

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**EVALUACION DEL SERVICIO AMBIENTAL HIDRICO EN LA
CUENCA ALTA DEL RIO LEMPA Y SU APLICACIÓN EN EL AJUSTE
DE LA TARIFA HIDRICA DEL AREA METROPOLITANA DE SAN
SALVADOR, EL SALVADOR**

POR

JOSE RICARDO CALLES HERNANDEZ

CATIE

**Turrialba, Costa Rica
2003**

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo primeramente a mi creador, ya que solo con su presencia he podido alcanzar esta meta.

.....a la luz de mis ojos.....Frida, con tu amor las noches de desvelo y el cansancio han sido apaciguados.....este triunfo es tuyo también.

.....al mejor regalo que me ha dado Dios.....Paola Ariadna, la razón última de mi esfuerzo, tu dulzura me dio la fuerza necesaria para lograr este éxito.

.....a mis padres, que aun con la distancia me han hecho sentir su apoyo y espíritu.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Consejero principal Mario Piedra, por que siempre pude contar con su apoyo y colaboración.....gracias Profesor por todo su esmero.

.....a la Doctora Ana María Majano por dedicar su valioso tiempo y compartir su experiencia profesional en la orientación de esta investigación.

.....al Doctor Ramakrishna, quien siempre confió en mi esfuerzo y a quien considero un gran ejemplo profesional y académico a seguir.

.....a Saúl Carrillo por que fue mi consejero principal en El Salvador, su apoyo fue muy valioso y oportuno.

.....a FANTEL/LASPAU por el apoyo financiero

.....a todas las Instituciones que brindaron toda la información de base para esta investigación.

.....a todo el personal de la Escuela de Posgrado, quienes hacen menos difícil la vida estudiantil y académica en CATIE.

.....a todos los colegas de la promoción 2002 – 2003 y aquellos amigos con los que pude compartir más cercanamente esta experiencia académica fuera de las fronteras de mi país.

BIOGRAFIA

El autor nació el 19 de agosto del año 1976 en la ciudad de San Salvador, El Salvador. En 1992 ingresa al Colegio Externado de San José en donde obtiene el Título de Bachiller en ciencias Químicas y Biológicas.

En enero de 1995 ingresa a la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” de El Salvador, graduándose en la Facultad de Ingeniería con el Título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Economía Agrícola en octubre del 2000.

En enero de 1996 forma parte del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Centroamericana donde labora como Encargado del Laboratorio de Biología, hasta mayo del 2000.

En mayo de ese mismo año ingresa a una empresa de capital Taiwanes en El Salvador, donde labora como jefe en los procesos de producción de *Panaeus vanamei* y *P. stilyrostris* para cultivo y exportación, hasta diciembre del 2001.

En enero del 2002 ingresa al Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del CATIE, con el apoyo financiero de FANTEL y LASPAU, donde obtiene el grado de Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas y logra una Mención Honorífica en su tesis de graduación, en diciembre del 2003.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFIA	V
INDICE DE CONTENIDOS	VI
INDICE DE CUADROS	IX
INDICE DE GRAFICOS	XI
INDICE DE MAPAS Y FIGURAS	XII
INDICE DE ANEXOS	XIII
SIGLAS Y ABREVIATURAS	XIV
SUMMARY	XV
RESUMEN	XVII
I. INTRODUCCION	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.4 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	5
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	6
2.1 SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO Y SU IMPORTANCIA.....	6
2.2 LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS Y SU IMPORTANCIA EN LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	7
2.3 PRESUPUESTO DE AGUAS.....	9
2.3.1 <i>Oferta Hídrica</i>	9
2.3.2 <i>Demanda Hídrica</i>	12
2.3.3 <i>Interacción entre oferta y demanda hídrica</i>	12
2.4. POLÍTICAS Y NORMAS AMBIENTALES EN EL SALVADOR CON RELACIÓN AL SAH.....	14
2.4.1. <i>Políticas Ambientales</i>	14
2.4.2. <i>Normas Jurídicas Ambientales</i>	15
2.5. PROCESO DE MODERNIZACIÓN Y REFORMA DEL SECTOR HÍDRICO EN EL SALVADOR.....	18
2.6. PROYECTO MARN/BM/GEF: ECOSERVICIOS.....	23
2.7. LA MESA PERMANENTE DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES.....	25
III. METODOLOGIA	27
3.1 LA CUENCA HIDROGRÁFICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	27
3.2 EL PRESUPUESTO DE AGUAS.....	28
3.2.1 <i>Cuantificación de la oferta hídrica en el área de estudio</i>	29
3.2.1.1 <i>Oferta total hídrica</i>	29
3.2.1.2 <i>Oferta disponible</i>	29

3.2.1.3 Distribución natural de la oferta disponible.....	31
3.2.2 Cuantificación de la demanda hídrica en el área de estudio	35
3.2.2.1 Demanda total hídrica	35
3.2.3 Interacción entre oferta y demanda hídrica en el área de estudio	36
3.2.4 Excedente disponible en el área de estudio	36
3.3. VALORACIÓN ECONÓMICO ECOLÓGICA DEL RECURSO HÍDRICO.....	37
3.3.1 Valor de captación (productividad hídrica del bosque).....	37
3.3.2 Valor de protección y recuperación de bosques.....	38
3.3.3 Valor del agua como insumo de la producción	39
3.3.3.1 Valor del agua en la generación de energía hidroeléctrica	40
3.3.3.2 Valor del agua en la producción agrícola	41
3.3.3.3 Valor del agua en los sectores residencial e industrial	42
3.3.3.4 Valor promedio para el agua	44
3.3.4 Valor de los costos por tratamiento post-servicio de aguas.....	44
3.3.5 Margen ahorro inversión ambiental.....	45
3.4. ANÁLISIS DE RESPUESTA DE OFERENTES Y DEMANDANTES DEL SAH.....	45
3.4.1 Disposición de pago por el servicio ambiental hídrico.	45
3.4.2 Análisis de los dueños de tierras con importancia hidrológica.....	46
3.5. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO ECONÓMICO - ECOLÓGICO.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	49
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	49
4.1.1 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Lempa	49
4.1.2 Ubicación geográfica de la Cuenca Alta del Río Lempa.....	50
4.1.3 Importancia ecológica.	51
4.1.4 Importancia socioeconómica.	61
4.1.4.1 Sector Agrícola. Granos Básicos.	61
4.1.4.2 Producción pecuaria.	63
4.1.4.3 Producción forestal.....	66
4.1.4.4 Sector Agroindustrial	66
4.1.4.5 Sector Turismo	69
4.1.4.6 Otros Sistemas productivos.....	70
4.1.4.7 Infraestructura vial y productiva	71
4.1.4.8 Generación de energía eléctrica.	72
4.1.4.9 Regadíos.....	73
4.1.5 Problemática ambiental.	74
4.1.5.1 Cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.....	76
4.1.5.2 Capacidad de uso del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.	79
4.1.5.3 Conflicto en el uso del suelo en Cuenca Alta del Río Lempa.	81
4.2 PRESUPUESTO HÍDRICO.....	84
4.2.1 Estimación de la oferta total en la Cuenca Alta del Río Lempa.....	84
4.2.2 Estimación de la oferta disponible para la demanda social.....	86
4.2.3 Estimación de la demanda social.....	88
4.3. VALORACIÓN ECONÓMICO-ECOLÓGICA DEL SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO.....	89
4.3.1 Valor de Captación.	89
4.3.2 Valor de restauración de bosques.....	92
4.3.3 Valor del agua como insumo de la producción.	94

