

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



**“EL AGUA: PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PAGO POR  
SERVICIOS AMBIENTALES EN EL MUNICIPIO DE  
CINQUERA, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS.”**

**POR:  
ENRIQUE ALONSO ALAS GARCIA  
EDWIN OMAR CHICAS MUÑOZ  
ANA RUTH LIZBETH SANDOVAL LEMUS**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO**

**SAN SALVADOR, AGOSTO DEL 2003**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

Dra. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

SECRETARIO GENERAL:

Lic. LIDIA MARGARITA MUÑOZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Ing. Agr. M. Sc. FRANCISCO LARA ASCENCIO  
DECANO

Ing. Agr. JORGE ALBERTO ULLOA ERROA  
SECRETARIO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

Ing. Agr. RAUL IRAHETA VILLATORO

DOCENTES DIRECTORES:

Ing. Agr. M.Sc. RODRIGO ALFREDO MONTES MIRANDA

Ing. Agr. M.Sc. CARLOS ARMANDO VILLALTA RODRIGUEZ

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la subcuenca del Río Paso Hondo, del municipio de Cinquera, departamento de Cabañas; comprendiendo los cantones siguientes: El Cacao, El Transito, San Benito, San Francisco y El Tule.

El estudio se desarrolló durante un periodo de 15 meses, desde el 1 de febrero del 2002 al 15 de mayo del 2003.

El objetivo de la investigación fue cuantificar los beneficios ambientales del recurso agua en el bosque de Cinquera; valorar económicamente el agua y estructurar una metodología que permita desarrollar una estrategia para el Pago de los Servicios Ambientales del recurso agua, para preservar el recurso bosque de la zona.

Para lo anterior se realizó una fase de gabinete en la que se delimitó la subcuenca de estudio definiéndose las diferentes unidades pedológicas que se encuentran presentes, determinándose sus principales características biofísicas.

En la fase de campo se determinó las variables del ciclo hidrológico que se requerían para realizar la cuantificación del recurso agua, tales como: cantidad de agua que precipita, se intercepta, evapora e infiltra y escurrió en cada unidad pedológica definida.

Los niveles de almacenamiento para cada una de las microcuencas por unidad pedológica fue el siguiente:

- Microcuenca El Tule, 21703.08 Mts<sup>3</sup>.
- Microcuenca San Benito, 41737.90 Mts<sup>3</sup>.
- Microcuenca San Francisco, 4283.44 Mts<sup>3</sup>.
- Microcuenca El Cacao, 21703.08 Mts<sup>3</sup>.

Por medio de una encuesta se determino la percepción de la población en relación al pago por el servicio ambiental agua.

Conociendo la percepción de la población del municipio de Cinquera con respecto a su disposición de pago por el bien ambiental agua, se determino un precio promedio de pago por el servicio tasándose en \$0.70 cts. de dólar por el uso mensual del agua.

Utilizando la valoración por generación de energía hidroeléctrica del agua, se promedio un valor de \$0.06 cts. de dólar por metro cúbico de agua utilizado en la generación de un kilowatt de energía hidroeléctrica en las centrales operadas por CEL en nuestro país.

## AGRADECIMIENTOS

### **A NUESTROS ASESORES:**

**Ing. Agr. M. Sc. Carlos Armando Villalta Rodríguez**

**Ing. Agr. M. Sc. Rodrigo Alfredo Montes Miranda.**

Por su valiosa colaboración en la elaboración y revisión del presente documento.

**A LA ALCALDIA MUNICIPAL DE CINQUERA Y ASOCIACION DE RECONSTRUCCION Y DESARROLLO MUNICIPAL (ARDM):** por permitirnos realizar nuestra investigación en su municipio.

**A LOS POBLADORES DE LOS CANTONES SAN FRANCISCO, EL CACAO, EL TULE, SAN BENITO Y EL MUNICIPIO DE CINQUERA:** por su apoyo y confianza brindadas durante nuestra estadía.

**AL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE:** por el préstamo de equipo y asesoría de algunos docentes, en especial: Ing. Tejada, Ing. Roldan Tobar e Ing. Salomón Rivas.

**AL SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES (SNET):** en especial al Ing. Ricardo Zimmerman por proporcionarnos datos climatológicos y al Sr. Oscar Ramírez por su apoyo técnico en el uso y manejo del equipo.

**AL DECANATO:** por brindarnos su apoyo logístico.

**AI LA UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS:** por facilitarnos el uso de sus instalaciones y equipo para la elaboración de la presente investigación.

**A LOS DOCENTES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS:** que de alguna u otra forma colaboraron con nuestra investigación, en especial: Ing. Carlos Enrique Ruano y al personal del Departamento de Química Agrícola.

**A DON CHEMITA:** por la elaboración de los mapas.

**A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:** por habernos proporcionado nuestra formación académica.

**EL GRUPO**

## DEDICATORIA

**A DIOS Y LA SANTISIMA VIRGEN DE GUADALUPE:** por iluminar y orientar mis pasos durante todo mi camino y hacer realidad mi sueño de ser profesional.

### **A MIS PADRES**

**José Arnulfo y Ruth** por su confianza, amor y entrega siendo el mejor ejemplo a seguir en mi vida ¡los amo!.

### **A MIS HERMANOS:**

**Carlos Ernesto, José Arnulfo y Luis Hernán** por apoyarme y darme ánimos en los momentos difíciles y sobre todo por su amor y cariño.

### **A MIS SOBRINOS:**

**Luis Hernán, Luisa Malena, Belma del Mar, Miriam Marilena y Carlos Andrés** por ser parte de mi inspiración para seguir adelante.

### **A MIS CUÑADAS:**

**Marilena y Belma,** por estar presentes y apoyarme cuando las necesite y demostrarme todo su cariño

### **A MIS TIOS, PRIMOS Y AMIGOS DE FAMILIA**

Por sus oraciones y palabras de apoyo en todo momento

### **A HENRY:**

Por todos estos años de amor, paciencia y sacrificios.

### **A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:**

**Enrique (Pep) y Edwin Chicas** por haberme demostrado que somos amigos antes de ser compañeros, por cuidarme y protegerme en los momentos difíciles, por todos los obstáculos que logramos superar y sobre todo por su apoyo incondicional, **Gracias Amigos**

### **A MIS ASESORES:**

**Ing. Villalta e Ing. Montes** por haber sido las personas que más nos apoyaron para hacer de nuestra tesis un éxito y por ser excelentes amigos con quienes se puede contar.

### **AL PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO:**

Que de alguna u otra forma me apoyaron para hacer realidad mi sueño de ser profesional

### **A MIS AMIGOS**

**Ing. Leyton, Pep, Eugenia, Guayo y el Pelón** por todos los años de compartir como buenos amigos y contar en todo momento con su cariño y comprensión.

### **A MIS COMPAÑEROS DE ASECCAS Y DE LA FACULTAD:**

**Pep, Luis Osmaro, la Eu, Oscar Rivas, Katia, Albino, Chinchilla, Chalate, Silver y Emilia, Guayo y Natalia, Chumby y Majo, Juan Carlos, Joan y Yessi, Maria José y Rodrigo, Oso y Vanessa, Nats, Chele – Chele, Francis, Pesqui, Napo, Julito, Julio Moz, Lupita y Hugo, Peluquín, Zavala, Pedro, Rafa, Irene, Abarca, Nilhson, y Jackie** por todos esos momentos felices y tristes que hemos compartido juntos, **por todo, gracias.**

### **A LA UES**

Por darme la oportunidad de conocerla y acogerme como parte de ella, inculcandome valores profesionales, respeto hacia su historia, y sintiendo orgullo de ser Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional.

**ANA RUTH LIZBETH**



## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por haberme iluminado durante mi carrera y permitirme realizar uno de mis mas anhelados sueños.

### **A MI PADRE, NATIVIDAD DE JESUS MUÑOZ (CHUSIN):**

Por su apoyo incondicional durante mis triunfos y fracasos, alegrías y tristezas y sobre todo por ser mi mejor amigo y el mejor papa del mundo.

### **A MI MADRE ANA MILAGRO CHICAS.**

Por darme la vida que me permite ahora estar aquí cumpliendo mis sueños

### **A MI ABUELA MARIA VIUDA DE MUÑOZ**

Por sus consejos, sus oraciones y su ternura.

**EDWIN OMAR CHICAS MUÑOZ**

## DEDICATORIA

**A DIOS**, por guiarme hasta esta fase de mi vida, por sus bendiciones y por permitirme alcanzar este sueño. Gracias viejo amigo.

**A MIS PADRES, Alonso Enrique y Sara Natalia**, por darme la vida, su esfuerzo, comprensión, cariño, apoyo y por darme la mejor herencia para un hijo: amor y educación.

**A MIS HERMANAS, Nataly y Karla**, por su cariño y apoyo.

**A MIS ABUELOS, Francisco Alas (Q.D.D.G.); Antonia Alas; Diego José García; Carmen Cerna**, por haber comenzado el camino de mi vida, por regalarme los padres que tengo y por estar siempre en sus oraciones.

**A MIS TÍOS, TÍAS Y PRIMOS**, por sus palabras de apoyo.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS, Anita y Edwin**, por su paciencia, comprensión, amistad y sobre todo por haberme permitido compartir con ellos esta interesante experiencia y completar juntos un sueño más en nuestras vidas. Gracias totales.

**A MIS ASESORES DE TESIS, Ing. Villalta e Ing. Montes**, por su tiempo y dedicación brindados para terminar con éxito esta tesis.

**A MIS COMPAÑEROS DE CLASES: Eu, Luis, Katya, Oscar, Iván, Albino, Chinchilla, Milton**, por su amistad y por su apoyo cuando los necesite.

**A MIS AMIGOS: Henry y Anita, Pelón, Silver y Emilia, Hugo y Lupíta, Chumby y Majo, Nilhson, Julio Snake, Abarca, Pesqui, Siliezar y Xochilt, Guayo y Natalia, Irene, Karen, Joan y Jessy, Juan Carlos y Eu, Chalate, Che, Rodrigo y María José, Oso y Vanessa Ricardo, Pato, Chele chele, Peluquín, Choto, Frank, Nats, Napo, Jackie, Mirella, Maria Eugenia**: por estar conmigo en los momentos buenos y malos, por su apoyo con las encuestas y la computadora y sobre todo por las tardes de charla sobre cualquier tema y café que hicieron menos aburrido el desarrollo de esta tesis. Gracias y cuenten conmigo siempre.

**AI PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO**, que nos brindaron sus conocimientos y su apoyo a lo largo de estos cinco años de estudio.

*“Con tu escudo o sobre él”*

**ENRIQUE ALONSO ALAS GARCÍA**

## INDICE

RESUMEN .....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Ciclo Hidrológico .....	3
2.2. Balance Hídrico en una Cuenca.....	5
2.3. Hidrogramas .....	8
2.4. Definición de Servicios Ambientales .....	8
2.6. Características de los servicios ambientales.....	10
2.8. Represas.....	11
2.9. Centrales Hidroeléctricas.....	12
2.10. Energía hidroeléctrica.....	13
2.11. Sistema nacional de generación de energía.....	14
2.12. Recursos hidroeléctricos.....	14
2.13. Valoración económica .....	15
2.6 Pago por Servicios Ambientales en El Salvador .....	18
2.5 Diversos esquemas de PSA y éxito en su implementación .....	19
2.7 Ejemplos de Pago por Servicios Ambientales en El Salvador.....	21
2.7.1 Parque Nacional El Imposible.....	21
2.7.2. Café amigable con la biodiversidad .....	21
2.7.3 Suministro de agua en la microcuenca del Río El Gualabo, Morazán .....	21
2.8 Retribución a los productores de los servicios ambientales .....	22
2.9 Incentivos y Pago por Servicios Ambientales .....	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1 Descripción general del área.....	24
3.1.1 Ubicación.....	24
3.1.2. Clima .....	24
3.2 Aspectos edáficos .....	25
3.2.1. Suelos .....	25
3.3 Vegetación.....	26
3.4. Metodología.....	28

3.4.1. Etapa I: Análisis preliminar de gabinete .....	28
3.4.1.1. Delimitación de unidades hidrológicas de estudio.....	28
3.4.1.2. Calculo de la precipitación media por Polígonos de Thiessen .....	29
3.4.1.3. Estimación de parámetros fisiográficos.....	29
3.6 Etapa II: Recolección de datos en el campo .....	30
3.6.1. Selección de Unidades Hidrológicas.....	30
3.6.2. Recolección de información de precipitación puntual.....	30
3.6.2.1. Precipitación Incidente.....	30
3.6.2.2. Precipitación interceptada.....	31
3.6.2.3. Pruebas de infiltración.....	32
3.6.2.4. Muestreo de suelo.....	33
3.6.2.5. Estimación de caudales.....	33
3.6.2.6. Estimación del almacenamiento de agua.....	34
3.7. Valoración del Agua.....	35
3.7.1. Valoración del agua en función a la disponibilidad de pago.....	36
3.7.2. Valoración en términos de producción energética .....	37
4. DISCUSION DE RESULTADOS .....	38
4.1. Principales características biofísicas de la subcuenca del Río Paso Hondo.....	38
4.1.1. Estimación de la precipitación media.....	39
4.1.2. Estimación de la precipitación puntual.....	40
4.1.1. Almacenamiento en la cuenca del Río Paso Hondo .....	43
4.1.2. Valoración energética del agua.....	45
4.2.3. Discusión de resultados de las encuestas.....	47
4.8. Metodología de pago .....	51
5. CONCLUSIONES.....	55
6. RECOMENDACIONES .....	56
7. BIBLIOGRAFÍA.....	57
8. ANEXOS.....	60

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la cuenca del Río Paso Hondo .....	24
Figura 2 : Mapa de ubicación de las microcuencas.....	28
Figura 3: Pluviómetro y pluviógrafo utilizados en la toma de datos de precipitación en la cuenca. ....	30
Figura 4: Sistema de recolección de agua en el dosel del árbol para medir el escurrimiento por follaje.....	31
Figura 5: recolección de agua captada en el follaje del árbol.....	32
Figura 6: Infiltrómetro utilizado en las pruebas de infiltración realizadas en la cuenca. ....	32
Figura 7: Toma de muestras para realizar el análisis de densidad aparente del suelo en la cuenca. ....	33
Figura 8 : medición del caudal en una de las subcuencas del Río Paso Hondo. ....	34
Figura 9: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca del río San Benito .....	40
Figura 10: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca del río San Francisco .....	41
Figura 11: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca El Tule .....	42
Figura 12: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca El Cacao.....	42
Figura 13: Disposición de pago de los habitantes de Cinquera, de acuerdo a los datos de la encuesta. ....	47
Figura 14: Factores que influyen en la disposición de pago. ....	49
Figura 15: Valoración del recurso agua, según los pobladores de Cinquera.....	50
Figura 16: Valoración del recurso bosque en Cinquera. ....	51

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las Centrales Hidroeléctricas. ....	15
Cuadro 2: Especies arbóreas más comunes observadas en el bosque de Cinquera.....	26
Cuadro 3: Distribución de los grupos familiares y número de encuestas en el municipio de Cinquera. ....	37
Cuadro 4. Características biofísicas de las subcuencas del Río Paso Hondo.....	38
Cuadro 5: Valores mensuales y anuales de evapotranspiración potencial. (En mm). Estación Cerrón Grande y Cojutepeque. ....	39
Cuadro 6: Precipitación mensual y anual. Estación Cerrón Grande y Cojutepeque. ....	39
Cuadro 7: Factores de conversión de metros cúbicos a kilowatts utilizados por las centrales hidroeléctricas.....	46
Cuadro 8: Rendimiento en dólares de la generación de electricidad utilizando el agua almacenada en la cuenca del Ríos Paso Hondo.....	46

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados obtenidos en las pruebas de densidad aparente. ....	61
Anexo 2. Modelo de encuesta desarrollada en la subcuenca del Río Paso Hondo.....	62
Anexo 3: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca El Cacao.....	65
Anexo 4: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca El Tule .....	66
Anexo 5: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca San Francisco.....	67
Anexo 6: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca San Francisco.....	68

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura en El Salvador tradicionalmente se ha visto como una fuente de empleo, de divisas o de alimentos para el autoconsumo. Actualmente se empiezan a tomar en cuenta las áreas rurales como proveedores de servicios ambientales. Ejemplos son la provisión de cantidades suficientes de agua potable, aire limpio, control de la erosión en la captación de agua para la generación de energía hidroeléctrica, la preservación de la biodiversidad o el almacenaje de bióxido de carbono en las plantas silvestres cultivadas.

