
Total Costos año 2				74,3

Mantenimiento año3

LABOR	JORNALES	MATERIALES	Costo col	COSTO \$
Chapea 4	4		9750	30,0
Rodajea 4			0	0,0
Chapea 5			0	0,0
Rodajea 5			0	0,0
Control			2437,5	7,5
Total			12187,5	37,5
Sub-total año 3			12187,5	37,5
Costos financ				3,8
Total Costos año 2				41,3

Mantenimiento año4

LABOR	JORNALES	MATERIALES	Costo col	COSTO \$
Chapea liviana			0	0,0
Control			2437,5	7,5
Total			2437,5	7,5
Sub-total año 4			2437,5	7,5
Costos financ				0,8
Total Costos año 4				8,3

Fuente: Adaptado de PMRC, Febrero 2000 CATIE (1996)

Cuadro 1.e COSTOS POR HECTÁREA AL AÑO 20 (\$ dólares)

AÑO	PRE INVERSION	MANO DE OBRA	INSUMOS	OTROS FINANCIEROS	TOTAL DÓLARES	TOTAL COLONES
1	12	212	110	32	366	118950
2		68		7	75	24375
3		38		4	42	13650
4		8		1	9	2925
5		8		1	9	2925
6		8		1	9	2925
7		8		1	9	2925
8		8		1	9	2925
9		8		1	9	2925
10		8		1	9	2925
11		8		1	9	2925
12		8		1	9	2925
13		8		1	9	2925
14		8		1	9	2925
15		8		1	9	2925
16		8		1	9	2925
17		8		1	9	2925
18		8		1	9	2925
19		8		1	9	2925
20		8		1	9	2925
Total	12	454	110	60	636	206700

*tipo de cambio por dólar de ¢325 colones

Fuente: Adaptado de PMRC, Febrero 2000 CATIE (1996)

Se considera imprescindible que JASEC complemente el financiamiento del proyecto con un programa de fomento propio, mediante el cual se incentive al propietario de las tierras en estudio, el pago de servicios ambientales brindados por sus bosquetes y árboles individuales que protegen los recursos hídricos.

2. Consideraciones de diseño del proyecto

2.1 Selección de componentes

Es importante reconocer que, los componentes de educación ambiental y extensión rural sean actividades previas para el éxito del proyecto. De tal manera que, es recomendable hacer un trabajo fuerte en las actividades de educación, con el fin de que las comunidades interioricen la importancia de recuperar y proteger los cauces hídricos y las nacientes. Estas actividades se concentran en el primer año del Proyecto, a partir del segundo año hasta el sexto se estará recuperando la cobertura forestal de los cauces afectados, a través de labores de reforestación y a partir del séptimo año las labores a realizar serán básicamente de vigilancia y protección de estos recursos. Los componentes son los siguientes:

- Educación ambiental
- Extensión rural
- Selección de los sitios a reforestar
- Plantación
- Mantenimiento de las plantaciones

2.2 Fijación de la escala y de las fases

El proyecto de reforestación de cauces será factible en el tanto que se logren implementar las condiciones necesarias, tales como: concienciar a la población y contar con los recursos económicos indispensables para este proyecto, lo cual puede ser posible, en parte, a través del pago de servicios ambientales, mediante el convenio directo con el MINAE, complementado con un programa de fomento propio. Durante el primer año del proyecto se implementarán campañas fuertes de educación ambiental a grupos de la comunidad, escuelas y colegios, además, conviene organizar grupos comunales. Estas actividades se realizarán, según el cuadro siguiente

Cuadro 2.a Cronograma de actividades de extensión rural

Actividad	1	2	3	4	5
Campañas de Educación ambiental
Reuniones con grupos organizados
Charlas de capacitación

Al final de la ejecución del proyecto se espera contar con una longitud de 144Km de cauces y áreas de recara acuífera reforestadas y/o protegidas, lo que equivale a 430 hectáreas y un aproximado total de 310000 árboles plantados. Por razones económicas se considera que el proyecto puede implementarse en un mínimo de cinco años, a razón de 86 hectáreas cada año, de acuerdo con el avance del proyecto de educación ambiental y extensión y la paulatina aceptación de los habitantes de la cuenca para desarrollarlo. Esta situación puede sintetizarse, así:

Cuadro 2.b Distribución del área a reforestar durante los primeros cinco años

Año	Cauces Km	Cauces Has	Nacientes Has	Total Has	Cauces # árboles	Nacientes # de árboles	Total árboles
0 ¹							
1	28.8	69	17	86	49335	12155	61490
2	28.8	69	17	86	49335	12155	61490
3	28.8	69	17	86	49335	12155	61490
4	28.8	69	17	86	49335	12155	61490
5	28.8	69	17	86	49335	12155	61490
Total	144	345	85	430	246675	60775	307450

¹ Año de promoción del proyecto

Cuadro 2.c Cronograma de labores de reforestación año

Labores	1	2	3	4	5
Selección de sitios
Preparación terrenos
Cercado
Obtención plantas
Plantación
Replante
Mantenimiento
Control
Asesoría

3.0 Descripción de los componentes

Se ha considerado que los componentes de educación ambiental y extensión rural son actividades previas fundamentales par el éxito del proyecto. A través de los cuales se hará un trabajo fuerte en educar a las comunidades sobre la importancia de recuperar y proteger los cauces hídricos y las nacientes. Estas actividades se concentrarán en el primer año del proyecto, a partir del segundo año hasta el sexto se estará recuperando la cobertura forestal de los cauces afectados, a través de labores de reforestación y a partir del año séptimo las labores a realizar serán básicamente de vigilancia y protección de estos recursos.