4.3.3.1	Valor del agua en le generación de energía hidroeléctrica.	94
4.3.3.2	Valor del agua en el sector agropecuario.....	95
4.3.3.3	Valor del agua en el sector doméstico.	96
4.3.3.4	Valor del agua en el sector industrial y comercial.....	97
4.3.3.5	Valor final del agua como promedio de los distintos sectores.	99
4.3.4	Costos de tratamiento de agua post-servicio.....	100
4.3.5	Margen ahorro-inversión ambiental.....	101
4.4	ANÁLISIS DE RESPUESTA DE OFERENTES Y DEMANDANTES DEL SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO.	102
4.4.1	Demandantes del servicio ambiental hídrico: Sector Residencial.	102
4.4.1.1	Selección de la muestra.....	102
4.4.1.2	Recolección de información.....	104
4.4.1.3	Revisión, codificación, digitación y procesamiento de la información.	104
4.4.1.4	Principales resultados del estudio.	105
4.4.1.5	Disposición de Pago por el servicio ambiental Hídrico.	107
4.4.1.6	Características del informante.....	108
4.4.2	Análisis de dueños de tierras de importancia hidrológica.....	109
4.5	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO.....	111
4.5.1	La estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada.....	111
4.5.2	Valores económicos en el servicio ambiental hídrico.....	112
4.5.3	Propuesta para operativizar la tarifa hídrica ambientalmente ajustada.....	116
V.	CONCLUSIONES.....	119
5.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LEMPA.	119
5.2.	PRESUPUESTO HÍDRICO.....	121
5.3.	VALORACIÓN ECONÓMICA – ECOLÓGICA: DESARROLLO DE UN MODELO TARIFARIO PARA ANDA.	122
5.4.	ANÁLISIS DE RESPUESTA DE OFERENTES Y DEMANDANTES DEL SAH.....	123
5.5.	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SAH.....	124
VI.	RECOMENDACIONES.....	125
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	132
VIII.	ANEXOS.....	138

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Infiltración del agua en terrenos con diferentes coberturas	8
Cuadro 2.2. Volumen anual de escorrentía de las zonas de vida más representativas en el área de estudio, bajo la asociación climática (m ³ /ha/año)	8
Cuadro 3.1. Coeficientes de infiltración propuestos	32
Cuadro 3.2. Presupuesto hídrico anual para el área de estudio: Interacción oferta y demanda de agua	36
Cuadro 3.3. Componentes necesarios a tomar en cuenta en una estructura de tarifas económico ecológicas	48
Cuadro 4.1 Distribución de zonas de vida vegetal en la Cuenca Alta del Río Lempa	52
Cuadro 4.2. Especies amenazadas y en peligro de extinción encontradas en cultivos de Café.	61
Cuadro 4.3. Superficie y Producción de granos básicos en los Departamentos de la CARL	62
Cuadro 4.4. Distribución de las agroindustrias por Departamento en la CARL.	67
Cuadro 4.5. Turicentros en la Cuenca Alta del Río Lempa.	70
Cuadro 4.6. Red vial por Departamento en la Cuenca Alta del Río Lempa.	71
Cuadro 4.7. Inyecciones por recurso y planta generadora. El Salvador, 2002.	72
Cuadro 4.8. Estimación del porcentaje de mejora ambiental en el rubro de aguas residuales en El Salvador, 2002.	76
Cuadro 4.9. Uso y cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.	78
Cuadro 4.10. Descripción de clases de capacidad de uso de las tierras, Cuenca Alta del Río Lempa.	80
Cuadro 4.11. Oferta disponible en la Cuenca Alta del Río Lempa	87
Cuadro 4.12. Presupuesto hídrico para la Cuenca Alta del Río Lempa	89
Cuadro 4.13. Estimación del Costo de Oportunidad basado en los beneficios netos de la actividad agrícola en la Cuenca Alta del río Lempa.	90
Cuadro 4.14. Estimaciones de costos para la protección y recuperación de cuencas asociados con prácticas agrícolas. Sistema en Bosquete (\$/ha).	93
Cuadro 4.15. Datos sobre actividades agrícolas bajo riego en la Cuenca Alta del Río Lempa, (2002).	96
Cuadro 4.16. Valor del agua en el sector doméstico de la Cuenca Alta del Río Lempa.	97
Cuadro 4.17. Promedio ponderado del valor del agua en el sector doméstico.	97
Cuadro 4.18. Valor del agua en los sectores industrial y comercial de la Cuenca Alta del Río Lempa.	98
Cuadro 4.19. Valor del agua como insumo en los distintos sectores económicos de la Cuenca Alta del Río Lempa.	99
Cuadro 4.20. Valor del agua como insumo de la producción para la Cuenca Alta del Río Lempa.	100
Cuadro 4.21. Costos de tratamiento de aguas post servicio.	100
Cuadro 4.22. Proyecciones de población total para los municipios atendidos por el Sistema Río Lempa.	102
Cuadro 4.23. Distribución de la muestra entre los municipios abastecidos por el Sistema Río Lempa.	103

Cuadro 4.24. Porcentaje de familias del municipio de San Salvador de acuerdo con el estrato “niveles de ingreso mensual” y distribución de la muestra ($\text{¢}8.75 = \$1$)	104
Cuadro 4.25. Distribución de la encuesta definitiva de acuerdo a Barrios según municipios.	105
Cuadro 4.26. Distribución de la encuesta definitiva de acuerdo a Barrios y según el estrato Correspondiente. Municipio de San Salvador.	106
Cuadro 4.27. Valor económico del servicio ambiental por familia en el AMSS a partir de medidas no paramétricas (\$ /mes)	107
Cuadro 4.28. Distribución de los informantes de acuerdo con su género.	108
Cuadro 4.29. Pago por hectárea a los propietarios de bosques y de áreas a regenerar en la CARL	110
Cuadro 4.30. Valores económicos en el servicio ambiental hídrico ($\$/\text{m}^3$)	112
Cuadro 4.31. Estimación del porcentaje de incremento en la tarifa de agua por sector atendido por ANDA($\$/\text{mes}$)	114
Cuadro 4.32. Ingresos esperados con el cobro del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa (millones de dólares)	115
Cuadro 4.33. Propuesta tarifaria ambientalmente ajustada ($\$/\text{m}^3$).	116
Cuadro 4.34. Incrementos en la tarifa hídrica considerando la propuesta de cobro para el primer año ($\$/\text{m}^3$)	117
Cuadro 4.35. Ingresos esperados con el cobro del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa según la propuesta de operatividad (millones de dólares)	118