Los servicios ambientales son aquellos que brindan fundamentalmente pero no exclusivamente las áreas silvestres (sean bosques, pantanos, humedales, manglares, llanuras, arrecifes, sabanas), las áreas que en su conjunto conforman ecosistemas, paisajes, cuencas hidrográficas, y eco-regiones. Estos servicios todavía no se valoran adecuadamente y generalmente no se pagan con excepción de unos pocos países.

Hasta la década de los setentas, el agua consumida en el Área Metropolitana de San Salvador era provista por los acuíferos locales, sin embargo, el crecimiento poblacional en dicha zona y los desordenados patrones de crecimiento urbano e industrial han ido agotando las fuentes de agua, a tal grado que para los ochenta el abastecimiento se complementó con acuíferos fuera del área (hacia el norte), y para los noventa, ha tenido que traerse agua directamente del río Lempa para satisfacer la creciente demanda de agua. El aporte de esta fuente superficial pasó de ser de un 23 % a un 31 % en solo tres años (Rosa, 1999).

Esta gran cantidad de beneficios comienzan a ser explotados con metodologías de pagos por servicios ambientales, estas metodologías permiten a los productores agrícolas obtener recursos extras a su producción a partir de sus producciones agrícolas. Costa Rica y Nicaragua están a la vanguardia en Metodologías de Pagos por Servicios Ambientales con programas de capturas de carbonos auspiciados por el Protocolo de Kyoto.



En El Salvador, comienzan a hablarse de Pagos por Servicios Ambientales como una propuesta del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para implementarla en zonas que otorguen estos beneficios.

Existen convenios para el pago por el agua, uno de ellos es el implementado en el Parque Nacional El Imposible en donde los usuarios se comprometen a pagar una tarifa mensual por familia que contribuya a los gastos de administración, operación y mantenimiento del sistema de flujo de agua que provee el parque (Rosa, Herrador y González, 1999).

Como parte de esta iniciativa se presenta una Propuesta Metodológica de Pago por Servicios Ambientales en el municipio de Cinquera, departamento de Cabañas para establecer una metodología de pago por el recurso hídrico que se genere en la zona por la captación del recurso agua en el bosque de Cinquera.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Ciclo Hidrológico

La idea del Ciclo Hidrológico que hoy nos parece tan intuitiva, durante siglos no fue comprendida por filósofos y científicos creyendo que el ciclo se realizaba al revés; el agua penetraba en la corteza desde el fondo de los océanos, se almacenaba en la profundidad, posiblemente en grandes cavernas y ascendía después por el calor de la Tierra hasta las partes altas de las montañas, surgiendo en las zonas de nacimiento de los ríos.

No creían posible que el caudal de un gran río fuera producido exclusivamente por las lluvias y les maravillaba la existencia de manantiales en lugares topográficamente elevados y con caudales relativamente constantes.

Hoy en día se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea. (Sánchez, 2001).

Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin, y su descripción puede comenzar en cualquier punto. Dentro del ciclo debemos remarcar algunos aspectos importantes:

1. La escorrentía subterránea es mucho más lenta que la superficial. La lentitud (a veces inmovilidad) de la escorrentía subterránea confiere al ciclo hidrológico algunas características fundamentales como que los ríos continúen con caudal mucho tiempo después de las últimas precipitaciones.
2. Las aguas subterráneas no son mas que una de las fases o etapas del ciclo del agua, no tienen ningún misterioso origen magmático o profundo. A veces se olvida esta obviedad y se explotan las aguas de una región como si nada tuvieran que ver con las precipitaciones o la escorrentía superficial, con resultados indeseables.

Como se trata de un ciclo, podríamos considerar todas sus fases comenzando desde cualquier punto, pero lo más intuitivo puede ser comenzar en la Precipitación y considerar que caminos puede seguir el agua que cae sobre los continentes en las precipitaciones:

a. **Evaporación:** Una parte se evapora desde la superficie del suelo (charcos) o si ha quedado retenida sobre las hojas de los árboles. A este último fenómeno se le denomina “Interceptación”, y en lluvias de corta duración sobre zonas de bosque puede devolver a la atmósfera una gran parte del agua precipitada sin haber tocado el suelo.

b. **Infiltración:** El agua infiltrada puede, a su vez, seguir estos caminos:

- Se evapora desde el suelo húmedo, sin relación con la posible vegetación.
- Las raíces de las plantas absorben el agua infiltrada en el suelo, una pequeña parte es retenida para su crecimiento y la mayor parte es transpirada.
- La suma de estos dos factores forman la **evapotranspiración**.
- La escorrentía subsuperficial o hipodérmica, tras un corto recorrido lateral antes de llegar a la superficie freática acaba saliendo a la superficie.
- Si no es evaporada ni atrapada por las raíces, la gravedad continuara llevándola hacia abajo, hasta la superficie freática; allí aun puede ser atrapada por las raíces de las plantas “freatofitas” de raíces muy profundas, y que a diferencia de otras plantas, buscan el agua del medio saturado (Sánchez, 2001).

c. **Escorrentía superficial:** el agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre superficialmente. Aun le pueden suceder varias cosas:

**C1.** Parte es evaporada: desde la superficie de ríos, lagos y embalses también se evapora una pequeña parte

**C2.** Otra parte puede quedar retenida como nieve o hielo o en lagos o embalses.  
 (“Escorrentía superficial diferida”)

**C3.** Finalmente una parte importante es la escorrentía superficial rápida que sigue su camino hacia al mar.

En resumen, hemos visto que el agua precipitada puede:

- sufrir Evaporación y Evapotranspiración
- escurrir superficialmente
- construir escorrentía subterránea

Otros términos importantes son:

**Escorrentía directa:** la que llega a los cauces superficiales en un periodo de tiempo corto tras la precipitación y que normalmente engloba la escorrentía superficial y la subsuperficial. Son imposibles de distinguir: una gran parte de lo que parece escorrentía superficial (por el aumento de los caudales que sigue a las precipitaciones) ha estado infiltrada subsuperficialmente.

**Escorrentía básica:** la que alimenta los cauces superficiales en los estiajes, durante los periodos sin precipitaciones, concepto que engloba la Escorrentía Subterránea y la superficial diferida (Aparicio, 1989).

## 2.2. Balance Hídrico en una Cuenca

**Cuenca Hidrográfica** es la definida por la topografía, fácilmente delimitable sobre un mapa topográfico. **Cuenca hidrogeológica** es un concepto que engloba también a las aguas subterráneas. Una cuenca hidrográfica constituirá también una cuenca hidrogeológica cuando no existan trasvases apreciables de aguas subterráneas de una cuenca a otra, es decir, que podamos considerar que las divisorias topográficas que dividen a la escorrentía superficial constituyen también divisorias de la escorrentía subterránea entre cuencas adyacentes. Esto se cumple en general para cuencas grandes de más de 1000 o 2000 Km<sup>2</sup> (Sánchez, 2001).

Para cuencas pequeñas habría que considerar la hidrogeología de la zona con cuidado.

Cuando hace tiempo que no se producen precipitaciones, un río puede continuar llevando agua por las siguientes razones:

- Nieve o hielo que se están fundiendo

- Almacenamiento superficial: lagos, embalses
- Almacenamiento subterráneo: acuíferos

Para un año hidrológico el balance hídrico sería:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \Delta \text{ almacenamiento}$$

$$\text{Precip. (+ Agua de otras cuencas)} = \text{ET} + \text{Esc. Sup} + \text{Esc. Subt (+Agua a otras cuencas)} \pm \Delta \text{ almac.}$$

Si es una cuenca cerrada:

$$\text{Precip.} = \text{ET} + \text{Esc. Sup.} + \text{Esc. Subt.} \pm \Delta \text{ Almac.}$$

Y si, además es para un periodo de más de 20 años:

$$\text{Precip.} = \text{ET} + \text{Esc. Sup.} + \text{Esc. Subt.}$$

Parece muy simple pero para conocer el funcionamiento de una cuenca como unidad hidrogeológica es necesario cuantificar su balance hídrico

También se establece el balance hídrico de un acuífero concreto o de un “sistema acuífero” (= conjunto de acuíferos que se consideran conjuntamente).

La ecuación general ( $\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \Delta \text{ almac}$ ) es la misma que para la cuenca como unidad, pero en un acuífero hay que considerar entradas y salidas desde y hacia otros acuíferos, infiltración o recarga artificial, bombeo, salida hacia los cauces o el mar, etc.

El balance hídrico de una cubierta arbórea puede expresarse en términos de las dos fórmulas generales siguientes:

$$P = \text{ETR} + R + D \pm \Delta H$$

P : precipitación sobre el bosque      ETR : evapotranspiración

R : escorrentía      D : drenaje

$\Delta H$  : variaciones de la reserva de agua del suelo

$$P = P_{\text{suelo.}} + E_{\text{tallo}} + I$$

Donde:

$P_{\text{suelo.}}$  : Precipitación que atraviesa el dosel y llega hasta el suelo

$E_{\text{tallo}}$  : escurrimiento por el tallo: intercepción.

Parte del agua de las lluvias que cae en un bosque es retenida temporalmente por las ramas y hojas de los árboles o arbustos, retornando a la atmósfera como vapor de agua, el resto alcanza el piso del suelo pasando directamente por los espacios vacíos de las copas de los árboles o escurre por los troncos.

Según Stadtmuller (1994) los efectos y funciones hidrológicas más importantes de los bosques tropicales son:

Interceptan cantidades considerables de la precipitación bruta, por lo que el insumo de agua (precipitación neta) es menor que en otras coberturas vegetales.

Muestran altas tasas de evapotranspiración lo que significa una pérdida de agua.

Los suelos forestales en el trópico húmedo en general muestran altas tasas de infiltración y poca escorrentía superficial, a pesar de las altas cantidades e intensidades de la precipitación.

Muy eficientes en proteger el suelo contra erosión superficial a pesar del alto potencial erosivo de la lluvia, la densa vegetación del bosque y las capa del material orgánico en descomposición (aunque ésta a menudo es bastante delgada) son los factores principales en proteger el suelo, y en laderas protegen contra erosión en masas, particularmente contra deslizamientos con superficies de deslizamiento poco profundas.

Una cuenca cubierta de bosque garantiza el cumplimiento de los más altos requerimientos de calidad de agua, comparado con otros tipos de uso de la tierra.

### 2.3. Hidrogramas

Para usar el método del hidrograma unitario, en cualquiera de las modalidades, siempre es necesario contar con al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca, además de los registros de precipitación. Sin embargo, la mayor parte de las cuencas, no solo en nuestro país, sino en todo el mundo, no cuentan con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios.

Por ello, es conveniente contar con métodos con los que puedan obtenerse hidrogramas unitarios usando únicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas unitarios así obtenidos se denominan **sintéticos**. (Aparicio, 1985).

El hidrograma unitario de una cuenca es el que se produciría en la salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación de magnitud y duración determinadas.

Si disponemos de ese hidrograma para una cuenca determinada, podremos construir el hidrograma producido por cualquier precipitación. (Sánchez, 2001).

### 2.4. Definición de Servicios Ambientales

Los servicios ambientales se refieren al amplio rango de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas (naturales y artificiales) y las especies que forman parte de ellos, ayudan a sostener y satisfacer la vida humana. Estas condiciones y procesos mantienen la biodiversidad y la producción de bienes y servicios, tales como: alimentos, recreación, suministro de agua, madera, combustible, fibras naturales, productos industriales y farmacéuticos. La producción y comercialización de estos bienes y servicios representan un aspecto importante de la actividad económica. Además de esta producción, los servicios ambientales mantienen la vida humana a través de:

- Purificación de agua y aire
- Mitigación de inundaciones y sequías
- Generación y preservación de suelos y renovación de su fertilidad

- Descomposición de residuos
- Polinización de cosechas y vegetación natural
- Dispersión de semillas
- Rotación y movimiento de nutrientes
- Control de un gran número de plagas
- Mantenimiento de la biodiversidad
- Protección de las costas marinas de la erosión de las mareas
- Protección de los rayos ultravioletas
- Estabilización parcial del clima
- Moderación de climas extremos y sus impactos (Carrillo, 2001)

El ecosistema es la unidad fundamental de la naturaleza, y está conformado por una comunidad de organismos y especies distintas que interactúan entre sí, además de hacerlo con los factores químicos y físicos que constituyen su ambiente no vivo (Quezada, 1997).

La composición heterogénea de un ecosistema, y las distintas interacciones que se suceden entre los organismos, dan lugar a una serie de funciones y procesos al nivel del mismo, que proporcionan algunos beneficios a los distintos organismos de todo el sistema.

Ejemplos de estas funciones son: la regulación de la composición química de la atmósfera; la regulación de los flujos hidrológicos y el almacenamiento y retención de agua; regulación de la temperatura y el clima; la generación de hábitats para especies de flora fauna y microorganismos, el movimiento de gametos florales; la regulación de los tamaños poblacionales; el proceso de formación de suelos, adquisición, almacenamiento y reciclado de nutrientes, descomposición y procesamiento de compuestos y nutrientes, etc. Estos procesos y/o funciones pueden de una forma directa o indirecta proporcionar algunos bienes y/o servicios para las poblaciones humanas (sociedad), de aquí es que surgen los términos de “bienes y servicios ambientales”.

Estos se refieren, entre otros, al suministro de alimentos, la provisión de madera, combustible, medicamentos, oportunidades para el recreo y el turismo, e interfiere con funciones ecológicas esenciales tales como la regulación de la escorrentía, el control de la erosión del suelo, la asimilación de desechos y la purificación del agua y el ciclo del carbono y los nutrientes (Quezada, 1997).



## 2.5. Tipos de servicios ambientales.

Existen una gran cantidad de servicios ambientales que pueden entrar dentro de un esquema de “pago por servicios ambientales”, entre estos servicios tenemos:

- *Conservación de la biodiversidad*: Un servicio global sobre el cual se fundamenta la sobre vivencia de los recursos naturales, mediante la protección y uso sostenible de las especies, conservación de los ecosistemas y los procesos ecológicos de los cuales se deriva la diversidad biológica y formas de vida.
- *Protección de recursos hídricos*: En términos de calidad, distribución en el tiempo y cantidad; para uso urbano, rural, industrial e hidroeléctrico.
- *Belleza escénica*: Derivada de la presencia de bosques, paisajes naturales y elementos de la biodiversidad, que son los atractivos y la base para el desarrollo del turismo en sus diferentes formas.
- *Mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero*: Mediante la fijación, reducción y almacenamiento de carbono y otros gases con efecto invernadero.
- *Mitigación de áreas vulnerables*: El mantenimiento de las áreas como bosques, humedales y manglares, que mitigan los impactos de los desastres causados por las inundaciones, derrumbes, sequías, etc., asociados con fenómenos naturales (Espinoza, Gatica y Smyle, 1999).

## 2.6. Características de los servicios ambientales

Los servicios ambientales son aquellos que brindan fundamentalmente pero no exclusivamente las áreas silvestres (sean bosques, pantanos, humedales, manglares, llanuras, arrecifes, sabanas), las áreas que en su conjunto conforman ecosistemas, paisajes, cuencas hidrográficas, y eco-regiones. Estos servicios todavía no se valoran adecuadamente y generalmente no se pagan con excepción de unos pocos países (Rosa, *et al*, 1999).

## **2.7. Importancia del pago de servicios ambientales.**

Los alcances de la degradación ambiental han dado origen al creciente reconocimiento de los servicios ambientales o funciones ecológicas que prestan los ecosistemas. Cambiando la visión tradicional de estos como productores de alimentos, materia prima y otros; hacia una nueva visión que los identifica por su rol en la generación de servicios ambientales (Espinoza, 1999).

El reconocimiento de la producción de servicios ambientales esta generando novedosos planteamientos alternativos que buscan retribuir el esfuerzo de los agentes en su producción. La reciente tendencia hacia la venta de servicios ambientales provenientes del bosque y agroecosistemas en el ámbito global, nacional y local proporcionan a estas zonas productoras, a través de sus propietarios y administradores, nuevas posibilidades de captar el valor de, al menos, una parte de los beneficios ambientales y sociales que no han sido reconocidos en el pasado por los mercados (PNUD, 1999).

## **2.8. Represas**

Barrera artificial que se construye en algunos ríos para embalsarlos y retener su caudal. Los motivos principales para construir presas son concentrar el agua del río en un sitio determinado, lo que permite generar electricidad , regular el agua y dirigirla hacia canales y sistemas de abastecimiento, aumentar la profundidad de los ríos para hacerlos navegables, controlar el caudal de agua durante los periodos de inundaciones y sequía, y crear pantanos para actividades recreativas. Muchas presas desempeñan varias de estas funciones.