3.1 Educación Ambiental

Las actividades de educación ambiental deben logra el mayor éxito posible de este proyecto, a través de campañas educativas acerca de la conservación y manejo de los recursos naturales de las cuencas, especialmente los hídricos. Deberá desarrollarse a nivel de escuelas, colegios y grupos locales, abarcando tanto la población estudiantil como la local mediante charlas educativas con el fin de que se involucren plenamente y así contar con la mano de obra requerida para desarrollar el proyecto. Este componente se desarrollará durante el primer año.

3.2 Extensión Rural

Para el desarrollo de este proyecto es necesario contar con la asesoría técnica adecuada, la cual será parte fundamental del programa de extensión rural. Esta asesoría debe implementarse a partir de la etapa de selección de los sitios que requieran recuperación, o sea a partir del segundo año del proyecto y se debe mantener hasta el año sexto, cuando se espera alcanzar la meta propuesta. Este componente debe identificar los grupos comunales y estudiantiles que participen directamente en el proyecto. La extensión deberá mantenerse durante todo el desarrollo del proyecto, muy fuertemente durante los primeros cinco años y durante los años siguientes a través del proyecto de control y vigilancia de los recursos naturales renovables y el ambiente.

3.3 Elección de los Sitios

La selección de los sitios se realizará con las verificaciones de campo necesarias de acuerdo con el estudio de detalle y los resultados de la asesoría técnica brindada por el presente estudio. Además, este estudio toma como base la información generada por el SIG. Por otro lado, se debe contar con la participación de los grupos organizados de las diferentes comunidades, para establecer sitios prioritarios. Esta labor está planteada para realizarla en los primeros meses de cada uno de los cinco años de la implementación.

3.4 Plantación

Una vez obtenidas las plántulas de viveros cercanos a la zona. La etapa de plantación debe incluir las labores normales de preparo del terreno, transporte de plantas y la siembra, la cual se debe comenzar a finales del mes de abril de cada año, para luego transportar las plantas y plantar en los meses de mayo y junio. Deberán participar los grupos organizados, escuelas y colegios que se localizan dentro de la cuenca, esto con la finalidad de que los estudiantes tomen conciencia de la importancia de conservar los recursos naturales y pongan en práctica a su vez, los conocimientos adquiridos a través del programa de educación ambiental. Por otro lado se suplirá de esta forma la mano de obra requerida.

3.5 Mantenimiento de las plantaciones

Una vez adquiridos los árboles a sembrar y establecida la plantación se debe dar el mantenimiento requerido caso contrario se podría perder todo o parte de la producción, obtener una producción más tardía o de calidad inferior. El mantenimiento de la plantación debe incluir chapeas, fertilización, rodajea, control de plagas, rondas contra fuego y un manejo silvícola oportuno mediante un programa de podas y raleos.

3.6 Selección de tecnologías

Como se trata de reforestar áreas de muy poca extensión en cada finca, las tecnologías a aplicar no son complicadas ni caras, las labores de preparo de terrenos, plantación y mantenimiento serán básicamente manuales. No se requiere ninguna labor que involucre remoción de los suelos. El uso de maquinaria será innecesaria salvo para el transporte de árboles, herramientas y algunos materiales. La principal especie forestal seleccionada es el Jaúl *Alnus acumminata*, pero no exclusivamente, también se pueden incluir otras especies nativas en la región (Anexo 1) adaptables perfectamente a las adversas condiciones ecológicas imperantes como la alta precipitación, bajas temperaturas, alta nubosidad y fuertes vientos, especies como el cedro dulce (*Cedrela tonduzii*), varias especies de lauráceas comunes en la microcuenca y otras especies presentes, preferiblemente de carácter pionero a su rápido crecimiento inicial. La densidad a utilizar es de 625 árboles por hectáreas con un distanciamiento promedio inicial de 4 metros en cuadrado.

ANEXO 1

Lista de especies que pueden ser utilizadas en la zona para la reforestación de los cauces. La mayoría producen gran cantidad y variedad de frutos apetecidos por las aves, lo que conlleva a desarrollar una biodiversidad muy importante para el área de estudio.

Cuadro 2.c

Nombre vulgar	Nombre científico
Aguacatillo	<i>Nectandra globosa</i> , <i>Persea caerulea</i>
Anona	<i>Anona reticulata</i>
Anonillo	<i>Guartteria oliviformis</i>
Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>
Burio	<i>Heliocarpus americanus</i>
Cedro	<i>Cedrela tonduzii</i>
Cirri	<i>Mauria heterophylla</i>
Dama	<i>Citharexylum Donnell-Smithii</i>
Gravilia	<i>Gravillea robusta</i>
Guabas	<i>Inga spp</i>
Guitite	<i>Acnistus arborescens</i>
Higuerón	<i>Ficus spp</i>
Huevos de caballo	<i>Stemmadenia glabra</i>
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
Manzana rosa	<i>Eugenia jambos</i>
Matasano	<i>Casimiroa edulis</i>
Pirul	<i>Schinus molle</i>
Quizarra	<i>Nectandras y ocoteas</i>
Tucuico	<i>Ardisia compresca</i> , <i>A. Palmana</i>
Uruca	<i>Trichilia havanensis</i>
Yos	<i>Sapium</i>