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 2.1. Nivel Organizacional propuesto en la Reforma Institucional del Recurso Hídrico	21
Gráfico 3.1. Curvas de demanda para el análisis del valor económico del agua usando el excedente del consumidor	42
Gráfico 4.1. Estructura del hato bovino por estado productivo y Departamento de la CARL (2001).	64
Gráfico 4.2. Existencia de aves por clase en los Departamentos de la CARL, 2001	65
Gráfico 4.3. Estructura del hato porcino según edad por Departamento de la CARL, 2001.	65
Gráfico 4.4. Evolución de la producción de café en El Salvador desde 1971 (en miles de quintales).	68
Gráfico 4.5. Evolución de la superficie de producción de caña de azúcar en la última década (manzanas).	69
Gráfico 4.6. Uso y Cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.	79
Gráfico 4.7. Distribución mensual de la Precipitación en la Cuenca Alta del Río Lempa.	84
Gráfico 4.8. Variación de la precipitación media mensual para 87 estaciones meteorológicas en la Cuenca Alta del Río Lempa.	85
Gráfico 4.9. Incrementos en la tarifa hídrica considerando la propuesta de cobro para el primer año.	118

INDICE DE MAPAS Y FIGURAS

Mapa 4.1. Ubicación de la Cuenca del Río Lempa, El Salvador	49
Mapa 4.2. Ubicación de la Cuenca Alta del Río Lempa, El Salvador	51
Mapa 4.3. Uso del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa	77
Mapa 4.4. Clases de capacidad de uso del suelo en la Cuenca Alta del río Lempa.	81
Mapa 4.5. Mapa de Conflicto de uso del suelo en la Cuenca Alta del río Lempa.	82
Mapa 4.6. Volumen hídrico captado por la cobertura de bosque en la Cuenca Alta del Río Lempa.	91
Figura 4.1. Parque Nacional Montecristo	53
Figura 4.2. Área Natural Protegida “San Diego – La Barra”	54
Figura 4.3. Área Natural Protegida “Complejo Los Volcanes”	55
Figura 4.4. Área Natural Protegida “Complejo San Marcelino”	55
Figura 4.5. Área Natural Protegida “Complejo El Playón”	56
Figura 4.6. Área Natural Protegida “El Pital”	57
Figura 4.7. Área Natural Protegida “Colima”	58
Figura 4.8. Área Natural Protegida “La Magdalena”	59
Figura 6.1. Estructura para el cobro y administración de los fondos basados en el pago del SAH, considerando el valor de captación y de restauración de bosques.	128
Figura 6.2. Estructura para el cobro y administración de los fondos por el pago del agua como insumo de la producción	130

INDICE DE ANEXOS

Anexo 4.1.	Registros de precipitación (en mm) de 87 estaciones meteorológicas en la Cuenca Alta del Río Lempa (2001)	139
Anexo 4.2.	Valores mensuales y anuales de Evapotranspiración potencial según Hargreaves (en mm) en la Cuenca Alta del río Lempa para el periodo 1970 - 2001.	142
Anexo 4.3.1	Población Urbana y Rural con servicio de agua potable por Departamento en la Cuenca Alta del Río Lempa, 2002.	143
Anexo 4.3.2	Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Santa Ana, 2002.	143
Anexo 4.3.3	Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Chalatenango, 2002.	144
Anexo 4.3.4.	Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de San Salvador, 2002.	145
Anexo 4.3.5	Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de La Libertad, 2002.	146
Anexo 4.3.6.	Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Cuscatlán, 2002.	147
Anexo 4.4.	Encuesta de disposición de pago en el sector residencial del AMSS (2001).	148

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y alcantarillados
BCEI	Banco Centroamericano de Integración Económica
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CACH	Comité Ambiental de Chalatenango
CARL	Cuenca Alta del Río Lempa
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CCT	Centro Científico Tropical
CEDES	Concejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible de El Salvador
CEL	Comisión Ejecutiva del Río Lempa
CENDEPESCA	Dirección General de Desarrollo Pesquero
CINTERPEDS	Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CORSATUR	Corporación Salvadoreña de Turismo
DGEA	Dirección General de Estadísticas Agropecuarias
ENADE	Encuentro Nacional de la Empresa Privada
GEF	Fondo Global para el Medio Ambiente
GOES	Gobierno de El Salvador
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INCAE	Instituto Centroamericano de Administración de Empresas
IPS	Instituto de Políticas para la Sostenibilidad
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MPPSA	Mesa Permanente de Pago por Servicios Ambientales
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PAES	Programa Ambiental de El Salvador
PASOLAC	Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central
PLAMDARH	Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos
PNODT	Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRCCBM	Proyecto Regional para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano
PRISMA	Programa Salvadoreño de Investigación en Desarrollo y Medio Ambiente
PRODERT	Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible en las Zonas de Fragilidad Ecológica de la Región del Trifinio
PSA	Pago por Servicios Ambientales
SACDEL	Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local
SAH	Servicio Ambiental Hídrico
SANP	Sistema de Áreas Naturales Protegidas
SEMA	Secretaría del Medio Ambiente
SIGET	Superintendencia General de Energía y Telecomunicaciones
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
UCA	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
UES	Universidad de El Salvador
UICN	Unión Mundial para la Naturaleza
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

SUMMARY

Calles Hernández, J. 2003. Assessment of hydrologic environmental services in the Lempa River Upper Watershed and its application for the adjustment of water tariffs in the San Salvador metropolitan area, El Salvador. MSc Thesis, Turrialba, CR, CATIE. 123 p.

Keywords: economic valuation, hydrologic environmental services, Lempa River watershed, hydrologic budget, tariff structure, payment for environmental services.

The study conducted an economic and ecological evaluation of the hydrologic resources in the upper watershed of the Lempa River in support of a proposed adjustment of the current tariff structure set by the National Aqueduct and Sewage Administration (ANDA) in the San Salvador metropolitan area, El Salvador.

The availability of water resources in the Lempa River Upper Watershed suggests that there is a surplus of **2,268.03 million m³ per year**, considering that the total demand (**7,555.47 million m³/year**) falls below the annual supply of water provided by rainfall. However, at the same time there is a critical hydrologic deficit of **95.39 million m³ per year** in subterranean water stocks, where demand exceeds annual ground-water recharge capacity.

A proposal for a system of payments by resource users for hydrologic environmental services in the Lempa River Upper Watershed was developed, in order to generate funding for forest conservation and restoration activities and thus improving the provision of watershed services. The suggested payments by users were calculated according to three components: the water capture capacity of forest at **US\$0.005 per m³**, the value of forest restoration (**US\$0.026/m³**), and the value of water as a productive input. For this last component, it is suggested that the industry sector pay **US\$0.0086 per m³** of water utilized, the commercial sector **US\$0.0097/m³**, the agricultural sector **US\$0.0054/m³**, and the hydro-energetic sector **US\$0.0033/m³**. The establishment of a complementary contingency fund is also proposed, to which would be channeled an additional 3% of the payments described above, as well as

payments made for wastewater treatment. The annual income from the proposed system of payments for environmental services is expected to reach **US\$445.46 million**.

It is proposed that the income gained from these payments be distributed in the following manner: **US\$89.21 per hectare per year** for forest conservation activities financed by income gained from the water capture payments, and **US\$271.73/ha/year** for forest restoration activities from the forest restoration payments. Additionally, income gained from payments for water as a productive input would be allocated to social development activities, and the contingency fund would be destined to cover the cost of emergencies caused by natural disasters. The establishment of a trust fund is proposed to manage the financial resources of the system.