La primera presa de la que se tiene constancia se construyó en Egipto en el 4000 a.C. para desviar el cauce del Nilo y proporcionar más terreno a la ciudad de Menfis. Muchas presas de tierra antiguas, como las construidas por los babilonios, formaban parte de un complejo sistema de riego que transformaba regiones no productivas en fértiles vegas capaces de mantener a grandes poblaciones. Muy pocas de más de un siglo de antigüedad se mantienen en pie debido a los destrozos de las inundaciones periódicas. La construcción de presas de altura y capacidad de almacenamiento

considerable, casi indestructible, se hizo posible gracias al desarrollo del cemento Pórtland, del hormigón, y al uso de máquinas para mover tierra y equipamiento para el transporte de materiales.

El control y la utilización del agua mediante presas afectan de modo importante las posibilidades económicas de grandes áreas.

## **2.9. Centrales Hidroeléctricas**

La energía hidroeléctrica es una de las más rentables. El coste inicial de construcción es elevado, pero sus gastos de explotación y mantenimiento relativamente bajos. Aún así tienen unos condicionantes:

- Las condiciones pluviométricas medias del año deben ser favorables.
- El lugar de emplazamiento está supeditado a las características y configuración del terreno por el que discurre la corriente de agua.

El funcionamiento básico consiste en aprovechar la energía cinética del agua almacenada, de modo que accione las turbinas hidráulicas.

En el aprovechamiento de la energía hidráulica influyen dos factores: el caudal y la altura del salto para aprovechar mejor el agua llevada por los ríos, se construyen presas para regular el caudal en función de la época del año. La presa sirve también para aumentar el salto (Del Campo Otegui, *et al*, 2002).

Otra manera de incrementar la altura del salto es derivando el agua por un canal de pendiente pequeña (menor que la del cauce del río), consiguiendo un desnivel mayor entre el canal y el cauce del río.

El agua del canal o de la presa penetra en la tubería donde se efectúa el salto. Su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas, que albergan a las turbinas hidráulicas y a los generadores eléctricos. El agua al llegar a la turbina la hace girar sobre su eje, que arrastra en su movimiento al generador eléctrico.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las turbinas pueden ser de varios tipos, según los tipos de centrales: Pelton (saltos grandes y caudales pequeños), Francis (salto más reducido y mayor caudal), Kaplan (salto muy pequeño y caudal muy grande) y de hélice. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante (Del Campo Otegui, *et al*, 2002).

El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas para adecuar el flujo de agua por las turbinas con respecto a la demanda de electricidad. El agua sale por los canales de descarga.

El agua es devuelta al río en las condiciones en que se tomó, de modo que se puede volver a utilizar por otra central situada aguas abajo o para consumo.

La utilización de presas tiene varios inconvenientes. Muchas veces se inundan terrenos fértiles y en ocasiones poblaciones que es preciso evacuar. La fauna piscícola puede ser alterada si no se toman medidas que la protejan. (Campo, Imaz, Ripa, 1999).

## **2.10. Energía hidroeléctrica**

El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente. Es, por tanto, una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos. El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente.

Es, por tanto, una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos (Campo, Imaz, Ripa, 1999).

### **2.11. Sistema nacional de generación de energía.**

En El Salvador, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), genera y transmite la mayor parte de la demanda de energía en el país. El sistema de generación de CEL se desarrolla a través de ocho plantas generadoras, las cuales utilizan diferentes clases de energía para su accionamiento, como lo son la energía hidráulica, térmica y geotérmica (CEL, 1994).

Con la inauguración de la Central Hidroeléctrica “5 de Noviembre”, en junio de 1954. CEL inicia sus operaciones con una capacidad instalada de 30 MW. En la actualidad la generación de energía se produce con cuatro plantas hidráulicas localizadas a lo largo del Río Lempa, dos de diesel, una bunker y una geotérmica.

### **2.12. Recursos hidroeléctricos.**

Los principales proyectos hidroeléctricos que se desarrollan en el país, se encuentran ubicados sobre la cuenca del Río Lempa, ya que es la más atractiva económicamente para la explotación de los recursos hidráulicos en El Salvador; con la instalación de la central 5 de Noviembre, continuó luego la instalación de la central Guajoyo en 1963, Cerrón Grande en 1977; una unidad de la Central 15 de Septiembre en 1983 y otra en 1984 (cuadro 1).

**Cuadro 1. Características de las Centrales Hidroeléctricas.**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>GUAJOYO</b>	<b>CERRON GRANDE</b>	<b>5 DE NOVIEMBRE</b>	<b>15 DE SEPTIEMBR</b>
UBICACION (COORDENADAS)	UTM	348,000N	312,900N	318,800N	278,000N
		558,700E	510,400E	526,000E	547,600E
AREA DE LA CUENCA	km <sup>2</sup>	2.768,00	8.584,00	9.863,00	17.530,00
ELEVACION MAXIMA DEL EMBALSE	msnm	430,00	243,00	180,00	49,00
ELEVACION MINIMA DEL EMBALSE	msnm	418,00	228,00	170,00	40,00
ELEVACION CRESTA DE LA PRESA	msnm	434,00	250,00	183,00	60,00
AREA DEL EMBALSE A ELEVACION MAXIMA	km <sup>2</sup>	55,00	135,00	16,00	35,50
AREA DEL EMBALSE A ELEVACION MINIMA	km <sup>2</sup>	38,00	59,00	4,30	33,50
VOLUMEN TOTAL DEL EMBALSE (COTA MAX)	mm <sup>3</sup>	560,00	2180,00	87,00	380,00
VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE	mm <sup>3</sup>	489,00	1430,00	74,00	37,00
VOLUMEN MUERTO DEL EMBALSE	mm <sup>3</sup>	71,00	750,00	13,00	343,00
LONGITUD DE LA PRESA	m	335,30	940,00	465,00	670,00
ALTURA DEL VERTEDERO	m	6,92	61,00	58,00	50,00
NUMERO DE COMPUERTAS DEL VERTEDERO	c/u	1	4	7	8
DIMENS. DE COMPUERTAS DEL VERTEDERO	m	-	12,5x14,9	12,0x15,0	12,2x16,0
CAUDAL NATURAL PROMEDIO DIARIO	m <sup>3</sup> /s	24,20	150,00	183,00	366,00
CAUDAL MAXIMO PROBABLE	m <sup>3</sup> /s	7.400,00	21.600,00	11.000,00	25.000,00
CAUDAL DE DISEÑO DEL VERTEDERO	m <sup>3</sup> /s	2.100,00	7.900,00	10.200,00	18.800,00
CAIDA NETA NOMINAL	m	37,60	42,80	24,40	30,50
RENDIMIENTO PROMEDIO	m <sup>3</sup> /KWH	9,8	8,4	7,8	13,5

FUENTE: Centro de Operaciones del Sistema (COS), Depto. de Planificación Estadística.

### 2.13. Valoración económica

Desde el punto de vista económico los servicios ambientales son externalidades positivas generados por los recursos naturales, que representan beneficios sociales; reconociendo el pago efectivo a los productores de servicios.

Por lo tanto los PSA se plantean como un instrumento o mecanismo innovador de financiamiento de fundamental importancia para el desarrollo sostenible en general ya que están representando beneficios sociales (Mejias y Segura, 2001).

Desde otro punto de vista el Pago por Servicios Ambientales es un incentivo que permite estimular a los productores de servicios ambientales a conservar los Recursos Naturales que producen tales servicios (PRISMA, 1999).

La venta de servicios ambientales es una alternativa real y potencialmente sostenible de ingresos económicos para: la familia rural; los campesinos; los pequeños, medianos y grandes productores agropecuarios; así como los dueños de bosques, que por lo general, se ubican en el medio rural (Espinoza, Gatica, Smyle, 1999)

En este caso de PSA el estímulo ocurriría producto de la realización de una transacción comercial, es decir al reconocerse el pago de un servicio que se brindaba gratuitamente pero como objetivo principal de los incentivos es el estímulo mismo de determinados agentes económicos para influir sobre sus gustos y preferencias hacia la conservación.

El mecanismo pago por servicios ambientales requiere de algunas condiciones o elementos básicos para su operación, entre ellas están:

- La existencia de productores (oferentes) y consumidores (demandantes) de servicios ambientales, dispuestos y preparados para realizar una transacción por tales servicios.
- Relación contractual entre productores y consumidores de servicios ambientales.
- Determinación de cantidades y calidades del servicio a ser transado.
- Determinación de un valor (tarifa o precio) por unidad de servicio en el tiempo.
- Sistema eficiente y equitativo de cobro y pago de los servicios ambientales, es decir, de asignación y distribución de los recursos económicos (Mejias y Segura, 2001)

La valoración económica de los servicios ambientales es fundamental para la implementación del sistema de PSA en tanto permite estimar los montos para el pago.

Para dicha valoración se han desarrollado una serie de metodologías basadas en mediciones directas e indirectas cuya aplicación depende sobre todo del tipo de servicios y valor que se pretenda estimar.

Estas metodologías se utilizan con el fin de expresar en forma monetaria los beneficios y/o costos.

En El Salvador el PSA va más allá de un simple mecanismo financiero para revertir la degradación, más bien se concibe como un mecanismo de gestión ambiental que busca también mejorar los medios de vida rural (Rosa, Et. al., 1999)

Algunas de las ventajas que se identifican con el establecimiento del pago por servicios ambientales según Rosa, 1999:

- ◆ Generar recursos financieros internos que cubran los costos de la provisión de servicios ambientales en forma sostenible.
- ◆ Eliminar los incentivos dañinos que contribuyen al despilfarro de recursos escasos
- ◆ Atraer flujos financieros externos.

Para ello el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador inicio un esfuerzo importante para identificar esquemas novedosos de movilización de recursos, a la luz del Protocolo de Kyoto y del GEF (Rosa, *et al*, 1999).

La movilización de Recursos a nivel interno del país estaría asociada a los servicios ambientales, provisión de agua, sobre todo para el consumo humano e hidroeléctrico.

Un aspecto muy importante en el proceso de Valoración económica es la Inversión que mejorara los servicios hidrológicos y los recursos productivos de los oferentes, contemplando los costos de implementación de una determinada combinación de actividades en el área de interés.

En general, mediante la valoración económica se determino el valor que la sociedad dará en el futuro a un recurso natural que históricamente se ha considerado como un bien publico que no tiene precio de mercado (Rist; Giger, 2000).



En Centro América, los agricultores, las empresas hidroeléctricas, las industrias que utilizan grandes cantidades de agua como las cervecerías, las empresas distribuidoras de agua potable, etc. no pagan el agua como tal y en casos extremos hasta consideran un derecho el poder evacuar aguas usadas sin tratamiento alguno (Hearne, 1999).

El pago por servicios ambientales por parte de empresas privadas o públicas nacionales e internacionales constituyen una inversión rentable que para el caso de empresas de generación de energía hidroeléctrica, de agua potable para consumo humano, para riego y uso industrial, las acciones de protección y conservación en las cuencas les asegura:

- a) una mejor calidad del agua a través de la reducción de los niveles de erosión, sedimentación y flujo de nutrientes
- b) una oferta más estable de agua a través de normalización de flujos, protección contra inundaciones, regulación de rebalses y cauces y recargo de acuíferos.

Estas acciones reducen los costos de operación y aumentan la vida útil de las inversiones en equipo y en infraestructura de acumulación de agua (Espinoza, Gatica, Smyle, 1999)

En el caso de Costa Rica el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (A y A), ha establecido tarifas para los diferentes tipos de uso y usuarios que reconocen las condiciones particulares de cada grupo: domiciliaria, ordinaria, reproductiva, preferencial y gobierno.

## **2.12 Definición de Pago por Servicios Ambientales**

### **2.6 Pago por Servicios Ambientales en El Salvador**

En El Salvador, el tema ha cobrado auge por parte de los gobiernos. A través del documento Acciones para el Plan de Nación, elaborado por la Comisión Nacional de Desarrollo, se reconoce la región norte del país como zona productora de servicios ambientales (Rosa, 1999).

El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha contemplado oficialmente el tema en su agenda a través de la Ley del Medio Ambiente.

La Ley en su artículo 75 dice: “El MARN promoverá programas especiales de capacitación y transferencia de tecnología, así como un Plan Nacional de lucha contra la deforestación, la erosión y la desertificación”.

Además el artículo 77 asigna al MARN y al Ministerio de Agricultura y Ganadería, para que, en consulta con los sectores organizados pertinentes, elaboren y apliquen un conjunto de mecanismos de mercado que faciliten y promuevan la reforestación, tomando en cuenta la valoración económica del bosque, incorporando tanto los bienes y servicios mercadeables como los servicios ambientales (Rosa, 1999).

Es innegable además, que los logros obtenidos por Costa Rica en la implementación del Pago por Servicios Ambientales, ha estimulado a los demás países de Centroamérica a impulsar el tema (Castro, 1998).

## **2.5 Diversos esquemas de PSA y éxito en su implementación**

El “Pago por Servicios Ambientales” (PSA), reconoce el esfuerzo adicional que el productor realiza en una producción cuyo objetivo es tanto la producción de bienes que comercializara, así como los servicios ambientales. Así el PSA contribuiría a impulsar cambios necesarios, de una producción agrícola tradicional hacia una producción agrícola sostenible; mediante el reconocimiento no solo la producción de bienes, sino también la producción de servicios ambientales claves (Rosa, *et al*, 1999).

Los esquemas de pago por servicios ambientales son un proceso en el que los aspectos técnicos tales como la identificación de las distintas dinámicas de producción de servicios, su cuantificación en algunos casos, la valoración económica de los mismos y la determinación de montos de pago entre otros, son tan importantes como la facilitación para el empoderamiento de las comunidades productoras y la concientización de los distintos usuarios (Rist; Giger, 2000).

De igual manera podemos hablar de distintos tipos de pago, ya que la idea central es la retribución a los productores de servicios ambientales, en muchos casos, se estará hablando de un pago en efectivo.

Sin embargo, el éxito de los esquemas PSA, dependerá en gran parte, a que su aplicación se realice de acuerdo a las condiciones tanto biofísicas como sociales y económicas de cada uno de los países. (Rosa, 1999).

El contraste entre El Salvador y Costa Rica es significativo, ya que las diferencias en cuanto a extensión de cobertura forestal se agudizan más aun si analizamos el contexto socioeconómico, la prioridad de políticas sectoriales, etc. (Rosa, *et al*, 1999).

Mientras Costa Rica esta muy interesada en conservar sus bosques, ya que sostienen el creciente sector de turismo (ecoturismo o turismo de naturaleza) por ser una de sus fuentes principales de divisas, para El Salvador, es clave la conservación de cuencas que puedan abastecer la demanda del creciente desarrollo urbano e industrial a lo largo del territorio sur. (Monge, 1997).

Esto viene a esclarecer las inquietudes sobre la replicabilidad de los esquemas PSA y que para cada país en particular deberá procederse de acuerdo a sus prioridades estratégicas. El pago por servicios ambientales constituye un potencial para movilizar flujos financieros, tanto de países industrializados hacia países en desarrollo (a través de la venta de servicios ambientales globales), como la movilización de flujos financieros al interior de los países en desarrollo (Hearne, 1999).

En El Salvador se comienza a reconocer la importancia de los servicios ambientales, de tal forma que este mecanismo financiero potenciar el sector agropecuario como productor de servicios ambientales, y por lo tanto, constituirse en un potencial catalizador del desarrollo de las zonas de agricultura en laderas (Rosa, *et al*, 1999).

## **2.7 Ejemplos de Pago por Servicios Ambientales en El Salvador.**

### **2.7.1 Parque Nacional El Imposible**

Un avance del tema en nuestro país, lo constituye el caso del Parque Nacional El Imposible. La belleza de su paisaje, que es retribuida mediante una donación mínima de unos \$3.00 cancelada por los visitantes nacionales y extranjeros que disfrutan de la belleza del parque.

Además, se han realizado proyectos de instalación de sistemas de agua potable en dos cantones del municipio de San Francisco Menéndez, en el cual se estableció un convenio entre los habitantes y entidades involucradas, determinando una tarifa de \$6 mensuales que involucra los gastos que conlleva el proyecto (Rosa, 1999).

Este arreglo, parte del reconocimiento de los actores involucrados, del flujo de servicios provistos por el parque, tal como la protección de la cantidad y calidad del agua. Este arreglo de pago por el servicio ambiental fue establecido en forma legal (Rosa, Herrador y González, 1999).

#### **2.7.2. Café amigable con la biodiversidad**

En ausencia de cobertura boscosa relevante (El Salvador posee una cobertura aproximada del 3% del territorio con bosque), las plantaciones cafetaleras, que en su mayoría se cultivan bajo sombra, se están constituyendo como áreas críticas para la provisión de servicios ambientales. El sector cafetalero, además, está haciendo resaltar el rol ecológico del “bosque cafetalero” atribuyéndose servicios como: Protección de acuíferos, captura de carbono, refugio de fauna silvestre y varias especies de aves que cumplen parte de su ruta migratoria dentro de ellos, entre otros (Rosa, Herrador y González, 1999).