4.0 DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DEL PROYECTO.

4.1 Directos

Los beneficios esperados se traducen en mejoramiento de los servicios ambientales, como mejoramiento de la calidad del agua potable, regulación de flujos de agua, disminución de arrastre de sedimentos, disminución de gastos por reparación a obras civiles dañadas por avenidas de agua y mayor seguridad para la ciudadanía. El número de beneficiarios directos se estima en aproximadamente 16000 pobladores y los beneficiarios indirectos es la población en general que, obtiene beneficios no reflejados por el mercado con el proyecto. Se espera también que los cambios en las prácticas recomendadas de manejo, beneficie a la empresa JASEC con una agua de mejor calidad para la generación de electricidad en la zona de estudio. Por tratarse de un tipo de reforestación netamente protectora no se consideran ingresos económicos por aprovechamiento de productos maderables, sin embargo al nivel de finca se podría contar con una fuente futura de leña para consumo interno.

4.2 Externalidades⁴

En el siguiente cuadro se identifica y describen las principales externalidades brindadas por el proyecto de reforestación en la zona.

CUADRO 3 IMPACTOS POSITIVOS IDENTIFICADOS EN EL PROYECTO DE REFORESTACIÓN DE CAUCES HÍDRICOS Y NACIENTES ABASTECEDORAS DE AGUA.

Efecto	Descripción de los impactos
Protección de suelos	❖ El establecimiento de plantaciones forestales favorece la estabilidad de los terrenos disminuyendo las tasas de erosión y sedimentación (deslizamientos, arrastre, deposición de sedimentos y pérdida generalizada de suelo), y disminución de efectos del viento (erosión eólica y protección de cultivos).
Protección del recurso hídrico	❖ Las plantaciones forestales proporcionan regularidad en el régimen hídrico, reduciendo la probabilidad de los flujos máximos y mínimos, manteniendo un flujo constante en su caudal. ❖ Las plantaciones forestales mantienen el recurso hídrico en sus recurso natural, logrando una mejor calidad de recurso.
Almacenamiento y fijación del carbono	❖ La presencia de plantaciones forestales permite la fijación y almacenamiento de carbono, intercambiando CO ₂ a través de los procesos fisiológicos, desempeñando una función esencial en la reducción del CO ₂ en el medio.
Mejoramiento del paisaje	❖ La presencia del componente arbóreo contribuye a mejorar la belleza escénica de los sitios influyendo en la creación de corredores biológicos aumentando de esta manera la flora y la fauna.
Incremento del comercio y la industria local	❖ La presencia de especies forestales mejora el comercio local promoviendo la generación de pequeñas industrias y fuentes de empleo por medio de aserraderos, mueblerías y pequeñas empresas turísticas como hoteles y restaurantes en los sitios donde se ha mejorado su belleza escénica.

Fuente: PRMC, Febrero 2000

⁴ Las externalidades son efectos positivos o negativos que genera una actividad sobre otra, generalmente dichos efectos no son reconocidos económicamente. Asimismo, el reconocimiento de una actividad como un costo o beneficio de quien lo genera o lo percibe se conoce como interiorización.

4.3 Organización y Administración

4.3.1 Unidades de: Formulación y Seguimiento y Ejecutora responsable de la operación

La sección perteneciente a la unidad de formulación, seguimiento y coordinación es la encargada de formular el presente proyecto y coordinar con otras entidades. Esta sección consta de un Economista Ambiental que, fungirá como contraparte de JASEC ante las instancias correspondientes, con el fin de llevar a feliz término esta etapa del proyecto. La parte ejecutora es la encargada de desarrollar el proyecto consta de un Ing Forestal encargado de la planificación de labores técnicas y un técnico de campo encargado de labores de monitoreo de campo, contratados a tiempo completo. Se requiere de un vehículo de doble tracción y una motocicleta. Además se requiere equipo de cómputo y equipo básico de campo como brújulas, cintas de medición, contadores, materiales didácticos y papelería.

4.3.2 Entidades de Apoyo

La unidad ejecutora deberá estar en total contacto con las oficinas sub-regionales del SINAC-MINAE, ente rector del sector forestal nacional, con el Ministerio de Educación Pública (MEP), con la Municipalidad del cantón, con las instituciones de Educación Superior como: ITCR, UCR, UNA, CATIE y otras, para coordinar los esfuerzos tendientes a desarrollar el proyecto. Se coordinará muy estrechamente con las entidades educativas de la zona, las escuelas y colegios que deberán brindar el mayor apoyo conjuntamente con los grupos organizados involucrados en el proyecto.

4.4 Indicadores y verificadores de evaluación

Los indicadores permiten medir periódicamente si los objetivos del proyecto se están alcanzando. Los verificadores de evaluación se harán con base en visitas frecuentes al campo de los técnicos de la oficina ejecutora. Se tomará en cuenta la cantidad de árboles plantados, la cantidad de hectáreas reforestadas, los porcentajes de supervivencia de las plantaciones y el desarrollo general de las plantaciones.

Otro gran indicador de éxito es la disminución de deslaves hacia las corrientes de agua y por lo tanto la disminución de los niveles de arrastre y sedimentación de materiales en los embalses.