RESUMEN

Calles Hernández, J. 2003. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 123 p.

Palabras clave: valoración económica, servicio ambiental hídrico, Cuenca del Río Lempa, presupuesto hídrico, estructura tarifaria, pago por servicios ambientales.

Este estudio aborda el análisis del recurso hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa. El objetivo principal es hacer una evaluación económica – ecológica del recurso hídrico para fundamentar el ajuste de la actual estructura tarifaria de ANDA en el AMSS.

La disponibilidad hídrica en la CARL sugiere que existe un superávit (**2,268.03 mill.m³/año**) dado que el volumen total de demanda (**7,555.47 mill.m³/año**) no supera el aporte anual (**10,823.51 mill.m³/año**) que recibe la cuenca por precipitación. Sin embargo, existe una situación crítica de déficit hídrico (**95.39 mill.m³/año**) dado que el volumen de agua subterránea demandado supera la recarga hídrica anual.

Se propone el pago del servicio ambiental hídrico del bosque como una opción de generar ingresos que permitan el financiamiento de actividades de conservación y restauración de dicha cobertura. El cobro del SA está en función de tres componentes: el valor de captación (**\$0.005/m³**), el valor de restauración (**\$0.026/m³**), y el valor del agua como insumo de la producción, donde el sector industrial pagaría **\$0.0086/m³**, el comercial **\$0.0097/m³**, el agrícola **\$0.0054/m³** y el hidroenergético **\$0.0033/m³**. Adicional a estos valores se genera un fondo de contingencias (margen de ahorro – inversión) de 3% de los otros valores; y el pago de los costos de agua post – servicio. Estos valores se aplicarían a la demanda de agua en la cuenca alta. Los ingresos esperados son de **\$445.46 mill./año**.

Estos ingresos han de distribuirse en actividades de conservación de bosques pagando un monto de **\$89.21/ha/año** financiados con el valor de captación; en actividades de restauración

de bosques (**\$271.73/ha/año**) financiado con el valor de restauración; en actividades relacionadas con el desarrollo social financiado con el valor del agua como insumo de la producción; y en actividades de contingencia debido a emergencias por desastres naturales, financiado con el valor del margen de ahorro – inversión. Se propone como instrumento de manejo financiero el fideicomiso.

I. INTRODUCCION

1.1 Definición del problema y justificación

En El Salvador se ha reconocido que el agua es un elemento central para el proceso de desarrollo del país ya que su escasez y/o abundancia determinan el grado de viabilidad económica, bienestar social y sostenibilidad ambiental.

Dada la severa problemática del agua en El Salvador y de la crisis en su gestión, se han planteado una serie de propuestas encaminadas hacia un proceso de estructuración del sector hídrico, cuyo objetivo es el de instalar un modelo de gestión que debería entre otros aspectos, contemplar un modelo conceptual que defina el valor y naturaleza del bien agua (Milliet, 2000).

Una de las consideraciones sobre la regulación de los servicios de agua potable y saneamiento en El Salvador, está relacionada con la regulación de precios, la cual debe estar acompañada de guías tarifarias que promuevan no sólo la viabilidad financiera de los prestadores del servicio, sino que también para que las tarifas brinden claras señales a todos los usuarios y a las entidades prestadoras para conservar el recurso agua.

Sin embargo, actualmente el sistema de cobro a través de la tarifa, es insuficiente al no internalizar variables ambientales que permitan un ajuste tarifario con el que se elimine el subsidio ambiental¹ y se generen los aportes financieros necesarios para proveer a las futuras generaciones, un servicio ambiental hídrico de calidad y cantidad.

Los agroecosistemas y escasos bosques naturales distribuidos en El Salvador son de mucha importancia en cuanto a la provisión de servicios ambientales indispensables para el desarrollo nacional; tal es el caso de la Cuenca Alta del Río Lempa, en donde la cobertura

¹ Barrantes y Vega (2002) sostienen que el subsidio ambiental se genera cuando se considera en las tarifas de agua solo el costo financiero de brindar el servicio, ya que no se incluye los costos ambientales en que se debe incurrir para disponer de agua en calidad y cantidad socialmente aceptables.

forestal existente está contribuyendo a la protección de recursos hídricos, en términos del mantenimiento de la calidad y cantidad de agua para diferentes usos.

La aplicación de un mecanismo de PSA en esta zona aseguraría que los actores que intervienen en la provisión de estos servicios sean retribuidos, de tal forma que adopten sistemas de producción agrícolas sostenibles que asegure un flujo permanente de servicios ambientales. No obstante, en la CARL, la cobertura boscosa y los servicios provistos por ésta, no son valorados adecuadamente, lo que justifica la cuantificación del potencial que tienen dichos activos en la captación del agua para su posterior disposición y distribución al AMSS.

Actualmente se estima que la Cuenca Alta del Río Lempa, en territorio salvadoreño con una extensión de 6,063.6 km², posee una cobertura boscosa de 1,117.33 km², lo que corresponde aproximadamente a un 5% del país. Esta cobertura está compuesta por 433.65 km² de bosque de coníferas y 683.68 km² de bosque latifoliado, representando un 3% y 2% de la superficie nacional, respectivamente. Además se reporta para la zona un 2% de plantaciones de café, del total sembrado en el país (García *et al*, 1997).

Sin embargo, a pesar de su importancia en el desarrollo económico y a la identificación de la sociedad civil y organismos internacionales en la protección de los bosques y plantaciones forestales, el actual patrón de desarrollo económico está presionando y eliminando aceleradamente los remanentes de cobertura vegetal con que aún cuenta la CARL, así como elevando los índices de contaminación hídrica haciendo cada vez más crítico el problema de disposición del recurso en cantidad y calidad.

El Salvador se inserta en una etapa de desarrollo en la que debe exigir la sostenibilidad de la calidad y flujos de agua. Se debe investigar la disposición a pagar por parte de la sociedad en general para que se protejan los bosques y plantaciones forestales por los servicios sociales y ambientales asociados tales como la provisión de oxígeno, información genética, prevención de desastres, belleza escénica y otros, los cuales juegan un papel fundamental en el desarrollo económico del país.

Un mecanismo para alcanzar esa sostenibilidad consiste en superar las debilidades institucionales y legales asociadas a estructuras tarifarias que impiden la captación de fondos, tanto para la construcción de infraestructura requerida por el servicio, como para la protección y recuperación de áreas de captación bajo un esquema de desarrollo fundamentado en la conservación y el aprovechamiento sostenible de los servicios ambientales.

Es necesario recordar que en este momento en El Salvador existe una Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (1981), un Anteproyecto de Ley de Aguas en revisión, un “frondoso marco legal e institucional relacionado con la gestión del agua que ha venido acumulándose en el país” (Artiga y Rosa, 1999) y un nuevo sistema de competencias compartidas que hacen más eficiente y dan apoyo legal al cálculo de los diferentes montos que debería contener la tarifa hídrica para cada usuario del servicio de agua potable.