### **2.7.3 Suministro de agua en la microcuenca del Río El Gualabo, Morazán**

El área de estudio se ubica en el departamento de Morazán, específicamente en los municipios de Guatajiagua, Sesembra y Yamabal localizadas en una zona agroecológica denominada como serranías bajas.

El cultivo de café asociado con coníferas ha jugado un papel importante en cuanto a la provisión de servicios ambientales, específicamente en la provisión de agua a los municipios antes mencionados a través de la microcuenca del Río El Gualabo. El proyecto beneficia a un total de 3,538 familias (Carrillo, 2001).

Estos servicios ambientales son tan diversos como diversos son los ecosistemas, nos referiremos entonces a un ecosistema en particular, el agroecosistema, en el cual, el hombre actúa como administrador y consumidor, ya que es el quien toma las decisiones sobre los productos o bienes que obtendrá del ecosistema e interviene con técnicas con el objetivo de mejorar en calidad y cantidad su producción. Sin embargo, aunque el objetivo en este caso es la producción de un determinado bien, al mismo tiempo se generan servicios ambientales cuya calidad depende del impacto de intervención del agricultor para la obtención de su producto (Castro, 1998).

Mucho se ha trabajado en el intento de lograr que la agricultura se subsistencia adopte practicas de conservación de suelos y agua, así como también la implementación de sistemas agroforestales, que resulten adecuados a pequeñas parcelas.

La mayoría de estos proyectos han utilizado una gama diversa de incentivos para estimular la adopción de las distintas prácticas. (Schrader, 1998).

## **2.8 Retribución a los productores de los servicios ambientales**

El “pago por servicios ambientales” (PSA), reconoce el esfuerzo adicional que el productor realiza en una producción cuyo objetivo es tanto la producción de bienes que comercializara, así como la de servicios ambientales (Castro, 1998).

Así, el PSA contribuirá a impulsar cambios necesarios, de una producción agrícola tradicional hacia una producción agrícola sostenible; mediante el reconocimiento no solo la producción de bienes, sino también la producción de servicios ambientales claves.

## **2.9 Incentivos y Pago por Servicios Ambientales**

La lección que el uso de incentivos ha dejado en nuestros países, tanto de cara al desarrollo de pequeñas zonas agrícolas como para la obtención de efectos deseados producto de la conservación (servicios ambientales), es que las razones de la modesta adopción de prácticas de conservación están fuertemente vinculadas con la rentabilidad inmediata que el pequeño productor requiere.

Por esto se habla de un “pago” y no de un incentivo, mientras que el incentivo (cualquiera que sea), tiene un espacio temporal corto, el pago por servicios ambientales es de carácter permanente, ya que el flujo de servicios ambientales producido es también permanente. Además, este mecanismo supone la identificación de los productores de los servicios ambientales y de sus consumidores o usuarios (Rosa, Herrador, González, 1999).

Esto llama la atención a que la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales (PSA), es un “proceso” que involucra a diversos actores y conlleva varias facetas, desde el mismo empoderamiento de las comunidades de productores hasta la formación de conciencia de quienes demandan los servicios ambientales, pasando por la identificación clara de flujo de servicios y, en algunos casos, la cuantificación de los mismos; la valoración económica de los servicios ambientales y la creación de un marco apropiado que contemple la dimensión política, legal, institucional y de mercado (Castro, 1998).

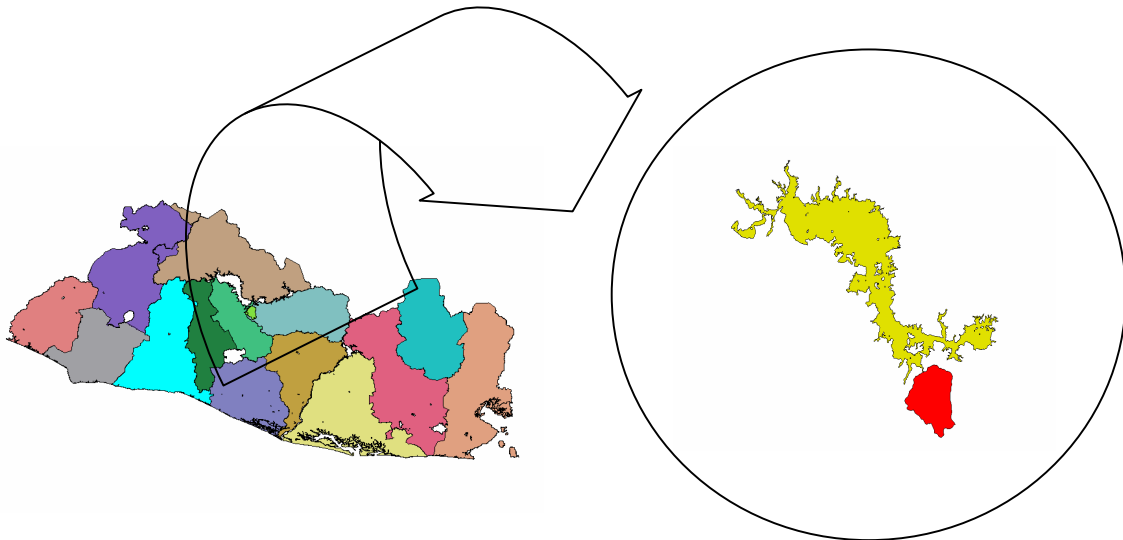
De tal forma que se abren distintos tipos de esquemas PSA, ya sea acuerdos voluntarios entre productores y usuarios los cuales han requerido de sencillos arreglos institucionales, así como también esquemas a nivel de país, en los cuales es necesaria la creación de un marco apropiado que contemple los aspectos legales, de políticas y la creación de nuevas instituciones o la incorporación de otras ya existentes, que aseguren mecanismos transparentes y participativos (Hearne, 1999).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción general del área.

##### 3.1.1 Ubicación

El área de estudio se localiza en el municipio de Cinquera, Departamento de Cabañas, a una altitud media de 300 msnm. con las siguientes coordenadas geográficas: 13 ° 53' 24" latitud norte y 88° 57' 42" longitud oeste; a 16 kilómetros al noroeste de Ilobasco.



**Figura 1: Mapa de ubicación de la cuenca del Río Paso Hondo**

##### 3.1.2. Clima

De acuerdo a las Estaciones Meteorológicas más cercanas a la zona, ubicadas en la Chorrera del Guayabo con una coordenada geográfica de: 13 ° 53'48.01" latitud norte y 88° 45' 24.01" longitud oeste; y una altitud de 190 m.s.n.m y en Cojutepeque, con una coordenada geográfica de: 13 ° 42'47.98" latitud norte y 88° 55' 00.08" longitud oeste; y una altitud de 880 m.s.n.m

La temperatura media anual es de 26.6° C con una temperatura máxima de 36.6° C; y una temperatura mínima de 21.3° C; dichas oscilaciones ocurren durante los meses de marzo a abril.

La precipitación promedio anual es de 1941 mm. Los meses más lluviosos son agosto y septiembre con precipitaciones arriba de los 300 mm, los valores de precipitación mínima mensual en la época lluviosa se encuentran sobre los 40 mm.

Según la clasificación de Holdridge, el bosque de Cinquera se encuentra dentro de la Zona Climática de Sabanas Tropicales Calientes o Tierra Caliente, oscilando entre los 0 a 800 msnm

## **3.2 Aspectos edáficos**

### **3.2.1. Suelos**

De acuerdo al cuadrante 2457 IV Ilobasco del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el área de la cuenca se divide en 4 unidades penológicas:

**Apopa – Ulapa – Tonacatepeque alomado en montañas Ape:** La topografía varía de alomada a ligeramente accidentada con pendientes predominantes entre 5 – 20 % con erosión moderada. El drenaje externo varía de bueno a algo excesivo, el interno de moderadamente bueno a bueno. Estos pertenecen a los grandes grupos Regosol, Latosol arcillo rojizo y en menor proporción al Litosol. El cual representa un 11.73% del área total de la Cuenca.

**Apopa sobre suelos rojos ligeramente ondulados en planicies Aph:** El relieve local es bajo, la topografía es ligeramente inclinada con pendientes que varían entre 3 – 5 %. Los drenajes externos e internos son buenos. Pertenecen al gran grupo de Regosol, y representa el 6.04% del área total de la cuenca.

**Yayantique – Siguatepeque muy accidentado en montañas Yac:** Áreas fuertemente disecionadas en cerros y montañas con abundantes quebradas de profundidad variable, siendo las muy profundas predominantes, la topografía es muy accidentada con pendientes que varían desde 40 al más del 100%. El drenaje superficial es rápido, el interno lento. Pertenecen a los grandes grupos Latosol arcillo rojizo y Litosol, siendo este el que posee un mayor porcentaje del área total de la cuenca de 54.51%



**Litoseles no diferenciados muy accidentados en terrenos elevados Lia:** Cerros y montañas fuertemente diseccionadas con cimas estrechas y quebradas profundas, valles ondulados. El relieve local varía de moderado a alto, las pendientes predominantes varían entre 40 al 75%.

Drenaje externo rápido, el interno es lento y la capacidad de retención de humedad es de moderada a baja. Pertenecen al gran grupo Litosol, que se caracteriza por agrupar suelos pedregosos muy superficiales y representa un 27.71% del área total de la cuenca.

### 3.3 Vegetación

Actualmente la masa boscosa esta conformada principalmente por vegetación secundaria debido a un proceso de regeneración, siendo el Chaparro (*Curatella americana*) la mas dominante.

Cuadro 2: Especies arbóreas más comunes observadas en el bosque de Cinquera

Nombre Común	Nombre Científico	Familias
Cedro	<i>Cedrella odorata</i>	Meliaceae
Pacun	<i>Sapindus spongria</i>	Sapindaceae
Aceituno	<i>Simaruba glauca</i>	Simarubaceae
Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Leguminoseae
Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>	Leguminoseae
Huiliguiste	<i>Karwinskia calderoni</i>	Rhamnaceae
Pito	<i>Erythrina berteroana</i>	Leguminoseae
Copinol	<i>Imenaea courbaril</i>	Leguminoseae
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Borraginaceae
Caoba	<i>Swietenia humilis</i>	Meliaceae
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae
Cedrillo	<i>Trichilia hirta</i>	Meliaceae
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i>	Leguminoseae
Pie de venado	<i>Bauhinia angulata</i>	Leguminoseae
Jiote	<i>Bursera simaruba</i>	Burceraceae

Salamo	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiacea
Cicahuite	<i>Lisiloma auritum</i>	Leguminoseae
Roble	<i>Licania arborea</i>	Chrysobalanaceae
Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	Leguminoseae
Almendro de Río	<i>Andira inermis</i>	Leguminoseae
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae
Anono	<i>Annona reticulata</i>	Annonaceae
Carao	<i>Cassia grandis</i>	Leguminoseae
Chaperno	<i>Lonchocarpus miniflorus</i>	Leguminoseae
Mango	<i>Manguifera indica</i>	Anacardeaceae
Pacun	<i>Sapindus spongria</i>	Sapindaceae
Pepeto	<i>Inga sapindoides</i>	Leguminoseae
Ojuste	<i>Brosimum terrabanum</i>	Moraceae
Irayol	<i>Genipa americana</i>	Rubiacea
Naranja	<i>Citrus sp.</i>	Auranciaceae
Maquilishuat	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
Zorro	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Simaroubaceae
Amate	<i>Ficus glabrata</i>	Moraceae
Chichicaste	<i>Utera baccifera</i>	Urticaceae
Chilamate	<i>Ficus aucuparium</i>	Euphorbiaceae
Chaparro	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae
Izcanal	<i>Acacia hindisii</i>	Mimosaceae
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Moraceae
Caulote	<i>Guazuma ulnifolia</i>	Sterculiaceae
Papelillo	<i>Pontentilla sp.</i>	Rosaceae
Palo de hule	<i>Castilla elastica</i>	Moraceae
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	anacardiaceae

La mayoría de especies antes mencionadas son utilizadas para aserrí y usos múltiples que cubren necesidades de los habitantes de la zona.

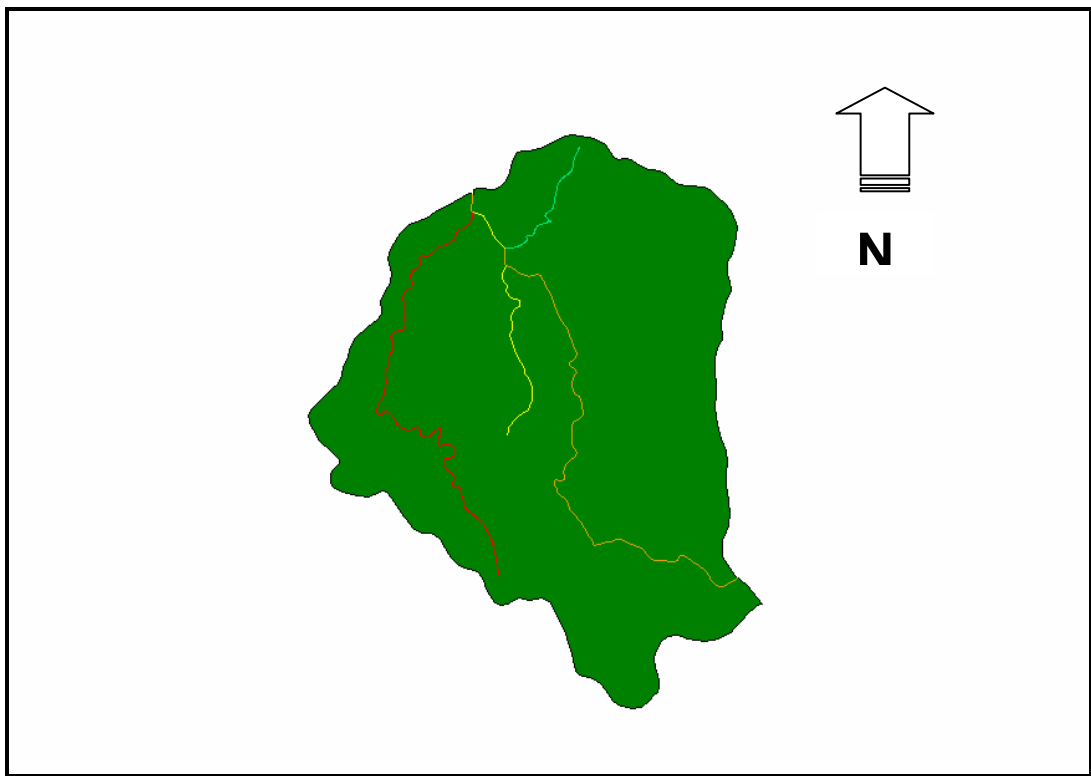
### 3.4. Metodología

El trabajo metodológico consistió en cuantificar y valorar económicamente la producción hídrica de la zona del bosque de Cinquera. Para el desarrollo del trabajo se procedió a realizarlo mediante las tres etapas siguientes:

- I Etapa: Análisis preliminar de gabinete
- II Etapa: Recolección de datos en el campo
- III Etapa: Procesamiento de datos

#### 3.4.1. Etapa I: Análisis preliminar de gabinete

##### 3.4.1.1. Delimitación de unidades hidrológicas de estudio.



**Figura 2 : Mapa de ubicación de las microcuencas.**

La delimitación de la zona de estudio se realizó utilizando los cuadrantes de San Luis del Carmen y Tejutepeque, a una escala de 1:25,000. La subcuenca se delimitó utilizando el mapa plano altimétrico, definiéndose los límites correspondientes, los cuales se verificaron en campo, procediéndose a la delimitación de microcuencas, las cuales se superpusieron en

el mapa pedológico para establecer en base a las unidades penológicas, representatividad por cada uno de los suelos, para así definir las unidades hidrológicas.

Para la selección de las microcuencas se tomo en cuenta el acceso, de manera tal que la variable vegetación sea la que definiera los procesos hidrológicos.

#### **3.4.1.2. Calculo de la precipitación media por Polígonos de Thiessen**

Para la estimación de la precipitación media se utilizo la metodología de los polígonos de Thiessen en base a las estaciones meteorológicas de Cojutepeque, Cerrón Grande y Nueva Concepción; las cuales eran las mas cercanas a la zona de estudio.

El método de los polígonos de Thiessen consistió en lo siguiente:

- 1) Se unieron, mediante líneas rectas trazadas en un mapa de la cuenca, las estaciones más próximas. A partir de esto se formaron triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- 2) Se trazaron perpendiculares en la mediatriz de las rectas que unen las estaciones. Por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triangulo convergieron en un solo punto.
- 3) Cada estación pluviométrica se encuentra en polígonos y en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada entre los polígonos y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente (Aparicio, 1989).
- 4) La precipitación media se estima a través de una media ponderada, la cual considera el área de influencia de cada estación y su correspondiente valor.