CUADRO 4 INDICADORES Y MEDIOS DE VERIFICACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

INDICADORES	VERIFICADOR
Disminución de los niveles de sedimentación en los embalses	Control periódico por parte de JASEC para determinar niveles de sedimentación en los embalses.
Establecimiento de cobertura boscosa en cauces y nacientes hídricos	Visitas de asistencia técnica mensuales para comprobación de campo de: Número de árboles plantados Área plantada Estado fitosanitario Sobrevivencia Estado de desarrollo Control y protección

Fuente: PRMC, Febrero 2000.

4.5 COORDINACIÓN CON OTROS PROYECTOS

Este proyecto deberá coordinar esfuerzos con el “Proyecto de Manejo Integral de la Cuenca Reventazón, ICE-Angostura También es clave establecer relaciones con el “Proyecto de Identificación de áreas de recarga acuífera de la zona norte de Cartago”, el cual está siendo impulsado por la oficina regional del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) en Cartago, el servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SNAA), las municipalidades y otras instituciones de la provincia de Cartago. Al establecerse las coordinaciones, el proyecto se garantiza el objetivo proteger y manejar en forma sostenible el recurso hídrico, para garantizar su calidad y cantidad, en beneficio de los habitantes de la cuenca.

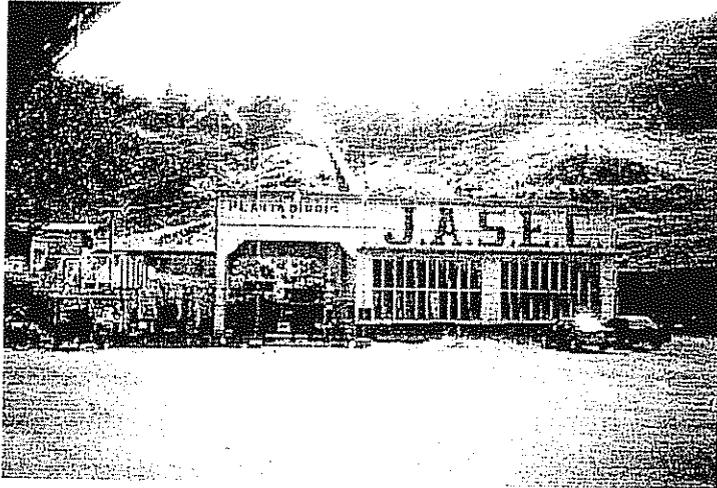
También se pueden coordinar actividades con el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y la Universidad Nacional (UNA) para que grupos de estudiantes realicen proyectos de estudio en la zona.

Por otro lado este proyecto, es importante establecer relaciones con los productores de viveros, a fin de contar con el material necesario justo para la época de siembra. Debe considerarse que los viveros, producen material para otros proyectos, por lo que es necesario que las adquisiciones de estos insumos se planifique muy bien.

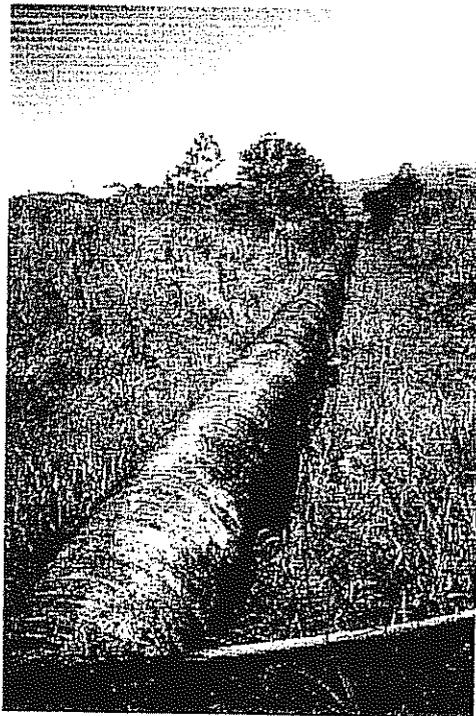
Anexo A.3 FOTOGRAFIAS Y MAPAS

 HAUTS-MONTS INC

COSTA RICA L 32A 1:40 000 09-12-08 TERRA 08 - 163



Casa de Máquinas Proyecto Hidroeléctrico BIRRIS 3, JASEC.



Tubería Reforzada en embalse Lago Sur

Cuenca del Río Birrís

Uso Actual de la Tierra

Clasificación



Bosque (762.4966 ha)