Este estudio pretende realizar una investigación completa que incluye el análisis del ciclo hidrológico con una visión de cuenca y el diagnóstico de la misma, presentando un análisis que relaciona el estado actual de degradación ambiental y el déficit hídrico de la región, con el fin de desarrollar una tarifa hídrica de ANDA en la que se internalice tanto los componentes ambientales necesarios como el monto de inversión que la empresa requiere para asegurar el crecimiento futuro.

Con base en lo anterior, el estudio se ha considerado de importancia no sólo por la debilidad de la estructura tarifaria hasta hoy utilizada en El Salvador, sino también porque se justifica la eliminación del subsidio ambiental hídrico a los demandantes del recurso, mediante el cobro en la tarifa, y el pago a los oferentes del servicio para cumplir con un principio de equidad social fundamentado en el enfoque del costo de oportunidad y con ello fortalecer un modelo de desarrollo basado en el aprovechamiento sostenible e inteligente de los servicios ambientales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Fundamentar y sistematizar desde el punto de vista económico ecológico, el ajuste de la estructura tarifaria hídrica de ANDA en el AMSS, dentro del marco de pago por servicios ambientales para el manejo sostenible del recurso hídrico en El Salvador.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar la Cuenca Alta del Río Lempa desde el punto de vista social, económico y ambiental.
2. Cuantificar el servicio ambiental hídrico del bosque en la cuenca alta del Río Lema para el AMSS, mediante el cálculo del presupuesto de aguas.
3. Valorar económica y ecológicamente el servicio ambiental hídrico del bosque en la Cuenca Alta del Río Lempa.
4. Analizar la respuesta de los oferentes y demandantes del SAH dentro de un esquema de PSA.
5. Diseñar una estrategia para el cobro de los montos generados en el modelo tarifario económico ecológico para los usuarios atendidos por ANDA en la CARL.

1.3 Hipótesis

La internalización del valor del servicio ambiental hídrico en la tarifa de agua potable es un instrumento para capturar fondos, que pueden ser reinvertidos en la protección y recuperación de los bosques que proveen el recurso en la Cuenca Alta del Río Lempa.

1.4 Delimitación del Estudio

El presente estudio es una evaluación del servicio ambiental hídrico generado por los bosques en la Cuenca Alta del Río Lempa, dentro del territorio salvadoreño. Dicha evaluación estará fundamentada en la determinación de: *i)* Presupuesto de aguas en la cuenca, *ii)* ajuste ambiental en la tarifa de agua potable de ANDA mediante el cobro de una “tarifa hídrica”, que ha sido definida como: a) el valor económico del servicio ambiental hídrico que ofrecen los bosques en la Cuenca Alta al AMSS; b) el costo ambiental requerido para recuperar y conservar las áreas donde se ubican los bosques en función del recurso hídrico; c) el valor del agua como insumo de la producción en las distintas actividades económicas; d) valor de los costos por tratamiento post-servicio de agua; y e) margen de ahorro inversión ambiental para garantizar la disponibilidad financiera; *iii)* la respuesta de oferentes y demandantes (sector residencial únicamente) del servicio ambiental hídrico, basados en el costo de oportunidad y la disposición de pago, respectivamente; y finalmente *iv)* el análisis sobre la estrategia de implementación del servicio ambiental hídrico.

Con esta metodología de evaluación se reconoce la necesidad de fortalecer los procesos de uso racional y sostenible en la Cuenca Alta del Río Lempa, teniendo como base la importancia de los bosques en la conservación y protección del recurso. Sin embargo, no se analizará la creación de una estructura institucional ideal para el manejo del recurso hídrico, ni el marco legal necesario para implementar este tipo de procesos dentro del PSA en El Salvador.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Servicio ambiental hídrico y su importancia.

Según Constanza *et al.*, 1998, el servicio ambiental hídrico se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas boscosos para captar agua y mantener la oferta hídrica a la sociedad; por lo tanto está basado en la protección de los recursos hídricos, en términos de calidad, distribución en el tiempo y cantidad, para uso urbano, rural, industrial e hidroeléctrico, mediante un uso sostenible de acuíferos, manantiales y fuentes de agua en general, protección y recuperación de cuencas y microcuencas, etc. (Espinoza *et al*, 1999).

Por su ciclo, el agua se encuentra en constante movimiento hacia arriba y hacia abajo de la superficie del suelo, sirviendo de esta manera como un nexo imprescindible a los ecosistemas del planeta tierra, único lugar donde ésta se encuentra en estado líquido. En este ciclo, una proporción del agua, vuelve directamente a la atmósfera, en parte, a través de las plantas. El resto, se introduce en la tierra o fluye sobre ésta, penetrando el suelo, desplazándose entre organismos, recargando mantos acuíferos subterráneos, volviendo a colmar ríos y lagos y adentrándose en los océanos para retornar luego a la atmósfera (Villegas, 1998).

El suministro de agua disponible para uso humano es finito, pues el agua proporcionada por la naturaleza también lo es. La mayor parte del agua de la Tierra, 97.5% es agua salada. Del 2.5% restante, agua dulce, casi el 70% esta bloqueada en témpanos y glaciares polares, y un 29 % se almacena en las profundidades de la Tierra. Esto deja casi un 1% (del 2,5%) en ríos, lagos, pantanos, suelo, embalses, la atmósfera y en organismos vivos (Espinoza, 1999).

2.2 Los ecosistemas boscosos y su importancia en la disponibilidad del recurso hídrico.

La identificación y cuantificación del servicio ambiental hídrico, requiere de la cuantificación de indicadores físico-ecológicos de las ventajas de la presencia de bosques, para realizar el cálculo de los valores monetarios correspondientes. Ese proceso es indispensable para reconocer al bosque como un ente importante que beneficia a la sociedad a través de un flujo continuo y permanente de agua (Costanza *et al.* 1998).

Los efectos y funciones hidrológicas más importantes de los bosques naturales son (Stadtmüller, 1994):

- Interceptan cantidades significativas de la precipitación bruta, provocando que el insumo de agua (precipitación neta) sea menor que en otras coberturas vegetales.
- Muestran altas tasas de evapotranspiración, lo que significa una pérdida de agua.
- Protegen eficientemente el suelo contra erosión superficial, y en menor grado contra erosión en masa (deslizamientos poco profundos).
- Generalmente garantiza los más altos requerimientos de calidad de agua.

La intervención del bosque tiene diferentes niveles de impacto sobre su ciclo hidrológico al igual que del ciclo del carbono. Estos impactos hidrológicos están divididos según su relación con la cantidad y calidad de agua. Erosión, sedimentación y flujo de nutrientes se han agrupado bajo el encabezado de impactos en la calidad de agua. Cambios en la cantidad del agua, flujos mínimos y estacionales, respuestas de flujos máximos y la consiguiente protección contra crecidas, tabla de agua y precipitación se consideran impactos en la cantidad de agua (Mourraille *et al.*, citado por Otárola y Vanegas, 1999).

La presencia de bosques favorece la retención de agua, mientras que el sistema radicular permite una mayor y mejor infiltración, evitando la presencia de picos de agua (Ander 1991). En el Cuadro 2.1 se presenta el escenario de infiltración bajo tres tipos de cobertura: boscosa, pastos y sin cobertura vegetal (suelo “desnudo”), donde el bosque tiene una eficiencia

promedio de 68.92% en la infiltración en relación con el pasto y el suelo desnudo, los cuales presentan 24.75% y 6.33% de eficiencia, respectivamente.