#### **3.4.1.3. Estimación de parámetros fisiográficos.**

##### **Pendiente:**

Mediante el método del número de curva del Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos, se determinaron las pendientes promedio de cada una, de las microcuencas seleccionadas, estas pendientes se expresaron en porcentajes.

##### **Longitud del Cauce:**

Este consiste en medir el cauce del drenaje mayor en el mapa utilizando un hilo y una regla graduada.

### **3.6 Etapa II: Recolección de datos en el campo**

#### **3.6.1. Selección de Unidades Hidrológicas.**

Una vez identificadas las microcuencas, en la fase de gabinete se realizó el reconocimiento de campo para seleccionar las unidades hidrológicas en la zona de estudio. Para lo cual se requirió el apoyo de guías y/o guardabosques de la zona, así como la utilización de mapas pedológicos, de infraestructura y microcuencas, elaborados con anterioridad para una elección más exacta de las microcuencas a evaluar.

#### **3.6.2. Recolección de información de precipitación puntual.**

Para caracterizar cada una de las unidades hidrológicas (microcuencas) previamente definidas se requirió aforar y medir una lluvia representativa. Esta recolección de información tuvo lugar en los meses de Mayo a Agosto.

Los parámetros que se midieron y su metodología de recolección se presentan en los acápite siguientes.

##### **3.6.2.1. Precipitación Incidente.**



**Figura 3: Pluviómetro y pluviógrafo utilizados en la toma de datos de precipitación en la cuenca.**

Para la determinación de la precipitación incidente se instalaron tres instrumentos de medición. El primer pluviómetro fue instalado en terreno libre de vegetación diez metros a la redonda, el segundo bajo la biomasa de los árboles de la zona, catalogándose como directo e indirecto respectivamente, cuyas lecturas se tomaron justo después de cada lluvia.

El pluviógrafo se ubico a dos metros de distancia del pluviómetro directo para obtener una mejor estimación de la precipitación.

Dichas instalaciones se realizaron de acuerdo a normas establecidas por la Organización de Meteorología Mundial.

### **3.6.2.2. Precipitación interceptada.**

Se realizo un sondeo de la vegetación existente en donde se determinaron los diámetros y altura de los árboles mas representativos; obteniendo un promedio de alturas de 10 a 20 m. y un diámetro que oscila entre 0.80 a 1.50 m.

Para la selección de los árboles sobre los cuales se midió el escurrimiento por el tallo se tomó como criterio que su dosel interceptara directamente la lluvia, con buena forma de fuste y cuando fue posible una copa bien formada.

La medición se realizo de acuerdo a lo observado en la siguiente figura.



**Figura 4: Sistema de recolección de agua en el dosel del árbol para medir el escurrimiento por follaje.**

Posterior a la lluvia se recolecto el agua captada por la copa del árbol, perforándose un hueco pequeño en la parte inferior de la bolsa y depositando el agua en la bureta graduada para obtener la cantidad de agua llovida en milímetros.



**Figura 5: recolección de agua captada en el follaje del árbol.**

### 3.6.2.3. Pruebas de infiltración

Se realizaron pruebas de infiltración en las diferentes microcuencas en estudio. Estas se basaron en el método de los anillos concéntricos, según la metodología descrita por Forsythe (1985) citado por Monge, la cual se muestra en las siguientes figuras:



**Figura 6: Infiltrómetro utilizado en las pruebas de infiltración realizadas en la cuenca.**



#### **3.6.2.4. Muestreo de suelo**

El muestreo de suelo se realizó en cada una de las microcuencas seleccionadas con el objetivo de obtener el perfil de cada tipo de suelo el cual se efectuó con los cilindros muestreadores Uhland tomando tres muestras por microcuenca de 0 - 20 cm., 20 - 40 cm., 40 - 60 cm. Posteriormente se llevaron al laboratorio para determinar el porcentaje de humedad en cada uno de los tipos de suelos. A través del método de la estufa a 105C° por 24 horas (método del volumen conocido). Así como su densidad aparente. (Ver cuadro... El perfil se determinó mediante un barreno donde se identificó la profundidad efectiva de cada uno de los suelos. (Ver figura 7)



**Figura 7: Toma de muestras para realizar el análisis de densidad aparente del suelo en la cuenca.**

#### **3.6.2.5. Estimación de caudales**

El procedimiento para obtener los datos que permitió el cálculo de caudales se realizó en una forma experimental ya que debido a las irregularidades de los cauces no fue posible utilizar el aforador Parsshal. Para esto se requirió construir un aforador que permitiera por medio de la altura del agua definir el caudal que es transportado en un momento dado, definiéndose en una zona que fuera estable como se muestra a continuación.





**Figura 8 : medición del caudal en una de las subcuencas del Río Paso Hondo.**

Una vez iniciada la precipitación y estimado el caudal base, se procedió a estimar el tiempo de concentración. Las lecturas se tomaron cada 1, 2, 3, 5, 10, 15 y 30 minutos de acuerdo al crecimiento del caudal a partir del caudal base hasta llegar al caudal máximo o máxima crecida. Dicho procedimiento finalizó cuando el nivel del agua alcanza el caudal base.

Con los datos obtenidos y con el programa de AUTO CAD se calculó el área de la sección del cauce para luego obtener caudales mediante la fórmula de Manning y continuidad.

Fórmula de Manning:

$$Q_{max} = (S^{1/2} R_h^{1/3}) * AH / n, \text{ donde:}$$

S = Pendiente Longitudinal del tramo en estudio.

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning.

Despejando n de la ecuación anterior se llega a la expresión

$$Q * n = (AH * R^{2/3}) * S^{1/2}$$

### **3.6.2.6. Estimación del almacenamiento de agua**

Para conocer el almacenamiento en la cuenca del río Paso Hondo, durante el proceso de fase de campo de la investigación se tomaron datos de precipitación, infiltración y escurrimiento del dosel de un árbol seleccionado.

Con la información recolectada se procedió a elaborar Hidrogramas unitarios y Balances hídricos para cada una de las subcuencas seleccionadas. Para completar estas herramientas, se tomaron los datos de precipitación y evapotraspiración mensual y anual de las estaciones meteorológicas Cerrón Grande y Cojutepeque, ya que son las estaciones meteorológicas que tienen influencia en la zona de la cuenca según el método de los polígonos de Thiessen.

Con los hidrogramas unitarios se estableció el volumen de agua para cada una de las subcuencas seleccionadas, con los volúmenes de salida de cada una de las subcuencas se elaboraron los Balances Hídricos para conocer los niveles totales de almacenamiento hídrico en toda la cuenca de acuerdo a los tipos de suelo.

Con el objeto de calcular el almacenamiento a nivel de toda la cuenca se establecieron tipos de suelo homogéneos para cada una de las subcuencas seleccionadas en el estudio.

Con los volúmenes de agua generados en los hidrogramas unitarios y los datos de precipitación y evapotranspiración de las estaciones Cerrón Grande y Cojutepeque se elaboraron cuatro balances hídricos para cada una de las subcuencas.

Formula de los Balances Hídricos:

$$\text{Precip (+ Agua de otras cuencas)} = \text{ET} + \text{Esc. Sup} + \text{Esc. Subt (+Agua a otras cuencas)} \pm \Delta \text{ almac.}$$

### **3.7. Valoración del Agua**

Para establecer el valor económico del agua se determino la cantidad de agua que infiltra de las lluvias, que pudo ser una valoración indirecta la cual se obtiene un valor de los insumos que se pierden por la lluvia y la lixiviación en un suelo normal productivo en un uso normal y en zonas boscosas, y valorar de esta manera el valor de los milímetros de lluvia y lo que representa en termino de agua (m<sup>3</sup>).

La metodología de valoración económica para el presente trabajo esta basado en el método de la función de producción el cual se centra en la relación biofísica entre las funciones ambientales y las actividades del mercado, así mismo relaciona el bienestar de las personas con un cambio medible en calidad o cantidad del recurso agua que para el caso se pretende aumentar la producción de agua superficial y subterránea, mejorar la calidad y disponibilidad.

### **3.7.1. Valoración del agua en función a la disponibilidad de pago**

Para la valoración del agua se utilizo la metodología de la voluntad de pago por los usuarios de la cuenca, para ello se desarrollo una encuesta, la cual se muestra en el anexo, con esta entrevista a los habitantes de la zona se estimo cuanto están dispuestos a pagar por el agua que consumen, para determinar el numero de personas a encuestar se tomo en cuenta el diagnostico desarrollado por FUNCOOP para el año 2002 el cual reporta un total de 457 familias. En función de lo anterior se tomo una muestra representativa de cada uno de los cantones como se muestra a continuación:

**Cuadro 3: Distribución de los grupos familiares y número de encuestas en el municipio de Cinquera.**

Municipio	Numero de familias	Numero de encuestas
Cinquera	120	30

Cantones	Numero de familias	Numero de encuestas
San Antonio	18	4
San Francisco	140	30
San Benito	72	20
Cacao, El Transito	28	6
San Nicolás	57	12
El Tule	9	2
La Escopeta	12	3

Las encuestas se procesaron a través del software estadístico SPSS versión 9.0 (1995), que es utilizado en investigaciones estadísticas, utilizando el procedimiento cluster, que agrupa a la población en estudio en estratos, de acuerdo a las características mas homogéneas que comparten, de manera tal que permitiera determinar el precio que las comunidades están dispuestas a pagar.

### **3.7.2. Valoración en términos de producción energética**

Además de la metodología de voluntad de pago se valoro el recurso agua en función de la producción de energía hidroeléctrica, para esto se utilizo referencias bibliográficas que definen los metros cúbicos de agua necesaria para generar un kilowats/hora de la central hidroeléctrica Cerron Grande, embalse del cual es afluente la cuenca del Río Paso Hondo

Para la valoración en términos de costo energético se relacionan los m<sup>3</sup> de agua captados y la capacidad de estos convertidos en Energía ósea cuantos Kilowatts de energía se pueden generar en promedio por 1 m<sup>3</sup> de agua y valorar este en su costo de oportunidad.

Se estimo la relación de la cantidad de agua utilizada para generar un determinado rendimiento promedio de energía (m<sup>3</sup>/KWH). Posteriormente se realizo una estimación del valor promedio del rendimiento obtenido con base en el valor de los KWH generados.

## 4. DISCUSION DE RESULTADOS

### 4.1. Principales características biofísicas de la subcuenca del Río Paso Hondo

**Cuadro 4. Características biofísicas de las subcuencas del Río Paso Hondo.**

ÁREAS DE MICROCUENCAS POR TIPO DE SUELO	
Ape Microcuenca El Cacao	3.34 Km <sup>2</sup>
Aph Microcuenca San Francisco	1.72 Km <sup>2</sup>
Lia Microcuenca El Tule	7.89 Km <sup>2</sup>
Yac Microcuenca San Benito	15.52 Km <sup>2</sup>
área total de la cuenca	28.47 Km <sup>2</sup>
ÁREAS DE MICROCUENCAS SEGÚN EL CAUCE DEL RÍO	
San Francisco	0.081 Km <sup>2</sup>
El Tule	0.15 Km <sup>2</sup>
El Cacao	0.87 Km <sup>2</sup>
San Benito	0.24 Km <sup>2</sup>
PENDIENTES DE LAS MICROCUENCAS	
San Francisco	25.71 %
San Benito	9.73 %
El Tule	31.43 %
El Cacao	40.00 %
LONGITUDES DE LAS MICROCUENCAS	
San Francisco	0.325 Kms.
San Benito	0.80 Kms.
El Tule	0.625 Kms.
El Cacao	0.125 Kms.
TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN EN LAS MICROCUENCAS	
San Francisco	2.82 min.
San Benito	8.20 min.
El Tule	4.32 min.
El Cacao	1.14 min.
COTAS DE LAS MICROCUENCAS	
San Francisco	580 - 660
San Benito	450 - 500
El Tule	370 - 560
El Cacao	330 - 350

El área total de la subcuenca del Río Paso Hondo es de 28.47 Kms<sup>2</sup>. La microcuenca del Río San Benito es la que posee la mayor área de suelos con 15.52 Kms<sup>2</sup>, en contraste con la microcuenca del Río San Francisco que posee un área de 1.72 Kms<sup>2</sup> es la menor en toda la cuenca.

Si tomamos en cuenta el área de cada una de las microcuencas según el cauce del río la microcuenca del río El Cacao es la más grande con 0.87 Kms<sup>2</sup> y en longitud la microcuenca del río San Benito es la más larga con 0.80 Kms de largo.

El mayor porcentaje de pendiente esta en la microcuenca del Río El Cacao con un 40 % de pendiente y el mayor tiempo de concentración se observa en la cuenca del Río San Benito con 8.20 minutos.

#### 4.1.1. Estimación de la precipitación media.

El área de la cuenca del Río Paso Hondo esta bajo la cobertura de las estaciones meteorológicas de Cerron Grande y Cojutepeque. El área de influencia de la estación de Cerron Grande sobre la cuenca es de 10.40 Kms<sup>2</sup>, y la de Cojutepeque es de 17.43 Kms<sup>2</sup>. Para dichas estaciones la precipitación anual para el año 2001 fue de 1453 mm para Cerron Grande y 1164 mm para Cojutepeque., con una evapotranspiración de 1935 mm para Cerron Grande y de 1640 mm para Cojutepeque.

**Cuadro 5: Valores mensuales y anuales de evapotranspiración potencial. (En mm).  
Estación Cerrón Grande y Cojutepeque.**

estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Cerron grande	145	151	192	192	186	162	170	167	160	1,146	138	136	1,935
Cojutepeque	130	134	161	169	149	135	148	142	120	121	120	121	1,640

FUENTE: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

**Cuadro 6: Precipitación mensual y anual. Estación Cerrón Grande y Cojutepeque.**

estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Cerron grande	0	0	0	12	250	145	343	256	278	130	39	0	1,453
Cojutepeque	0	0	0	64	142	120	128	274	258	167	10	1	1,164

FUENTE: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

**Cuadro 7: Precipitación y área de influencia en la cuenca del Río Paso Hondo, de las estaciones meteorológicas Cerron Grande y Cojutepeque, según los polígonos de Thiessen**

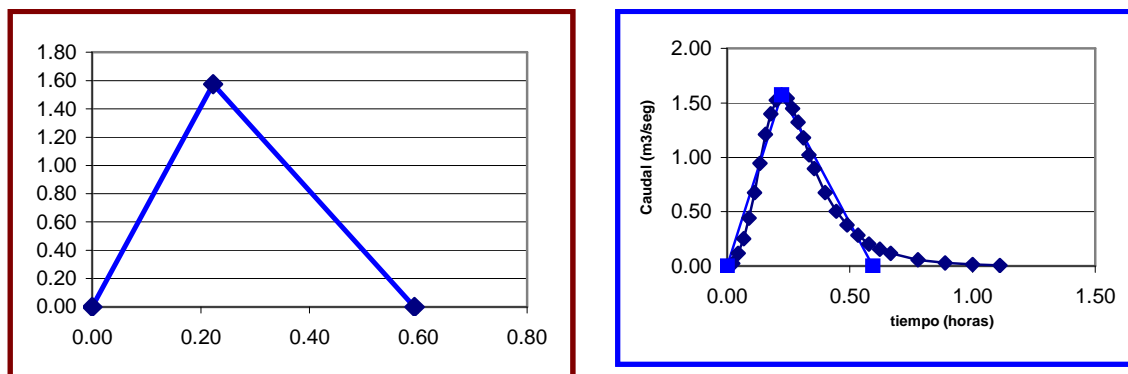
ESTACION	PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN (5 AÑOS)	AREA DE INFLUENCIA EN LA CUENCA
Cojutepeque	1592.4 mm	17.43 Km <sup>2</sup>
Cerron Grande	1457 mm	10.4 Km <sup>2</sup>

#### 4.1.2. Estimación de la precipitación puntual.

Se obtuvieron 4 precipitaciones puntuales en cada una de las microcuencas, así la microcuenca San Francisco presento una precipitación neta de 21.8 mm en un tiempo de 30 minutos, El Tule 17 mm en un tiempo de 30 minutos, El Cacao 10 mm en 30 minutos y San Benito, 7 mm en 15 minutos.

En base a estas precipitaciones se generaron los hidrogramas que permitieron estimar los volúmenes de agua de cada una de las microcuencas seleccionadas.

Así la microcuenca del río San Francisco genera 1766 mt<sup>3</sup>, San Benito, 1680 mt<sup>3</sup>, El Tule, 2550 mt<sup>3</sup> y El Cacao con 870 mt<sup>3</sup>.