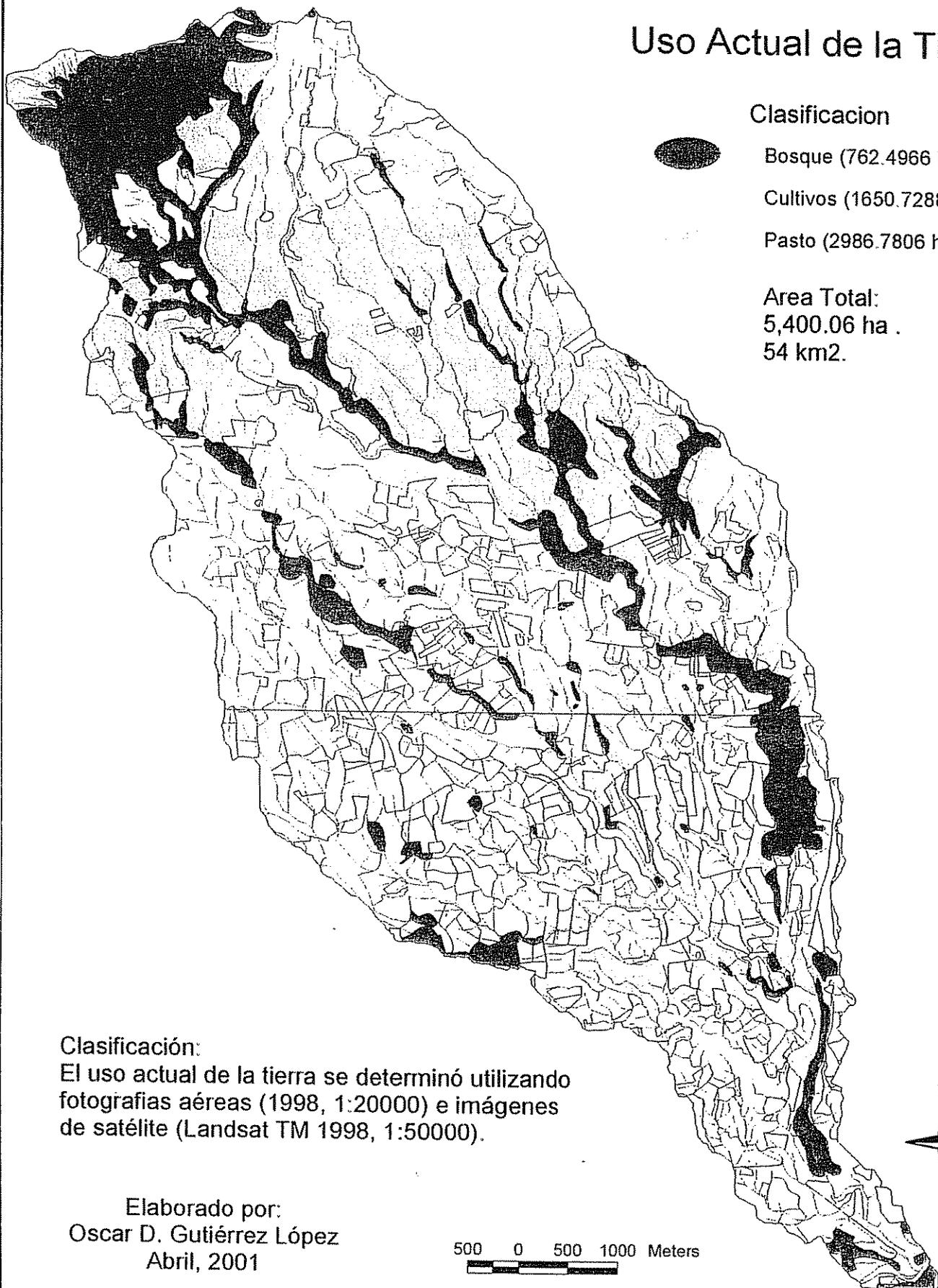
Cultivos (1650.7288 ha)

Pasto (2986.7806 ha)

Area Total:

5,400.06 ha .

54 km².



Clasificación:

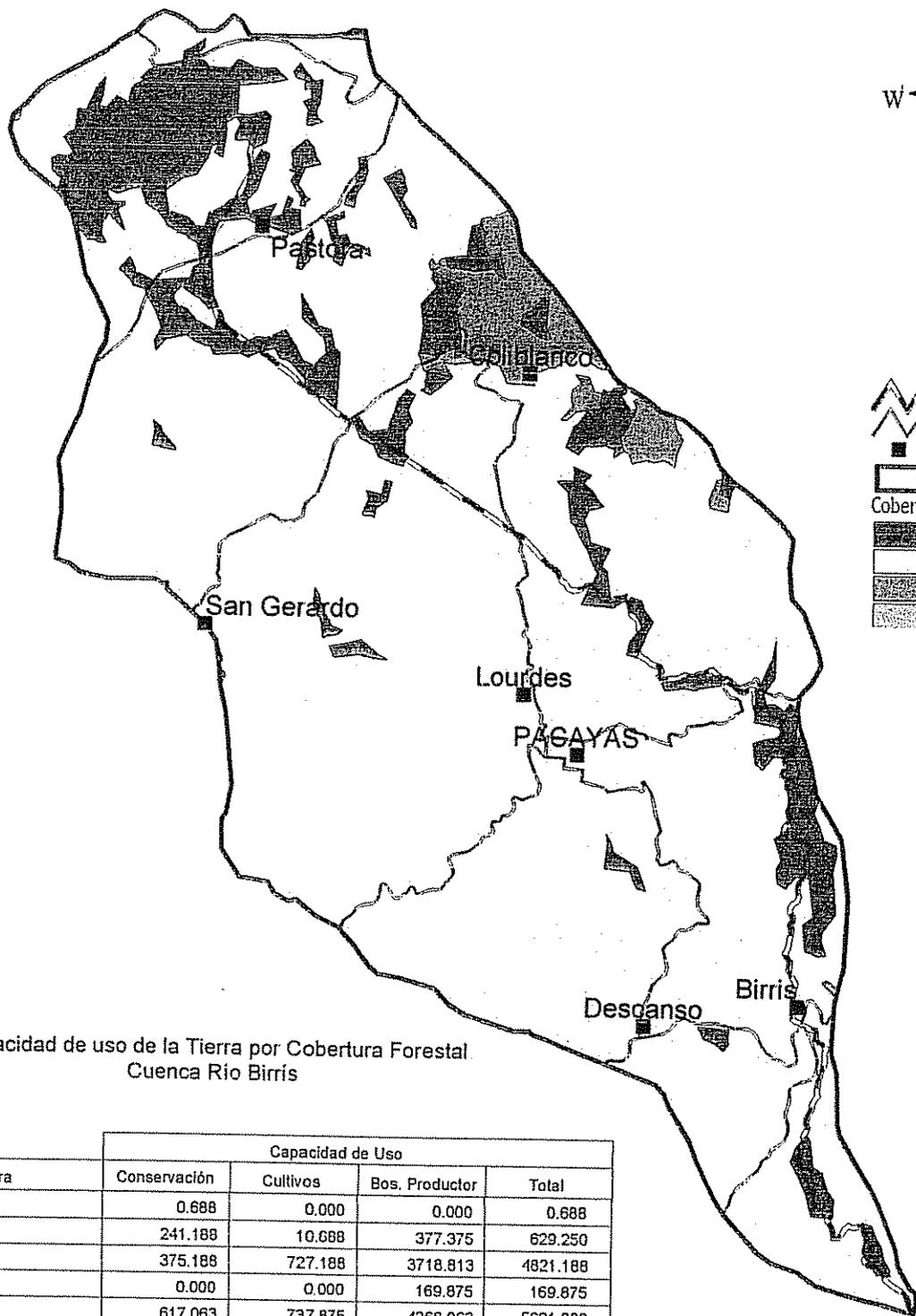
El uso actual de la tierra se determinó utilizando fotografías aéreas (1998, 1:20000) e imágenes de satélite (Landsat TM 1998, 1:50000).