Cuadro 2.1. Infiltración del agua en terrenos con diferentes coberturas

Tiempo en minutos	Cobertura boscosa		Cobertura bajo pasto		Suelo sin cobertura Vegetal		Total (cm ³)
	(cm ³)	%	(cm ³)	%	(cm ³)	%	
5	60.00	69.52	21.00	24.33	5.30	6.14	86.30
10	119.00	67.70	45.80	26.05	11.00	6.26	175.80
30	360.00	68.90	127.00	24.31	35.50	6.79	522.50
60	715.00	69.55	250.00	24.32	63.00	6.13	1028.00
Promedio		68.92		24.75		6.33	

Fuente: Heuveldop, J. *et al.* 1986.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el servicio ambiental hídrico puede contabilizarse mediante el cálculo de la cantidad de agua retenida bajo un escenario de bosque. Según estudios desarrollados por Ocampo *et al* (1997) un bosque tropical es capaz de fijar agua al subsuelo en un volumen que oscila entre 9000 y 14000 m³/ha/año.

En un estudio realizado por CCT-CINTERPEDS (1995) se determinó que bajo cobertura de bosque la escorrentía es menor que bajo cobertura de pasto, lo que justifica la mayor capacidad de infiltración del bosque (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Volumen anual de escorrentía de las zonas de vida más representativas en el área de estudio, bajo la asociación climática (m³/ha/año)

Zona de vida	Cobertura bosque			Cobertura pasto		
	Total de agua por escorrentía	Calidad positiva	Calidad negativa	Total de agua por escorrentía	Calidad positiva	Calidad negativa
Tropical húmedo (T-w)	36740	30610	6130	40060	15010	25050
Montano húmedo (M-w)	9120	8070	1050	10340	3580	6760
Montano lluvioso (M-r)	20550	15420	5130	20660	5160	15500
Total	144380	117580	26800	155780	48870	106910
Porcentaje	100.00%	81.44%	18.56%	100.00%	31.37%	68.63%

Fuente: CCT-CINTERPEDS 1995.

Además, se evaluó la calidad del agua y se determinó que bajo bosque había una cantidad positiva de 81.44% y bajo pasto de 31.37%. La presencia de bosque favorece la retención de agua, ya que el sistema radicular permite una mayor y mejor infiltración, y disminuye la escorrentía superficial (Ander, 1991).

Las estimaciones biofísicas de los componentes que explican el servicio ambiental son el punto de partida para la comprensión del servicio ambiental hídrico del bosque en términos del flujo de agua y de la importancia que esto tiene para la sociedad en términos de oferta y del aprovechamiento del agua en las distintas actividades económicas y humanas en general. El análisis de oferta y demanda hídrica determina el presupuesto de aguas con que cuenta una cuenca o país, lo que constituye la base para establecer una cuantificación monetaria del servicio ambiental hídrico.

2.3 Presupuesto de Aguas.

Según Barrantes y Vega (2002a), el presupuesto de aguas se refiere a la cuantificación física de la oferta y la demanda de agua en una región, con el fin de generar información relacionada con las interacciones recurso-usuarios que permita una mejor administración del uso del recurso. Para la construcción del presupuesto de aguas se requiere de la comprensión del ciclo hidrológico -relación atmósfera tierra- y del ciclo hidrosocial -administración social del recurso-, como dos grandes componentes que determinan la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico. El ciclo hidrológico explica, fundamentalmente, el proceso natural que mantiene una oferta de agua y el ciclo hidrosocial explica la forma en cómo se administra la demanda de agua en el ámbito económico.

2.3.1 Oferta Hídrica.

En el cálculo de la oferta hídrica se utiliza el balance hídrico de las cuencas hidrológicas de importancia para los distintos usuarios. Para cada una de las cuencas se necesita información cuantitativa referente a los componentes del ciclo hidrológico, con el fin de conocer la oferta total en el área de estudio (Barrantes y Vega, 2002b). Para ello se determinan los volúmenes

de agua cuando ésta experimenta cambios en su forma: agua superficial, agua subterránea; y en su estado: gaseoso (evapotranspiración). Sin embargo, el ciclo hidrológico es completamente complejo, ya que está compuesto de muchos ciclos interrelacionados de extensión continental, regional y local. Aunque el volumen de agua en el ciclo hidrológico global permanece esencialmente constante, la distribución de esta agua está cambiando continuamente en las cuencas locales de drenaje (Chow *et al*, 1994).

La fuente principal de agua que alimenta el ciclo hidrológico de una cuenca es la precipitación. Una pequeña parte de la precipitación que cae en la zona boscosa alcanza el suelo forestal directamente sin tocar el dosel: a esto se le llama precipitación directa (Kunkle, 1975). De la lluvia que golpea la vegetación, una porción importante es interceptada por el dosel (intercepción vertical) y evaporada a la atmósfera durante e inmediatamente después de la tormenta (Bruijnzeel, 1990). La intercepción vertical es tomada como la diferencia entre la precipitación bruta menos la precipitación neta.

El resto de la precipitación alcanza el suelo forestal como escurrimiento de copas y vía ramas y troncos como escurrimiento de fustes, después que se ha llenado la capacidad de almacenamiento de las copas y troncos (Leyton, 1980). La suma de la precipitación directa, la intercepción del mantillo, el escurrimiento de copas y de fustes es llamada precipitación neta. El agua que penetra en el subsuelo forestal llega a recargar acuíferos y, el restante se dispone en ríos, riachuelos y lagos, dando posibilidades para ser utilizado por el ser humano en sus diversas actividades y finalmente drenarse hacia el océano. El agua que escurre superficialmente, subsuperficialmente y la que recarga, representan la oferta disponible para las actividades humanas en general (Barrantes y Vega, 2002a).

En la valoración del aporte de los bosques en la captación de las aguas se considera importante la contribución de la denominada precipitación horizontal; originada en la presencia de niebla o bruma en contacto con la cobertura boscosa. Sin embargo, no está demás decir que esta precipitación no es medida por las estaciones meteorológicas tradicionales, las que por norma son instaladas en sitios y condiciones que anulen el efecto de

intercepción o influencia, con ocurriría si los instrumentos se colocan bajo la cubierta del bosque.

La eliminación de un bosque produce alteraciones en la redistribución y en la cantidad de las precipitaciones que llegan a una superficie, distribución espacial y temporal de la reserva de agua del suelo y modifica el balance hídrico de un lugar (Huber y López, 1993). Holdridge (1982), insiste en que el agua es un recurso progresivamente limitante en ciertas áreas y se hace necesaria una mayor investigación sobre la relación entre humedad que se condensa y la vegetación. Por su parte, la presencia de agua es importante, no sólo porque se considera como un recurso vital, sino porque es el recurso natural del que dependen la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas.