**Figura 9: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca del río San Benito**

Volumen bajo el área del triángulo

(Área triángulo = base x altura /2): 1679 m<sup>3</sup>

Volumen total (área cuenca x lamina agua caída): 1680 m<sup>3</sup>

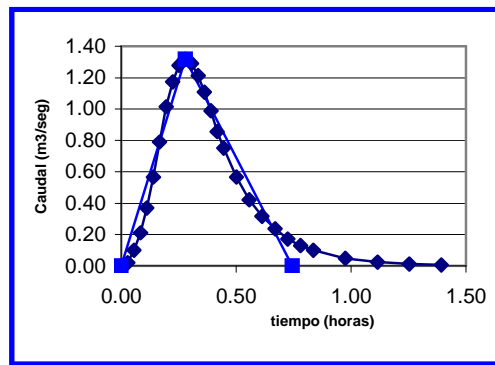
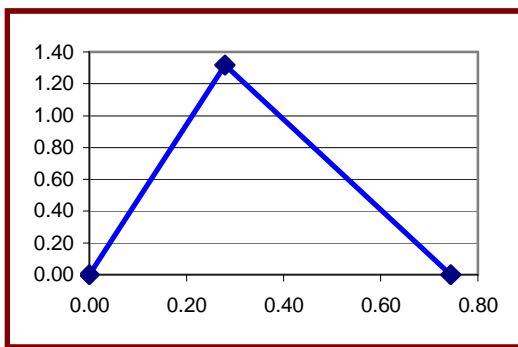
**Cuadro 8: Datos de entrada y cálculos utilizados en la generación de l hidrograma unitario y sintético para la microcuenca del río San Benito.**

**Datos de entrada**

Long cauce= 0.8 Km.  
 Cota máx. 500 m  
 Cota min. 450 m  
 Superficie 0.24 km<sup>2</sup>  
 Precipitación 7 mm  
 Duración P neta 0.25 horas

**Cálculos**

Pendiente 0.0625m/m  
 t conc= 9.7minutos  
 t conc= 0.16horas  
 tiempo punta= **0.22horas**  
 tiempo base= 0.59horas  
 Caudal de la punta= **1.57m<sup>3</sup>/seg.**



**Figura 10: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca del río San Francisco**

Volumen bajo el área del triángulo

(Área triángulo = base x altura /2): 1765 m<sup>3</sup>

Volumen total (área cuenca x lamina agua caída): 1766 m<sup>3</sup>

**Cuadro 9: Datos de entrada y cálculos utilizados en la generación de l hidrograma unitario y sintético para la microcuenca del río San Francisco.**

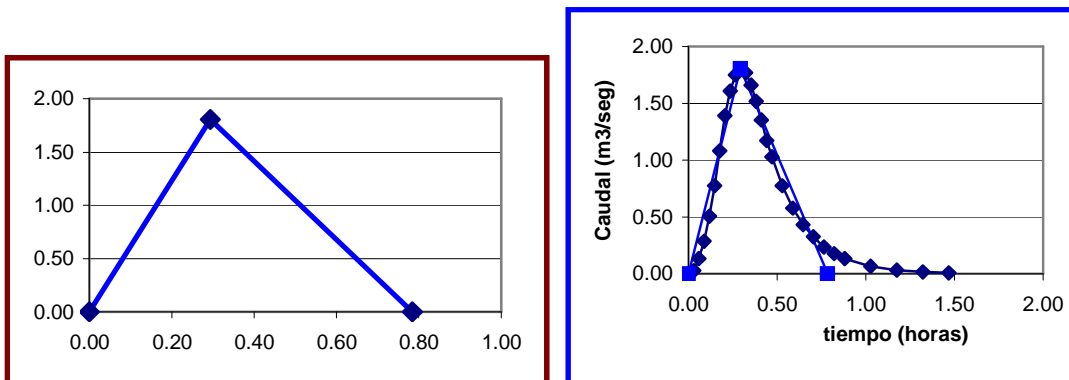
**Datos de entrada**

Long cauce= 0.325 Km.  
 Cota máx. 660 m  
 Cota min= 580 m  
 Superficie 0.081 km<sup>2</sup>  
 Precipitación 21.8 mm  
 Duración P neta= 0.5 horas

**Cálculos**

Pendiente= 0.2462m/m  
 t conc= 2.9minutos  
 t conc= 0.05horas  
 tiempo punta= **0.28horas**  
 tiempo base= 0.74horas  
 Caudal de la punta= **1.32m<sup>3</sup>/seg.**





**Figura 11: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca El Tule**

Volumen bajo el área del triángulo

(área triángulo = base x altura /2): 2549 m<sup>3</sup>

Volumen total (área cuenca x lamina agua caída): 2550 m<sup>3</sup>

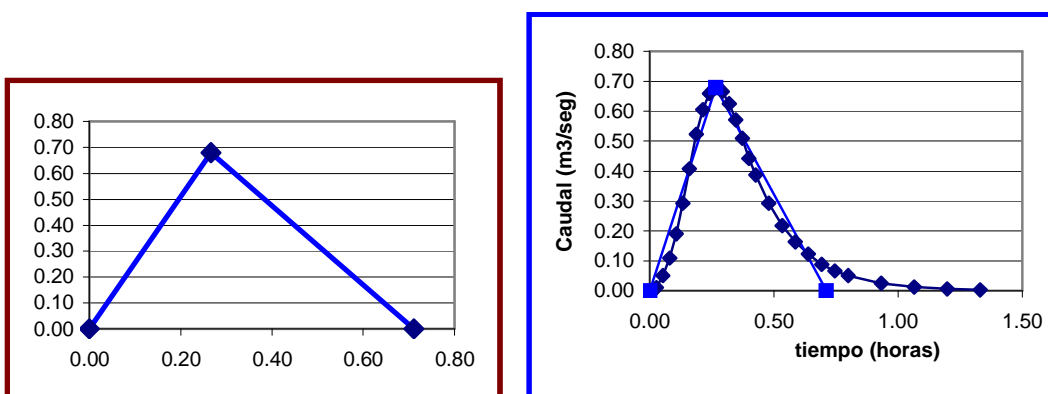
**Cuadro 10: Datos de entrada y cálculos utilizados en la generación de l hidrograma unitario y sintético para la microcuenca del río El Tule.**

**Datos de entrada**

Long cauce= 0.625 Km.  
 Cota máx. 560 m  
 Cota min. 370 m  
 Superficie 0.15 km<sup>2</sup>  
 Precipitación 17 mm  
 Duración P neta 0.5 horas

**Cálculos**

Pendiente= 0.304m/m  
 t conc= 4.4minutos  
 t conc= 0.07horas  
 tiempo punta= **0.29horas**  
 tiempo base= 0.78horas  
 Caudal de la punta= **1.81m<sup>3</sup>/seg.**



**Figura 12: Hidrograma unitario y sintético de la microcuenca El Cacao**

Volumen bajo el área del triangulo

(Área triangulo = base x altura /2): 870 m<sup>3</sup>

Volumen total (área cuenca x lamina agua caída): 870 m<sup>3</sup>

**Cuadro 11: Datos de entrada y cálculos utilizados en la generación de l hidrograma unitario y sintético para la microcuenca del río El Cacao.**

<b>Datos de entrada</b>	<b>Cálculos</b>
Long cauce= 0.125 Km.	Pendiente= 0.16m/m
Cota máx. 350 m	t conc= 1.6minutos
Cota min. 330 m	t conc= 0.03horas
Superficie 0.087 km <sup>2</sup>	tiempo punta= <b>0.27</b> horas
Precipitación 10 mm	tiempo base= 0.71horas
Duración P neta 0.5 horas	Caudal de la punta= <b>0.68</b> m <sup>3</sup> /seg.

**Cuadro12: Resumen de volúmenes de almacenamiento para las microcuencas y para el área de suelo de la cuenca del río Paso Hondo.**

MICROCUENCA	DURACIÓN PRECIPITACIÓN NETA (en minutos)	PRECIPITACIÓN NETA (en mm)	AREA POR MICROCUENCA (en Km <sup>2</sup> )	VOLUMEN MICROCUENCA (en mt <sup>3</sup> )	AREA POR TIPO SUELO (en Km <sup>2</sup> )	VOLUMEN POR TIPOS DE SUELO (en mt <sup>3</sup> )
El Tule	30	17	0.15	2550	7.89	8552.492402
San Benito	15	7	0.24	1680	15.52	41737.90044
San Francisco	30	21.8	0.081	1766	1.72	4283.436242
El Cacao	30	10	0.87	870	3.34	21703.07879
TOTAL						76276.907874

#### 4.1.1. Almacenamiento en la cuenca del Río Paso Hondo

Según los datos del balance hídrico, en cada una de las subcuencas existe almacenamiento solamente durante los meses de la estación lluviosa, de junio a octubre, de noviembre a mayo existe un déficit de agua en la zona, estos se refleja en los resultados negativos de almacenamiento que arroja los balances hídricos.

Esto es evidente en visitas de campo realizadas a la zona durante la estación seca y se refleja en la escasez de agua potable que hay en las zonas urbanas de Cinquera y en los cantones aledaños

De acuerdo a los resultado de los balances hídricos para las cuatro subcuencas, San Benito es la que posee un mayor nivel de almacenamiento, con 41737.90  $\text{m}^3$ , le sigue El Tule con 8552.49  $\text{m}^3$ , El Cacao con 21703.07  $\text{m}^3$  y San Francisco con 8552.49  $\text{m}^3$ .

San Benito posee el tipo de suelo con mayor área dentro de la cuenca, por eso tiene la cantidad más alta de almacenamiento dentro de la cuenca.

En total la cuenca del río Paso Hondo aporta al embalse un total de 76276.91  $\text{m}^3$ .

**Cuadro 13: Niveles de almacenamiento de la cuenca del Río Paso Hondo**

MICROCUENCAS	NIVEL DE ALMACENAMIENTO
EL CACAO	21703.07879 $\text{M}^3$
EL TULE	8552.492402 $\text{M}^3$
SAN FRANCISCO	4283.436242 $\text{M}^3$
SAN BENITO	41737.90044 $\text{M}^3$

**4.1.2. Densidad Aparente**

Según los resultados de los análisis de densidad aparente, la subcuenca del río San Benito, presenta un tipo de suelo “Yac”, con una textura que va de franco arcillosa a arcillosa, con una densidad aparente de 1.50  $\text{grs}/\text{cm}^3$  en un estrato de 0 – 20 cms, lo que permite una mejor infiltración en este estrato.

De 20 – 40 cms la densidad aparente sube a 1.57  $\text{grs}/\text{cm}^3$ , por lo que se considera que existe una capa mas compacta de suelo, que favorece un mejor almacenamiento de agua.

La subcuenca de El Tule presenta suelos “Lia”, con texturas que van de franco gravilloso a franco arcillo gravilloso.

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis de densidad aparente de 0 – 20 cms tiene una buena capacidad de infiltración y en los estratos de 20 – 40 y de 40 – 60 cms la

capacidad de almacenamiento es menor en los suelos tipo Lia, esto explica el segundo nivel de almacenamiento mas bajo en toda la cuenca.

Hay que mencionar que a medida que el perfil profundiza, la capacidad de almacenamiento mejora, pero no se compara con los niveles de almacenamiento de suelos "Yac".

La subcuenca El Cacao presenta suelos tipo "Ape" con una textura franco a franco arenoso, con una buena capacidad de infiltración, en el estrato mas bajo, la capacidad de almacenamiento es buena, lo que explica que la subcuenca del río El Cacao tenga el segundo mayor volumen de almacenamiento en toda la cuenca.

Los suelos tipo "Aph" pertenecen a la subcuenca del río San Francisco, son suelos de textura franco a franco arenosa, y según los datos del análisis de densidad aparente no existe una variación marcada entre el estrato superior e inferior, si bien de acuerdo a la textura, la capacidad de infiltración es buena, sus niveles de almacenamiento son menores, debido a que el área de suelos Aph es el menor de todos los tipos de suelos que forman la --cuenca del río Paso Hondo.

#### **4.1.2. Valoración energética del agua.**

Para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales que brinda el bosque de Cinquera fue definir los objetivos y destacar la importancia de la vegetación arbórea en la captación de agua y la protección de suelos y valorar el servicio prestado para suministro de agua para consumo humano y productividad hidroeléctrica.

Según los datos reportados por CEL para el mercado regulador del sistema mayorista de energía eléctrica, el costo de generar un kilowatt hora es de 0.06 ctvs. de dólar (Villalta, 2000).

En base a los kilowatts generados por metro cúbico de agua, se cuantifico el precio que tendría el agua almacenada utilizada en la generación de energía eléctrica.

**Cuadro 7: Factores de conversión de metros cúbicos a kilowatts utilizados por las centrales hidroeléctricas.**

PROYECTO	RENDIMIENTO PROMEDIO (m <sup>3</sup> /KwH)
Cerrón Grande	7.59
5 de Noviembre	7.65
15 de Septiembre	13.69
Promedio	8.78

FUENTE: Villalta, 2000

Si consideramos la cantidad de energía eléctrica que CEL podría generar con los niveles de agua almacenados en las subcuencas, tenemos que la subcuenca del río San Benito generaría un promedio de 14003.79 kilowatts; El Cacao, 7281.76 kilowatts; El Tule, 2695.94 kilowatts; San Francisco, 1437.17 kilowatt.

**Cuadro 10: Rendimiento en kilowatts por niveles de almacenamiento**

SUBCUENCA	CERRON GRANDE	NOVIEMBRE	SEPTIEMBRE	TOTAL
SAN BENITO	5499.064617	5455.934698	3048.784668	14003.78678
SAN FRANCISCO	564.352601	559.9263061	312.8879651	1437.166872
EL TULE	1058.652481	1050.349324	586.9373506	2695.939155
EL CACAO	2859.43067	2837.003763	1585.323505	7281.757938
<b>Total</b>				<b>25418.650745</b>

Al valorar económicamente la producción de energía eléctrica con el agua almacenada en la cuenca, los precios por generación serían los siguientes:

Subcuenca San Benito, \$840.23; subcuenca El Cacao, \$ 436.91; subcuenca El Tule, \$161.76; subcuenca San Francisco \$86.23.

**Cuadro 8: Rendimiento en dólares de la generación de electricidad utilizando el agua almacenada en la cuenca del Ríos Paso Hondo.**

SUBCUENCA	CERRON GRANDE	NOVIEMBRE	SEPTIEMBRE	TOTAL
SAN BENITO	329.94	327.36	182.93	840.23
SAN FRANCISCO	33.86	33.60	161.76	86.23
EL TULE	67.61	67.08	37.48	172.17
EL CACAO	171.57	170.22	95.12	436.91
<b>Total</b>				<b>1535.54</b>

Si existe un proyecto real de pago por servicios ambientales voluntad, CEL le pagaría al municipio de Cinquera, un total de \$1535.54

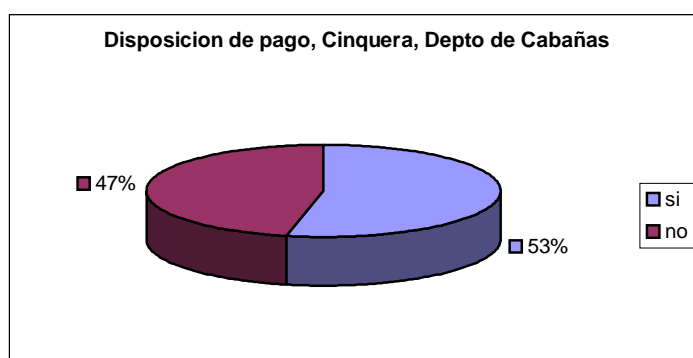
#### 4.2.3. Discusión de resultados de las encuestas

El municipio con mayor área en el bosque es Cinquera, con una extensión de 23.2 Km<sup>2</sup>, esta región comprende una compleja red hídrica , conformada por aproximadamente ocho ríos y 14 quebradas, que drena las aguas lluvias a través de la escorrentía superficial en la época lluviosa y todo el caudal base en la época seca. (MARN, 1999; citado por Erazo, 2000).

En el área boscosa se encuentran una serie de nacimientos naturales de agua que permiten a las comunidades abastecerse del vital líquido para diferentes usos.

La presencia de numerosos cuerpos de agua superficiales, como ríos, quebradas y nacimientos, es un indicador de la capacidad de reserva de agua que esta en función de los niveles de infiltración de los suelos (Erazo *et al*, 2000).

Según los resultados de las correlaciones, las personas que usan mas el agua para sus actividades diarias, tomar y cocinar, baño, aseo de casa, estas dispuestas a pagar por el uso del recurso agua, paradójicamente existe un porcentaje menor de personas que usan mucho el agua pero que no estas dispuestos a pagar. En los cinco cantones encuestados el 53.4 % del total de la población si están dispuestos a pagar, contra un 46.6 % que no están dispuesto a pagar.