Elaborado por:
Oscar D. Gutiérrez López
Abril, 2001

500 0 500 1000 Meters



Cobertura Forestal. Cuenca Río Birrís



Capacidad de uso de la Tierra por Cobertura Forestal
Cuenca Río Birrís

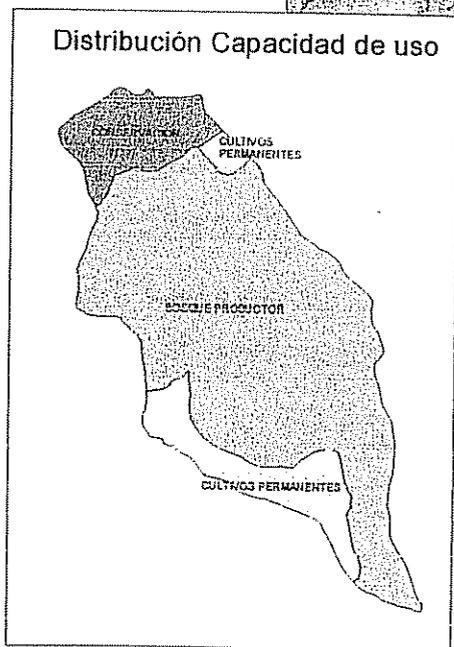
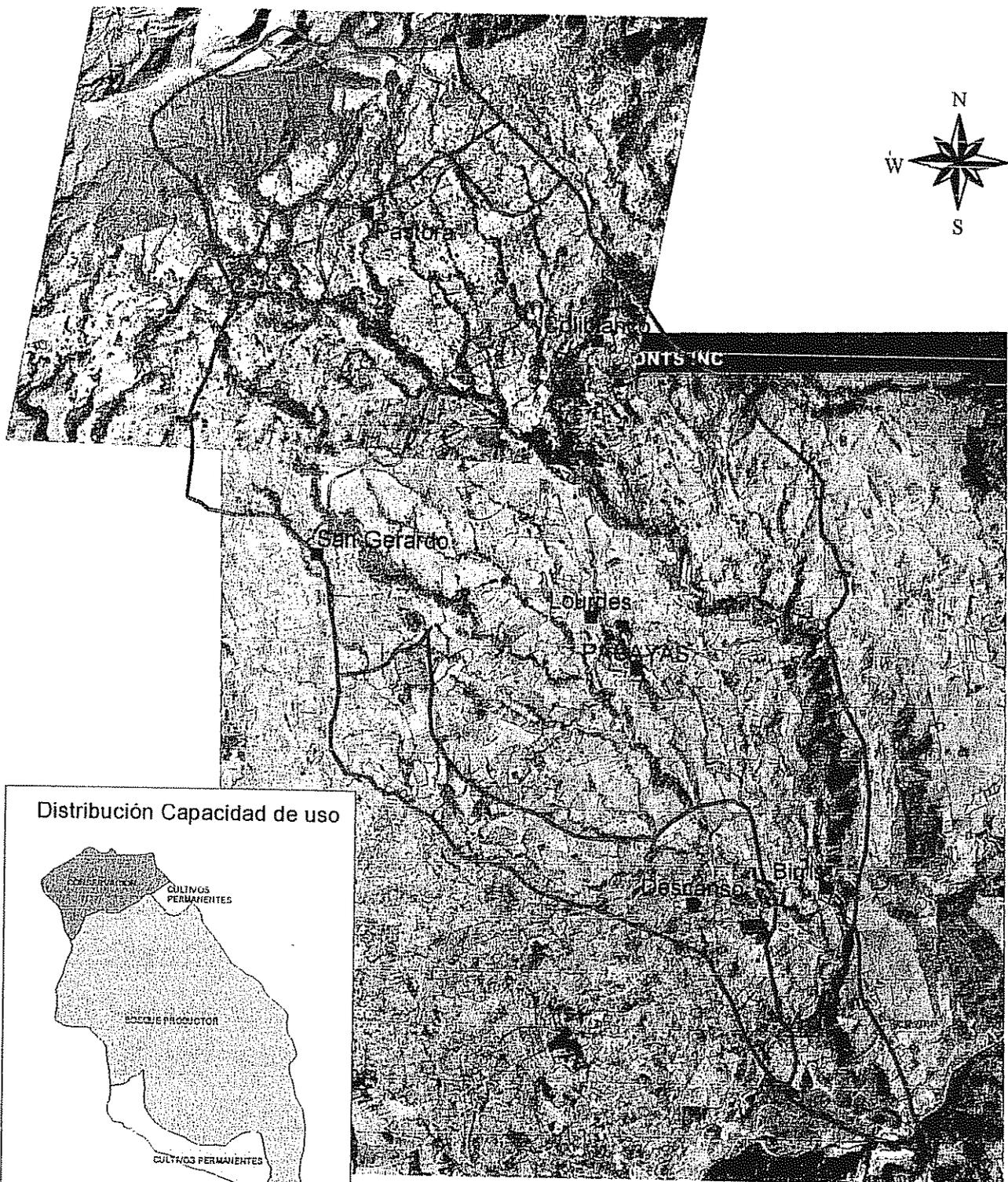
Cobertura	Capacidad de Uso			
	Conservación	Cultivos	Bos. Productor	Total
Sombras	0.688	0.000	0.000	0.688
Forestal	241.188	10.688	377.375	629.250
No Forestal	375.188	727.188	3718.813	4821.188
Nubes	0.000	0.000	169.875	169.875
Total	617.063	737.875	4268.063	5621.000