Por otro lado, las reservas naturales tales como: acuíferos, lagos naturales, constituyen parte del presupuesto de aguas, lo mismo que la presencia de embalses artificiales. Esos últimos, son parte del capital natural hídrico, que puede ir cambiando de valor de acuerdo a intervenciones humanas. Por ejemplo, cuando los cauces de los ríos sólo permiten el drenado natural y no tienen utilidad económica, el agua únicamente tiene un valor social y ambiental para el funcionamiento y protección de los ecosistemas acuáticos, (Barrantes y Vega, 2002b).

La parte alta de la cuenca del Río Lempa provee una buena parte del agua en el Área Metropolitana de San Salvador. Para el caso del presupuesto de aguas en esta cuenca, se hace necesario cuantificar la oferta disponible, lo que requiere conocer los niveles de precipitación y los de evapotranspiración. Esos dos componentes, explican el volumen de escorrentía superficial, subsuperficial y la infiltración en el área de interés, dando como resultado lo que sería la cantidad de agua disponible para el desarrollo del AMSS, particularmente, las actividades de aquellos entes públicos y privados que dependen de la disponibilidad de agua en esa cuenca.

2.3.2 Demanda Hídrica.

La demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades económicas y humanas en general (Barrantes y Vega, 2002a). La utilización del agua y la forma en que se procede a ella varía en la región según el país y según el subsector. Los principales *subsectores de los recursos hídricos* (los ámbitos del sector que corresponden individualmente a actividades concretas en los campos económico, social o ambiental que dependen en todo o en parte del agua para alcanzar sus objetivos y propósitos) en la región en general son el riego y drenaje, el abastecimiento de agua y el saneamiento, incluido el transporte de desechos por agua, y la energía hidroeléctrica (BID, 1998).

La demanda de agua, se ve afectada -también- por el proceso hidrosocial² que presenta el país, especialmente para el agua de uso doméstico. Este ciclo hidrosocial debe ser analizado para el caso de El Salvador, en donde se estima que de toda la población cubierta con servicios de alcantarillado, sólo entre 2% y 3% del caudal de aguas residuales recibe algún tipo de tratamiento previo antes de ser lanzadas a ríos o quebradas (OPS-UNICEF citado por Cuellar, 2001).

Esta deficiencia no permite la utilización total del agua, ya que desde que se toma en los ríos o nacientes, se inicia paralelamente un proceso de degradación de la misma, que evita su posterior reutilización.

En el cálculo de la demanda hídrica, las fugas deben ser consideradas como un componente importante, ya que el porcentaje de agua no aprovechable por éstas podría ser muy significativo. La pérdida de agua por fugas fluctúa entre un 14 y un 33 % para El Salvador, y para el caso del AMSS ese porcentaje es cercano al 10% (ANDA, 2002).

2.3.3 Interacción entre oferta y demanda hídrica

² El *ciclo hidrosocial* se refiere al proceso que se da en el uso del agua desde que se capta para las actividades humanas hasta que se deposita en el océano (Barrantes y Vega, 2002a).

La interacción entre oferta y demanda puede ser clarificada mediante la cuantificación de los componentes de la oferta y de la demanda por cada sector de la economía. Estos componentes indican la forma en que se puede construir un *estado de balance de agua* para fines de planificación. La cantidad ofrecida está en función de la lluvia generada mediante el ciclo hidrológico, y la cantidad de agua sustraída se refiere a la cantidad (volumen) de agua demandada durante el año (Barrantes y Castro, 1999).

La humanidad se enfrenta a una escasez generalizada de recursos de agua dulce, a su destrucción gradual y creciente contaminación, lo cual limita la disponibilidad del agua en términos de oferta hídrica. Asimismo, la deforestación de las laderas montañosas y su subsiguiente conversión y uso para otros fines (ej., agricultura, ganadería, lotificaciones) resulta en erosión acelerada de los suelos, un aumento de las inundaciones locales, la disminución del recargo de los acuíferos subterráneos, la sedimentación de los embalses y cauces de los ríos y la degradación de la calidad de las aguas. Por otra parte, el agua de embalses y ríos son utilizados en la agricultura, no obstante, el escurrimiento químico de los campos regados contamina las aguas superficiales y profundas.

Esa interacción entre oferta y demanda, es un indicador claro de que la economía y la producción de servicios ambientales de la biodiversidad, están totalmente ligados, lo cual exige una planificación y una ordenación integradas de los recursos hídricos que abarque todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto superficiales como subterráneas, y ha de tener en cuenta los aspectos de la cantidad, distribución en el tiempo, calidad del agua, así como los actores involucrados e interesados en la uso del recurso.

2.4. Políticas y Normas Ambientales en El Salvador con relación al SAH³

2.4.1. Políticas Ambientales.

Las políticas de gobierno son actos de Estado que tienen por finalidad orientar las acciones de la administración pública buscando el bienestar de la sociedad en general. El Gobierno de la República plenamente convencido de la importancia de estos instrumentos, propuso La Nueva Alianza como su plan de gobierno para el período 1999-2004. Esta contiene la “Alianza por el Futuro”, en la que se dictan las directrices y prioridades del Gobierno en materia ambiental.

En concordancia con esos lineamientos de política, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, como autoridad ambiental, y en cumplimiento de la Ley del Medio Ambiente, elaboró las siguientes propuestas de políticas ambientales:

- **Política Nacional de Medio Ambiente.**

Tiene como objetivo fundamental orientar la conducta de hombres y mujeres hacia la búsqueda y consolidación del desarrollo sostenible por medio de una gestión ambiental que armonice el crecimiento económico con la protección del medio ambiente y los recursos naturales, para mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del país.

- **Política Nacional del Recurso Hídrico.**

Busca lograr una disponibilidad y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, mediante el manejo de la oferta nacional, atendiendo los requerimientos sociales y económicos, en los aspectos de calidad, cantidad y distribución.

- **Política para el Ordenamiento del Uso de los Recursos Costero Marinos.**

Está encaminada a orientar las actividades de aprovechamiento y protección de los recursos costero marinos en forma sostenible, para lograr una mejor calidad de vida.

³ Tomado del Estado del Medio Ambiente, MARN 2000.

- **Política Forestal.**

Pretende propiciar el desarrollo forestal del país, por medio de la promoción de actividades que incentiven al sector privado, en la producción de bienes y servicios fundamentados en el aprovechamiento sostenible del recurso bosque.

- **Política de Áreas Naturales Protegidas.**

Su objetivo es lograr la consolidación del sistema de áreas naturales protegidas, garantizando la conservación de unidades naturales que contengan ecosistemas naturales, la diversidad biológica, los procesos ecológicos que regulan el ambiente.

- **Política de Manejo de Aguas Residuales.**

Se ha diseñado para manejar y controlar los vertidos de aguas residuales, previniendo, evitando, mitigando y compensando la contaminación de los cuerpos receptores.

- **Política Nacional de Manejo de Desechos Sólidos.**

Se ha elaborado para implementar un sistema nacional de manejo integral de desechos sólidos enfocado a reducir la generación de ellos, independiente de su fuente con el propósito de proteger el medio ambiente y los recursos naturales.

2.4.2. Normas Jurídicas Ambientales.

La Constitución de la República de El Salvador, declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales; dispone que la “protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales y del medio serán objeto de leyes especiales” (Art. 107).