**Figura 13: Disposición de pago de los habitantes de Cinquera, de acuerdo a los datos de la encuesta.**

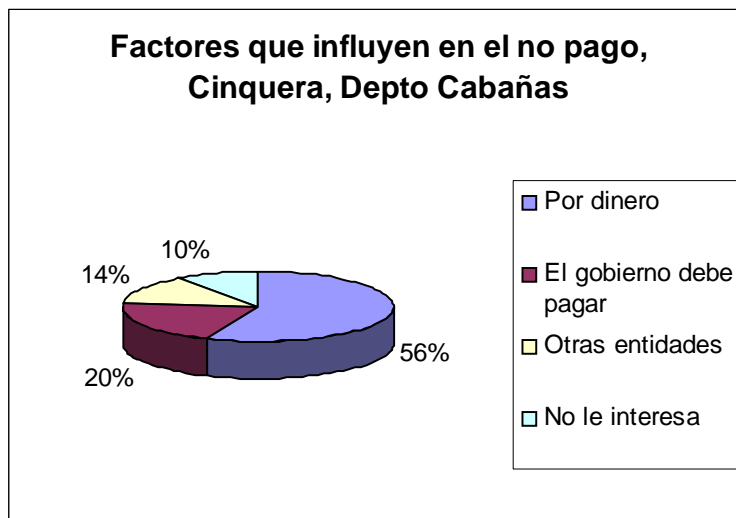
Dentro del grupo de personas dispuestas a pagar, al tomar una media de la cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar se obtuvo un precio de 6.16 colones mensuales por el servicio de agua.

La voluntad de pago de los pobladores esta en función de si tiene servicio domiciliario o se abastece de chorro público, consideran muy importante o importante el recurso agua, valioso o importante el recurso bosque, consideran que los que deberían proteger el bosque son la empresa privada, el gobierno o la alcaldía, o debería existir una combinación de todos los anteriores para la protección del bosque.

El principal factor que influye en la disposición de pago es la posibilidad económica de los pobladores. Personas con ingresos bajos, generalmente con entradas menores a los mil colones no están dispuestas a pagar, ya que consideran un gasto extra que desequilibra su presupuesto, aunque saben que el recurso agua es valioso y lo utilizan mucho en sus actividades. Personas con ingresos intermedios entre los 1260 y 5000 colones generalmente están dispuestas a pagar por el uso del recurso, no existen personas con ingresos arriba de los 5000 colones en la zona reflejados en el estudio.

Si una familia salvadoreña difícilmente sobrevive con 1260 colones de salario mínimo, un ingreso menor, no les permite pensar en pagos adicionales, como sería el pago por el servicio de agua.

Del total de personas encuestadas el 56 % no pagaría por dinero, un 20 % cree que el gobierno debería efectuar el pago, un 14% considera que otras entidades como ONG's deberían pagar y un 10 % no le interesa.



**Figura 14: Factores que influyen en la disposición de pago.**

Los factores que intervienen en la negativa de pago son: porque no le interesa, por el dinero, consideran que el gobierno o otros actores deberían pagar por el servicio, el sexo masculino es el más reacio a pagar, el rango de edades que va desde los 41 años hasta más de 60 años de edad, personas con educación que consideran que otras entidades deberían pagar, amas de casa, etc.

El nivel educativo de la población también influye a la hora de pensar en pagar por el uso del recurso, personas con un grado de educación tienen una mayor conciencia de la importancia del recurso, lo que les permite valorar de mejor manera una propuesta de pago, que las personas que no tienen ningún nivel educativo.

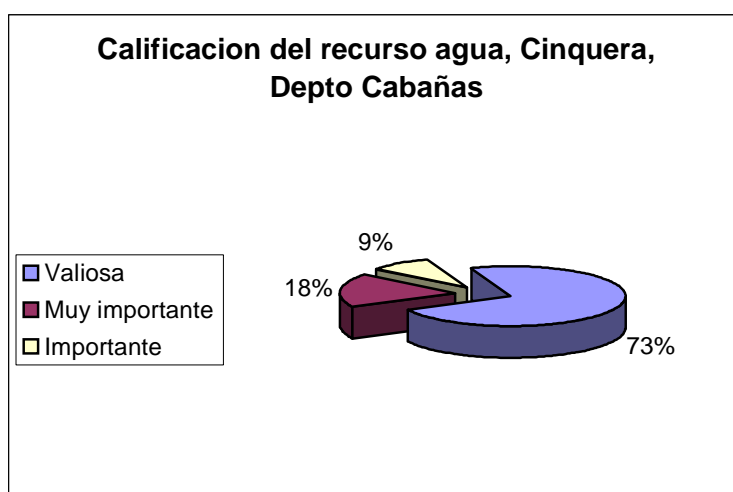
Generalmente el mayor grado de escolaridad en la zona es de Educación básica, El sexo femenino es, según el resultado del estudio, el que mayor conciencia tiene sobre la importancia del recurso agua, esto se debe a que culturalmente la mujer es la que lleva el peso del hogar en las zonas rurales y es la que tiene que velar porque el agua este siempre disponible para todas sus ocupaciones, a diferencia de los hombres que generalmente son los encargados del trabajo en el campo, y muy pocas veces intervienen en el suministro de agua del hogar.



Al momento de considerar valioso el recurso agua, todos los que utilizan el recurso, independientemente si la usan mucho o poco lo consideran valioso.

Incluso las personas que no tienen ningún nivel educativo consideran valiosa el agua.

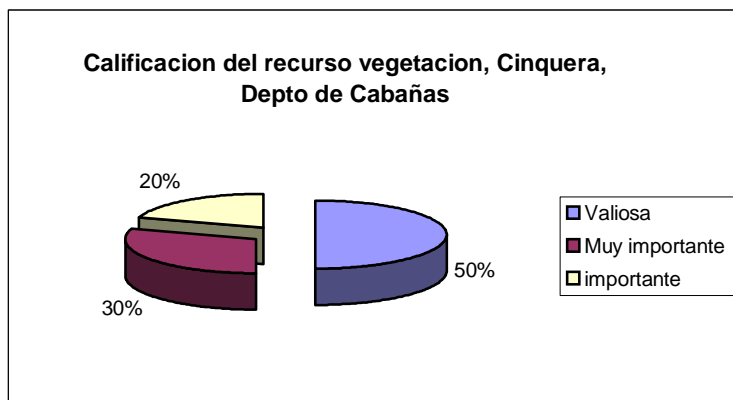
Del total de encuestados un 73 % considera valioso, el recurso agua, un 18 % opina que es muy importante y un 9 % que es importante.



**Figura 15: Valoración del recurso agua, según los pobladores de Cinquera.**

Dentro de este rango, es de resaltar que las familias compuestas de 1 a 5 miembros consideran valioso el recurso, generalmente estas familias tienen que trabajar más para procurarse el suministro de agua, que es más difícil cuando las fuentes de agua están lejos de sus hogares.

En cuanto al recurso bosque como generador de agua, independientemente del uso que hagan del agua es considerado valioso. De toda la población evaluada, un 50 % considera valioso el recurso bosque, con respecto a su provisión de agua, un 30 % opina que es muy importante y el 20 % cree que es importante.



**Figura 16: Valoración del recurso bosque en Cinquera.**

Es de hacer notar que familias altamente numerosas con más de 10 miembros consideran valiosa la vegetación, probablemente porque es una fuente de alimentos que complementan su dieta y como una fuente de combustible para sus hogares al aprovisionarse de leña.

Si se hace una comparación por edades, las personas comprendidas entre el rango de 21 a 30 años, están más dispuestas a pagar que las personas de mayor edad.

Esto es posible ya que personas en este rango de edad, generalmente son los encargados de proveer de agua a sus hogares, regularmente las fuentes de agua están lejos de los hogares y requieren de esfuerzo físico para transportar el agua.

#### **4.8. Metodología de pago**

El pago por un servicio ambiental se define de acuerdo a sus costos de producción, su cobro se basa en el beneficio generado por los servicios ambientales; tanto a personas naturales como instituciones. Es importante que las empresas hidroeléctricas y ANDA reconozcan la importancia de regular el ciclo hidrológico para la sostenibilidad de sus actividades.

Para la ejecución de dicho proyecto se tendrá que trabajar en un proyecto de ley, en un ordenamiento territorial donde se incluya a todos los municipios de Tejutepeque, Cinquera,

Suchitoto, Ilobasco, Jutiapa, Tenancingo. Asimismo en la creación de un fondo ambiental para la implementación de PSA.

La elaboración de un plan de trabajo que debe incluir:

Concientización de bienes y servicios ambientales.

Consolidación de un marco legal e institucional.

Incentivos al sector forestal.

Dicho pago debe ser continuo el cual permitirá generar cambios en cuanto al manejo, protección y reforestación del bosque de Cinquera, todas las actividades de mantenimiento del bosque se detallan en el organigrama de funcionamiento de diseñado para el municipio de Cinquera.

Se considera necesario una instancia que pueda ser mediadora entre productores y consumidores así mismo despertar nuevas inquietudes a ONG's ambientalistas, universidades, fundaciones, asociaciones comunales, empresas hidroeléctricas, agencias de desarrollo de otros países, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el cual permita su buen funcionamiento y revisar la calidad del servicio que se esta generando.

El funcionamiento de dicha institución será a través de los pagos obtenidos por los beneficiarios o instituciones, convenios con empresas hidroeléctricas y ANDA, etc. Y su objetivo será garantizar que quien produce el servicio reciba su pago de acuerdo a tarifas obtenidas a través de la cuantificación.

Esta instancia mediadora que reciba el pago puede ser una mancomunidad de municipalidades en conjunto con ADESCOS de la zona y ONG's ambientalistas que trabajen en el bosque, las cuales administraran el fondo de protección ambiental de la reserva forestal de Cinquera.

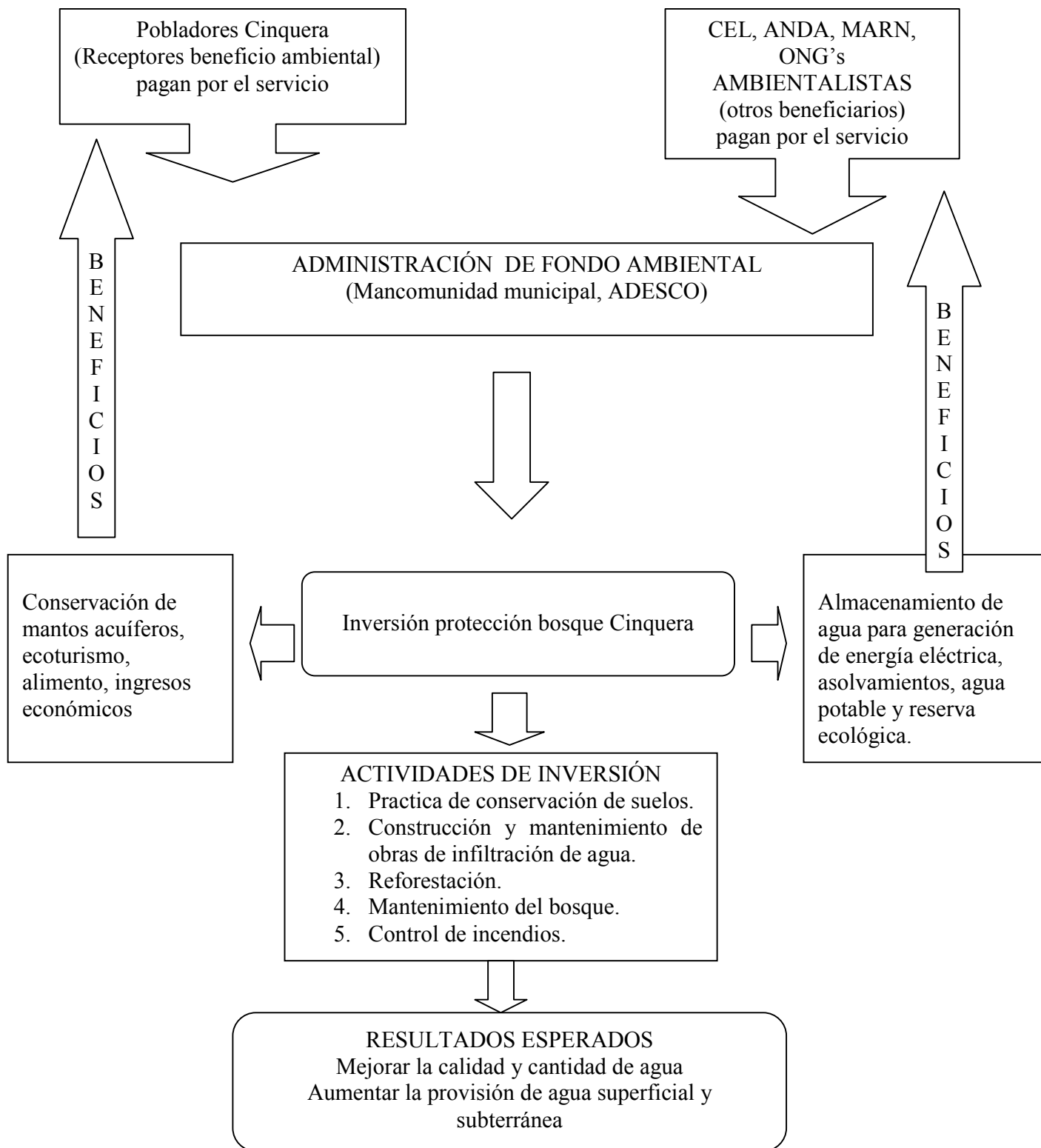
Dicho fondo deberá ser invertido en la protección del bosque con un plan de manejo integral que incluya los siguientes aspectos:

- ❑ Prácticas de conservación de suelos en zonas del bosque con problemas de erosión.
- ❑ Construcción y mantenimiento de obras de infiltración de agua en la zona.
- ❑ Reforestación.
- ❑ Mantenimiento del bosque.
- ❑ Control de incendios.
- ❑ Pago de guardarecursos.

Entidades como CEL, ANDA, MARN, y ONG' s ambientalistas pueden beneficiarse del bosque con recursos acuíferos almacenados para generar energía hidroeléctrica, se evita el asolvamiento de las represas bombeo de agua potable, protección de especies de flora y fauna en extensión, giras ecoturísticas a la zona del bosque, etc.

Los pobladores de Cinquera y comunidades aledañas se benefician con agua para sus hogares, principalmente durante la estación seca, provisión de leña, alimentos y recurso económicos indirectos provenientes del ecoturismo que pueda llegar a la zona.

FIGURA 17: ORGANIGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN CINQUERA, DEPARTAMENTO DE CABANAS.



## 5. CONCLUSIONES

1. El recurso hídrico se puede valorar en función de la producción energética del agua, tomando como parámetro la cantidad de energía hidroeléctrica que puede generarse con el agua almacenada en la cuenca
2. La cuenca del Río Paso Hondo es capaz de almacenar 76276 m<sup>3</sup> de agua al año, al aplicar el factor de conversión de m<sup>3</sup> /Kw. la cuenca es capaz de generar 25418 Kw. de energía eléctrica anuales con un valor en el mercado energético de \$ 1535 dólares al año.
3. Analizando la voluntad de pago por el recurso hídrico de los pobladores de Cinquera, un 53.4% de la población esta en la disposición de pagar por el recurso agua, contra un 46.6 % que no lo esta, este segmento de la población esta consciente de la importancia del recurso, pero no cuenta con la disposición económica necesaria como para afrontar un nuevo gasto por el servicio.
4. El análisis de la voluntad de pago de los pobladores es fundamental para implementar un proyecto de PSA en Cinquera, ya que permite conocer cuales son las variables positivas o negativas que influyen al momento de implementar un sistema de Pago por Servicios Ambientales en la zona.
5. A momento de valorar el recurso agua potable, en el municipio de Cinquera, la media de las personas que esta dispuestas a pagar estableció una tarifa de 6.16 colones mensuales por el uso del servicio de agua potable.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Al desarrollar un sistema de PSA en el bosque de Cinquera, se hace necesario crear una mancomunidad de municipios que tienen posesión del bosque, en donde involucre a Cinquera, Tenancingo, Jutiapa, Suchitoto, Tejutepeque, Ilobasco, no importando las ideologías políticas y con esta mancomunidad promover el proyecto de PSA en el bosque.
2. Se recomienda incluir en una propuesta de PSA no solo el recurso hídrico, sino otros aspectos del bosque, como son ecoturismo, reservas de germoplasma, etc. y a la vez elaborar un plan de manejo del bosque de Cinquera.
3. Con los pobladores del municipio que no están dispuestos a pagar, se recomienda realizar campañas de concientización de la importancia del recurso para tratar de cambiar su postura de no pago.
4. Recomendamos que se haga este estudio en otras áreas del país con potencial para establecer proyectos de pagos por servicios ambientales ya que actualmente ya se valora la importancia de este tipo de proyectos como parte de la solución a los problemas medioambientales que aquejan a nuestro país.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, F.J. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México, D.F. 213 –216.
- CAMPOS, F.; IMAZ, D.; RIPA, J.M. 2000. energía Hidráulica. Disponible en [www.ciencia.com.es](http://www.ciencia.com.es). Consultado 25 de junio de 2003.
- CARRILLO, S.A. 2001. Valoración Económica del Suministro de Agua en la Microcuenca del río Gualabo, Morazán. PASOLAC. San Salvador, El Salvador. 22-26 p.
- CASTRO, E. 1998. La capitalización de los servicios ambientales con alternativa de desarrollo en laderas de Centroamérica. Servicio de economía ecológica para el desarrollo. Heredia, Costa Rica. 33 - 43 p.
- CHOW, V; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. 1994. Hidrología aplicada. Mc Graw Hill, Barcelona España, 580 p.
- ERAZO, M.L; MONTERROSA, A.J. 2000. Propuesta de Lineamientos de Gestión para la conservación y manejo del bosque secundario de Cinquera. Tesis Mg. Sc. UCA, 15-30 p.
- ESPINOZA, N. 1999. El pago por servicios ambientales y el desarrollo rural sostenible en el medio rural. Unidad Regional Asistencia Técnica. IICA. San José, Costa Rica. 2-4 p.
- ESPINOZA, N; GATICA, J; SMYLE, J. 1999. El pago por servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. Serie de publicaciones de RUTA. IICA, San José, Costa Rica. 25 - 32 p.