Elaborado en FONAFIFO
Octubre 2001, A Méndez



Capacidad de uso de la tierra. Cuenca Río Birrís



- Río Birrís
- Carreteras
- Poblados
- Capacidad de Uso

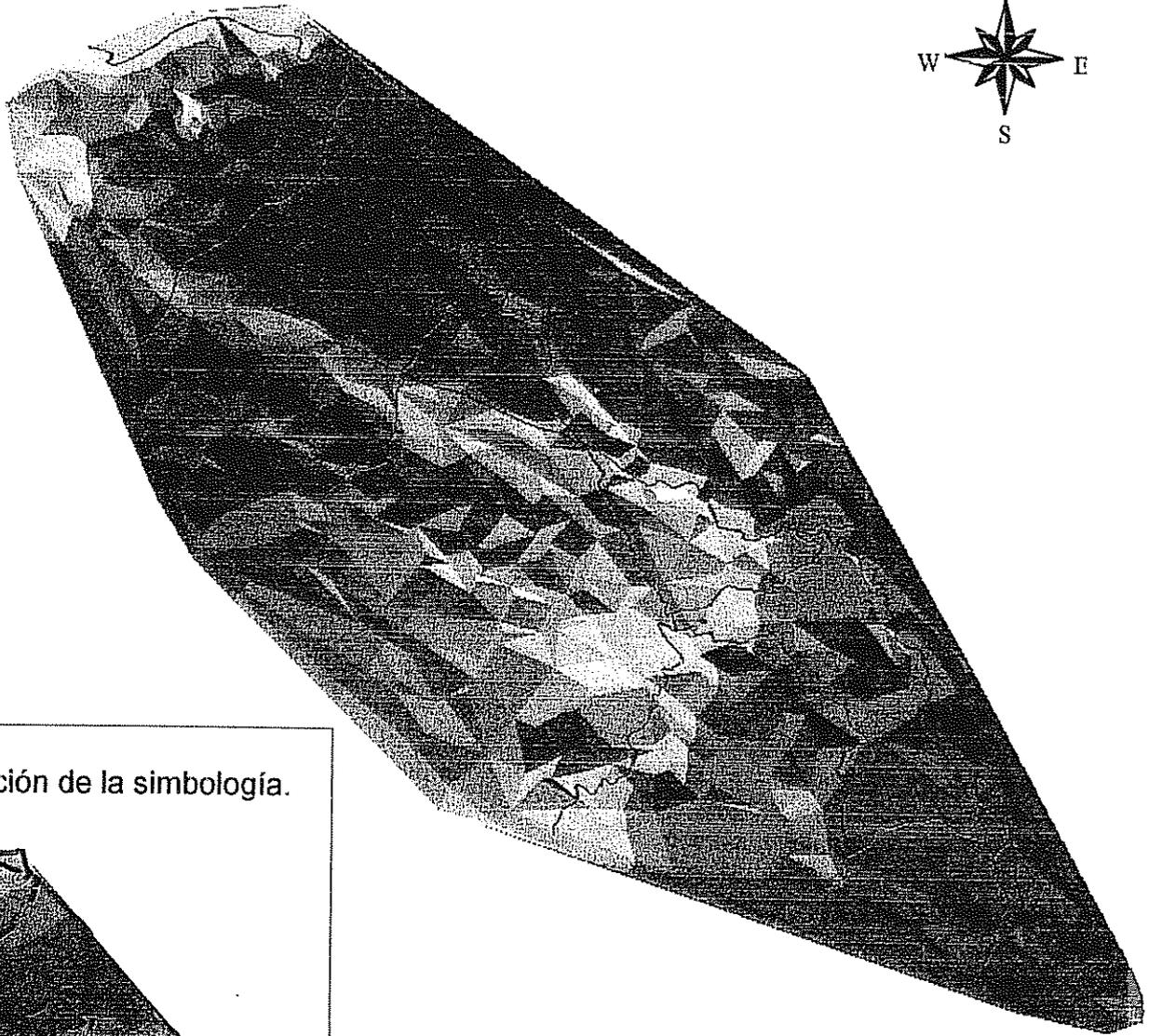
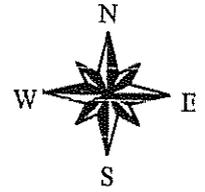
1 0 1 2 Kilometers



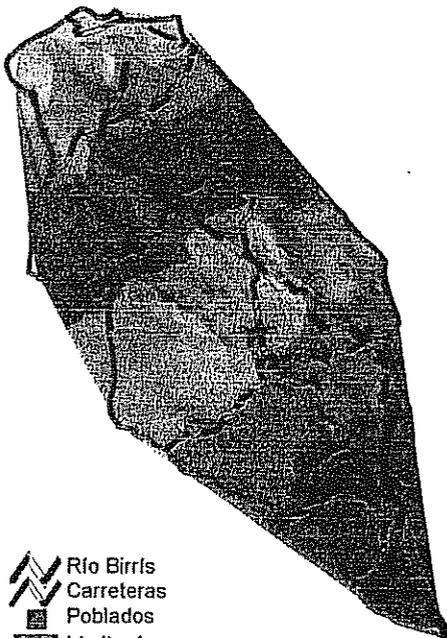
Elaborado en FONAFIFO.
Octubre 2001, A. Méndez



Vista del relieve. Cuenca Río Birrís



Descripción de la simbología.



-  Río Birrís
-  Carreteras
-  Poblados
-  Límite de cuenca



Elaborado en FONAFIFO.
Octubre 2001, A. Méndez



**Anexo A.4 Modelo SAS y Flujo de fondos de
JASEC y FONAFIFO**

14:29 Monday, November 12, 2001 1

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Monto de DAPVal

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	153054	25509	106.62	<.0001
Error	150	35887	239.24453		
Corrected Total	156	188941			

Root MSE	15.46753	R-Square	0.8101
Dependent Mean	84.07643	Adj R-Sq	0.8025
Coeff Var	18.39699		

Parameter Estimates

Variable	Label	b	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercepto	I		1	10.65878	5.03266	2.12	0.0358
OpiniónDAP	D		1	74.96564	4.23225	17.71	<.0001
Edad	E		1	-2.81551	0.89517	-3.15	0.0020
Ingreso	Y		1	3.11340	1.39989	2.22	0.0276
Conbosq	C		1	-3.77749	0.95322	-3.96	0.0001
Protbosq	P		1	12.65035	2.12725	5.95	<.0001
OpiniónTarifa	T		1	6.56724	2.65100	2.48	0.0143

FLUJO DE FONDOS DEL CONVENIO ENTRE JASEC Y FONAFIFO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
LECTURAS	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
MUNDO POR AÑO	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00	22,500.00
TOTAL AÑO	22,500.00	45,000.00	67,500.00	90,000.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00	112,500.00
TOTAL ACUMULADO JASEC	22,500.00	67,500.00	135,000.00	225,000.00	337,500.00	450,000.00	562,500.00	675,000.00	787,500.00	900,000.00	990,000.00	1,087,500.00	1,175,000.00	1,262,500.00
PROYOCOTI	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00
ESTUDIOS Y DOCUMENTACIÓN	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00
REGISTRAR SELLO VERDE - SEGURIDAD	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00	2,250.00
AGENCIA TÉCNICA LEGAL	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00
SUBTOTAL	24,000.00	26,250.00	28,500.00	30,750.00	33,000.00	35,250.00	37,500.00	39,750.00	42,000.00	44,250.00	46,500.00	48,750.00	51,000.00	53,250.00
TOTAL	46,500.00	71,250.00	94,000.00	116,750.00	139,500.00	162,250.00	185,000.00	207,750.00	230,500.00	253,250.00	276,000.00	298,750.00	321,500.00	344,250.00
ADM. CONTROL Y MONITOREO FONAFIFO	3,250.00	4,687.50	6,125.00	7,562.50	9,000.00	10,437.50	11,875.00	13,312.50	14,750.00	16,187.50	17,625.00	19,062.50	20,500.00	21,937.50
GRAN TOTAL	49,750.00	75,937.50	100,125.00	124,312.50	148,500.00	172,687.50	196,875.00	221,062.50	245,250.00	269,437.50	293,625.00	317,812.50	342,000.00	366,187.50
GRAN TOTAL ACUMULADO	49,750.00	125,875.00	251,750.00	377,625.00	503,500.00	629,375.00	755,250.00	881,125.00	1,007,000.00	1,132,875.00	1,258,750.00	1,384,625.00	1,510,500.00	1,636,375.00
TOTAL	117,117.00	201,812.50	327,750.00	453,687.50	579,625.00	705,562.50	831,500.00	957,437.50	1,083,375.00	1,209,312.50	1,335,250.00	1,461,187.50	1,587,125.00	1,713,062.50