- HEARNE, R. 1999. Bases económicas para una política de pago por servicios ambientales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 3 - 6 p.
- HERRADOR, D.; DIMAS, L. 2000. Aportes y limitaciones de la valoración económica en la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales. PRISMA 41. San Salvador, El Salvador. 15 p.
- HERRADOR, D. ; DIMAS, L, . 2001. Valoración económica del agua para el área metropolitana de San Salvador. PRISMA, San Salvador, El Salvador. 65 p.
- MAG. 1992. Almanaque Salvadoreño. San Salvador, El Salvador. p. 14; 24-26; 33.
- MEJIAS ESQUIVEL, R., SEGURA BONILLA, O. 2001. Situación actual del pago de servicios ambientales en Centroamérica. Centro Internacional de Política económica para el desarrollo sostenible. Heredia, Costa Rica. 86 p.
- MONGE, I. 1997. Valoración del recurso hídrico en Villa Mills Siberia. Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 46 - 68 p.
- MORAN, W. 1998. Experiencias de pago por servicios ambientales. CACH. Chalatenango, El Salvador. 56 - 60 p.
- PEREZ, C., BARZEV, R. HERLANT, P. 2000. Pago por servicios ambientales. Conceptos y principios. Managua, Nicaragua.
- PNUD. 1999. Mecanismo Financiero para el desarrollo sostenible de los bosques. s.p.
- QUEZADA, J. 1997. ¿Que son los bienes Ambientales? MARN. San Salvador, El Salvador. 56 - 60 p.

- RIST, S; GIGER, M. 2000. Empleo de incentivos directos en proyectos y programas de conservación de suelos. Centro para el desarrollo y Medio Ambiente. Berna, Suiza. 30 - 45 p.
- ROSA, HERRADOR, GONZÁLEZ. 1999. Valoración y pago por servicios ambientales: las experiencias de Costa Rica y El Salvador. PRISMA No. 35 San Salvador, El Salvador.
- ROSA, HERRADOR, GONZÁLEZ Y CUÉLLAR. 1999. El agro salvadoreño y su potencial productor de servicios ambientales. PRISMA No. 33. San Salvador, El Salvador.
- ROSA, H. 1999. Pago por servicios ambientales: oportunidades y desafíos para El Salvador. PRISMA. San Salvador, El Salvador. 72 - 75 p.
- SANCHEZ, J. 2001. El Ciclo Hidrológico. 5p.
- SÁNCHEZ, J. 2001. Hidrogramas. 7p.
- SCHRADER, K. 1998. ¿Incentivos? Marco orientador para un manejo adecuado de incentivos en la promoción de una agricultura sostenible. PASOLAC, INTERCOOPERATION. Managua, Nicaragua. 23 - 26 p.
- TECNOELECTRICA. 2000. energía Hidroeléctrica. Disponible en [www.tecnoelectrica.com](http://www.tecnoelectrica.com), consultado el 25 de junio de 2003.
- VILLALTA, C. 2000. Propuesta de manejo del agua del río Lempa. Revista Asia. # 135. marzo. P. 15 – 21.

## **8. ANEXOS**

**Anexo 1: Resultados obtenidos en las pruebas de densidad aparente.**

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>PESO ANTES CALCINAR</b>	<b>PESO DESPUÉS DE CALCINAR</b>	<b>DENSIDAD APARENTE</b>
<b>SAN BENITO</b>			
0 - 20 cms.	174.65 grs.	144.13 grs.	1.50 gr / cm <sup>3</sup>
20 - 40 cms.	175.27 grs.	151.11 grs.	1.57 gr / cm <sup>3</sup>
40 - 60 cms.	171.21 grs.	147.68 grs.	1.53 gr / cm <sup>3</sup>
<b>EL TULE</b>			
0 - 20 cms.	157.87 grs.	124.69 grs.	1.30 gr / cm <sup>3</sup>
20 - 40 cms.	163.60 grs.	128.39 grs.	1.33 gr / cm <sup>3</sup>
40 - 60 cms.	165.34 grs.	132.64 grs.	1.38 gr / cm <sup>3</sup>
<b>EL TRANSITO</b>			
0 - 20 cms.	147.09 grs	121.41 grs.	1.26 gr / cm <sup>3</sup>
20 - 40 cms.	154.76 grs	122.81 grs.	1.28 gr / cm <sup>3</sup>
40 - 60 cms.	177.69 grs.	137.81 grs.	1.43 gr / cm <sup>3</sup>
<b>SAN FRANCISCO</b>			
0 - 20 cms.	141.07	117.13 grs.	1.22 gr / cm <sup>3</sup>
20 - 40 cms.	136.88	121.76 grs.	1.26 gr / cm <sup>3</sup>
40 - 60 cms.	137.92	122.92 grs.	1.27 gr / cm <sup>3</sup>

Volumen cilindro = h x pi radio cuadrado

$$\text{Volumen cilindro} = 5.1 \text{ cms} \times 3.1416... \times (2.45 \text{ cms})^2 = 96.17 \text{ cms}^3$$

Densidad aparente = masa suelo seco (grs) / volumen cilindro (cms)

**Anexo 2. Modelo de encuesta desarrollada en la subcuenca del Río Paso Hondo**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**  
**ENCUESTA SOBRE EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA PARA CONSUMO**  
**EN EL ÁREA DEL MUNICIPIO DE CINQUERA, DEPARTAMENTO DE**  
**CABAÑAS**

**A. Introducción**

Buenos días / Buenas tardes.

Mi nombre es \_\_\_\_\_, estudiantes de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Nosotros como parte de nuestro trabajo de graduación estamos haciendo un estudio sobre el servicio de agua potable que recibe la población del municipio de Cinquera y sobre la importancia de los bosques para la protección de las fuentes de agua. Nos gustaría conocer su opinión al respecto. Si no tiene inconveniente, le queremos hacer unas preguntas para enriquecer el estudio, solamente tomará de 10 a 15 minutos.

Gracias.

**La información obtenida en esta entrevista es confidencial. No hay respuestas buenas ni malas.**

Nombre del encuestado : \_\_\_\_\_

Lugar Entrevista : \_\_\_\_\_

Municipio Cinquera, Departamento de Cabañas

Colonia / Barrio/ Cantón / Caserío:

\_\_\_\_\_

Fecha  
Entrevista \_\_\_\_/\_\_\_\_/2002  
/ PM

Hora Inicio  
Entrevista \_\_\_\_ AM / PM

Hora Final  
Entrevista \_\_\_\_ AM

PARTE I.

1. ¿Cuál es la principal fuente de abastecimiento de agua en su hogar?  
(Marque con X sólo una opción)

- a. Servicio domiciliario \_\_\_\_\_ ¿Quién se la vende? \_\_\_\_\_  
¿Cuántos días? \_\_\_\_\_
- b. Chorro público \_\_\_\_\_ ¿De quien? \_\_\_\_\_
- c. Camión cisterna \_\_\_\_\_ ¿De quien? \_\_\_\_\_
- d. Pozo, nacimiento, ojo de agua \_\_\_\_\_ ¿Dónde esta ? \_\_\_\_\_
- e. Otros (especifique) \_\_\_\_\_

2. De las siguientes actividades relacionadas al uso del agua en su casa, ¿Cuál es la calificación que Usted le pondría de acuerdo a la intensidad de uso?  
(Coloque números según la calificación de intensidad de uso. )

	<b>Intensidad de Uso</b>	<b>Calificación</b>
a. Para tomar y cocinar _____	La uso mucho	5
b. Baño _____	La uso regularmente	4
c. Lavar ropa _____	La uso pocas veces	3
d. Aseo casa _____	La uso ocasionalmente	2
e. Para los animales _____	Nunca la uso	1
f. Regar cultivos _____		
g. Otros _____		

3. ¿Si le pidiera calificar del 1 al 5 la importancia que tiene el recurso agua para los quehaceres de su vida diaria, qué calificación le pondría? (Mencione escala)

5. Valioso \_\_\_\_\_ 4. Muy importante \_\_\_\_\_ 3. Importante \_\_\_\_\_ 2. Poco importante \_\_\_\_\_  
1. No es importante \_\_\_\_\_

4. ¿Si le pidiera calificar del 1 al 5 la importancia de la vegetación con respecto a la existencia de agua, qué calificación le pondría? (Mencione escala)

5. Valioso \_\_\_\_\_ 4. Muy importante \_\_\_\_\_ 3. Importante \_\_\_\_\_ 2. Poco importante \_\_\_\_\_ 1.  
No es importante \_\_\_\_\_

5. Quién debería proteger la vegetación en Cinquera:

- a. Empresa Privada \_\_\_\_\_ b. Gobierno \_\_\_\_\_ c. Alcaldía \_\_\_\_\_ d. Todos los  
ciudadanos \_\_\_\_\_ e. Combinación de las anteriores \_\_\_\_\_  
f. Otros \_\_\_\_\_.

6. Tomando en cuenta lo anterior ¿Estaría usted dispuesto **a pagar** para cuidar la vegetación en Cinquera, de tal manera que esto le asegure el suministro de agua.  
 Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuánto? \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 (Si el entrevistado está dispuesto (Si el entrevistado NO está dispuesto a pagar  
 pase a la No. 8 ) pase a la No. 7, saltando la No. 8 y prosiga)

7. ¿Porqué no esta dispuesto a pagar?  
 a. No le interesa: \_\_\_\_\_  
 b. Por dinero: \_\_\_\_\_  
 c. El gobierno debería pagar : \_\_\_\_\_  
 c. Otros \_\_\_\_\_

8. ¿Quien cree Usted que debe recibir el pago?  
 a. ONG ambientalistas \_\_\_\_\_  
 b. ANDA \_\_\_\_\_  
 c. Alcaldía \_\_\_\_\_  
 d. Otros \_\_\_\_\_

## PARTE II.

### ASPECTO SOCIAL

9. El entrevistado es: Mujer \_\_\_\_\_ Hombre \_\_\_\_\_

10. ¿Qué edad tiene? \_\_\_\_\_

11. Estudios realizados  
 a. Educación básica \_\_\_\_\_  
 b. Bachillerato \_\_\_\_\_  
 c. Otros \_\_\_\_\_

12. ¿Cuál es su Ocupación?  
 \_\_\_\_\_

13. Número de miembros en su familia \_\_\_\_\_  

Sexo	Edades	Ocupación.
Femenino _____	_____	_____
Masculino _____	_____	_____

14. ¿Cuáles son los ingresos familiares por mes?  
 a. Menos de 1,260 colones: \_\_\_\_\_  
 b. Entre 1,261 y 5,000 colones: \_\_\_\_\_  
 c. Mas de 5,000 colones: \_\_\_\_\_

**Anexo 3: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca El Cacao**

t / tp	Q / Qp	t	Q
0	0	0.00	0.00
0.1	0.015	0.03	0.01
0.2	0.075	0.05	0.05
0.3	0.16	0.08	0.11
0.4	0.28	0.11	0.19
0.5	0.43	0.13	0.29
0.6	0.6	0.16	0.41
0.7	0.77	0.19	0.52
0.8	0.89	0.21	0.60
0.9	0.97	0.24	0.66
1	1	0.27	0.68
1.1	0.98	0.29	0.67
1.2	0.92	0.32	0.63
1.3	0.84	0.35	0.57
1.4	0.75	0.37	0.51
1.5	0.65	0.40	0.44
1.6	0.57	0.43	0.39
1.8	0.43	0.48	0.29
2	0.32	0.53	0.22
2.2	0.24	0.59	0.16
2.4	0.18	0.64	0.12
2.6	0.13	0.69	0.09
2.8	0.098	0.75	0.07
3	0.075	0.80	0.05
3.5	0.036	0.93	0.02
4	0.018	1.06	0.01
4.5	0.009	1.20	0.01
5	0.004	1.33	0.00



**Anexo 4: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca El Tule**

t / tp	Q / Qp	t	Q
0	0	0.00	0.00
0.1	0.015	0.03	0.03
0.2	0.075	0.06	0.14
0.3	0.16	0.09	0.29
0.4	0.28	0.12	0.51
0.5	0.43	0.15	0.78
0.6	0.6	0.18	1.08
0.7	0.77	0.21	1.39
0.8	0.89	0.23	1.61
0.9	0.97	0.26	1.75
1	1	0.29	1.81
1.1	0.98	0.32	1.77
1.2	0.92	0.35	1.66
1.3	0.84	0.38	1.52
1.4	0.75	0.41	1.35
1.5	0.65	0.44	1.17
1.6	0.57	0.47	1.03
1.8	0.43	0.53	0.78
2	0.32	0.59	0.58
2.2	0.24	0.65	0.43
2.4	0.18	0.70	0.33
2.6	0.13	0.76	0.23
2.8	0.098	0.82	0.18
3	0.075	0.88	0.14
3.5	0.036	1.03	0.07
4	0.018	1.17	0.03
4.5	0.009	1.32	0.02
5	0.004	1.47	0.01

**Anexo 5: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca San Francisco**

t / tp	Q / Qp	t	Q
0	0	0.00	0.00
0.1	0.015	0.03	0.02
0.2	0.075	0.06	0.10
0.3	0.16	0.08	0.21
0.4	0.28	0.11	0.37
0.5	0.43	0.14	0.57
0.6	0.6	0.17	0.79
0.7	0.77	0.20	1.01
0.8	0.89	0.22	1.17
0.9	0.97	0.25	1.28
1	1	0.28	1.32
1.1	0.98	0.31	1.29
1.2	0.92	0.33	1.21
1.3	0.84	0.36	1.11
1.4	0.75	0.39	0.99
1.5	0.65	0.42	0.86
1.6	0.57	0.45	0.75
1.8	0.43	0.50	0.57
2	0.32	0.56	0.42
2.2	0.24	0.61	0.32
2.4	0.18	0.67	0.24
2.6	0.13	0.72	0.17
2.8	0.098	0.78	0.13
3	0.075	0.84	0.10
3.5	0.036	0.98	0.05
4	0.018	1.11	0.02
4.5	0.009	1.25	0.01
5	0.004	1.39	0.01

**Anexo 6: Datos utilizados para la construcción del hidrograma unitario para la microcuenca San Francisco**

t / tp	Q / Qp	t	Q
0	0	0.00	0.00
0.1	0.015	0.02	0.02
0.2	0.075	0.04	0.12
0.3	0.16	0.07	0.25
0.4	0.28	0.09	0.44
0.5	0.43	0.11	0.68
0.6	0.6	0.13	0.94
0.7	0.77	0.16	1.21
0.8	0.89	0.18	1.40
0.9	0.97	0.20	1.53
1	1	0.22	1.57
1.1	0.98	0.24	1.54
1.2	0.92	0.27	1.45
1.3	0.84	0.29	1.32
1.4	0.75	0.31	1.18
1.5	0.65	0.33	1.02
1.6	0.57	0.36	0.90
1.8	0.43	0.40	0.68
2	0.32	0.44	0.50
2.2	0.24	0.49	0.38
2.4	0.18	0.53	0.28
2.6	0.13	0.58	0.20
2.8	0.098	0.62	0.15
3	0.075	0.67	0.12
3.5	0.036	0.78	0.06
4	0.018	0.89	0.03
4.5	0.009	1.00	0.01
5	0.004	1.11	0.01