En cumplimiento de esta disposición constitucional, el Presidente de la República, por medio del Decreto Ejecutivo No.27, creo el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, como la Secretaria de Estado encargada de la formulación, planificación y ejecución de las políticas en materia de medio ambiente y recursos naturales.

De conformidad con la disposición constitucional, la Asamblea Legislativa, aprobó la Ley del Medio Ambiente, que entró en vigencia el día 13 de mayo de 1998. Dicha Ley tiene como objeto: “Desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refiere a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia”.

En virtud de la variedad de la normativa sectorial en materia ambiental, el MARN está desarrollando esfuerzos interinstitucionales con la finalidad de armonizar y compatibilizar toda esta normativa con los principios de sostenibilidad contenidos en la Ley del Medio Ambiente.

Las normas jurídicas principales en materia de recurso hídrico que son atribuciones y competencias del Gobierno de El Salvador, son las siguientes:

❖ **Ley General de Actividades Pesqueras.**

Dirigida a fomentar y regular la pesca y la acuicultura, para un mejor aprovechamiento de los recursos y productos pesqueros. Corresponde a CENDEPESCA, desarrollar, conservar y administrar los recursos pesqueros; establecer las regulaciones necesarias con el organismo competente para prevenir y combatir la contaminación ambiental en aguas interiores y marinas.

❖ **Ley sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento.**

Objeto: El aprovechamiento múltiple del recurso agua y la coordinación de los estudios y soluciones más viables y convenientes a los usos integrados del agua.

La Autoridad Competente es ANDA, cuyas atribuciones son: elaborar proyectos de normas sobre el aprovechamiento de cuencas hidrográficas internacionales que sean objeto de los Convenios o Acuerdos pertinentes; regular y coordinar el inventario y

evaluación de los recursos hídricos; elaborar proyectos de normas sobre calidad del agua y sobre el control de los vertidos de aguas negras; elaborar proyectos de normas para la protección de cuencas hidrográficas, cuencas fluviales, lagos, lagunas y embalses, sus riberas y playas y sus zonas de protección.

❖ **Ley Forestal.**

En la nueva Ley Forestal, de junio de 2002, se dispone que el Ministerio de Agricultura y Ganadería será el responsable de la aplicación de toda la normativa y la autoridad competente para conocer de la actividad forestal productiva, creando la Comisión Forestal, para el desarrollo tecnológico e industrial.

La nueva Ley Forestal establece como objetivo la creación de mecanismos que permitan el incremento, manejo y aprovechamiento en forma sostenible, de los recursos forestales y el desarrollo de la industria maderera. Así mismo, se declara de interés económico el desarrollo forestal del país desde el establecimiento de la plantación hasta el aprovechamiento final y todas sus formas de valor agregado. Esta Ley también busca establecer las condiciones para estimular la participación del sector privado en la reforestación del territorio nacional con fines productivos.

❖ **Ley de Riego y Avenamiento.**

Su Objeto es incrementar la productividad agropecuaria, mediante la utilización racional de los recursos suelo y agua, así como la extensión de los beneficios derivados de tal incremento, al mayor número de habitantes del país. Para el logro de tal objeto, esta Ley regula la conservación, el aprovechamiento y la distribución de los Recursos Hidráulicos, del territorio nacional, con fines de riego y avenamiento.

La Autoridad Competente es el Ministerio de Agricultura y Ganadería, cuyas atribuciones son: preparar y realizar los estudios, investigaciones, proyectos, planes y programas de aprovechamiento de recursos hidráulicos con fines agropecuarios, así como gestionar todo lo relacionado con dichos recursos.

❖ **Reglamento sobre la Calidad de Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección.**

El Objeto es desarrollar los principios contenidos en la Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

La Autoridad Competente es el Órgano Ejecutivo en los Ramos de Salud y Asistencia Social, el de Agricultura y Ganadería y el de Obras Públicas.

Las atribuciones de éstos son: impedir que se contaminen las aguas, proteger la fauna y flora acuática, regulación de las descargas de residuos sólidos, líquidos y gaseosos de los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento.

2.5. Proceso de modernización y reforma del sector hídrico en El Salvador.

El Salvador experimenta un proceso simultáneo de propuestas para reformar el marco institucional sobre la gestión del agua, y de intentos para descentralizar los sistemas de abastecimiento y saneamiento, con el objetivo de avanzar hacia una gestión racional e integrada del recurso que garantice los objetivos de protección, disponibilidad y eficiencia en el uso del mismo.

Desde los ochenta se viene trabajando esta iniciativa, sin embargo no es hasta el año 1993 que con el apoyo de USAID es entregado un proyecto de Código de aguas, bajo el cual se creaba una Secretaría de Gestión Integrada de Recursos Hídricos adscrita a la Presidencia de la República. Entre 1996 y 1997, bajo contrato con ANDA, se elaboran dos nuevos proyectos de Ley General de Aguas. Finalmente, en mayo de 1998 es aprobada por el BID una nueva versión de propuestas de reforma, lo que sirvió de base para un préstamo por US\$43.7 millones y dos cooperaciones técnicas no reembolsables por US\$3.9 millones. Durante la administración del nuevo gobierno y sobre la base de lo aprobado por el BID, se optó por contratar a consultores chilenos para que elaboraran nuevas propuestas de legislación para el

sector hídrico y el subsector de agua y saneamiento (Sandoval, citado por Artiga y Rosa, 1999).

La propuesta de reforma se basa en tres pilares:

- ✓ La creación de un ente rector o autoridad hídrica que definiría las políticas globales del sector y que asignaría los derechos de uso del agua;
- ✓ La creación de un marco regulatorio del subsector de agua y saneamiento, que incluiría el establecimiento de un ente regulador independiente; y
- ✓ Un proceso de reforma empresarial para establecer operadores públicos, privados y mixtos de servicios de agua y alcantarillado.

La creación de la autoridad hídrica busca “crear condiciones propicias para la mayor participación de los inversionistas privados en el desarrollo de los recursos hídricos y de los servicios públicos asociados (agua potable, riego y energía hidroeléctrica)”. A mediano plazo, la autoridad hídrica tiene “la responsabilidad de continuar la reforma integral y realizar los trabajos para introducir las reformas legales que se requieren para completar la reestructuración del sector (Aguilar *et. al*, citado por Artiga y Rosa).

Como metas específicas el programa de reforma se plantean las siguientes (OPTIMA, 1998, citado por Artiga y Rosa, 1999):

- ❖ Al final del segundo año: i) contar con una autoridad hídrica con la capacidad efectiva para asignar recursos hídricos, incluyendo la reglamentación requerida para su funcionamiento; ii) contar con un ente regulador del subsector de agua potable y saneamiento en operación y un marco regulatorio que permita una supervisión adecuada de las empresas operadoras.

- ❖ Al final del cuarto año: i) tener los principales sistemas de agua potable operados por empresas independientes; ii) haber dado acceso al agua potable a 20,000 personas en las áreas rurales del país, y haber transferido a las comunidades por lo menos el 25% de los sistemas que actualmente administra ANDA.
- ❖ Al final del programa: haber transformado a ANDA en operadora especializada de algunos sistemas no concesionados o transferidos, y administradora, a nombre del gobierno, de concesiones operadas por empresas privadas.

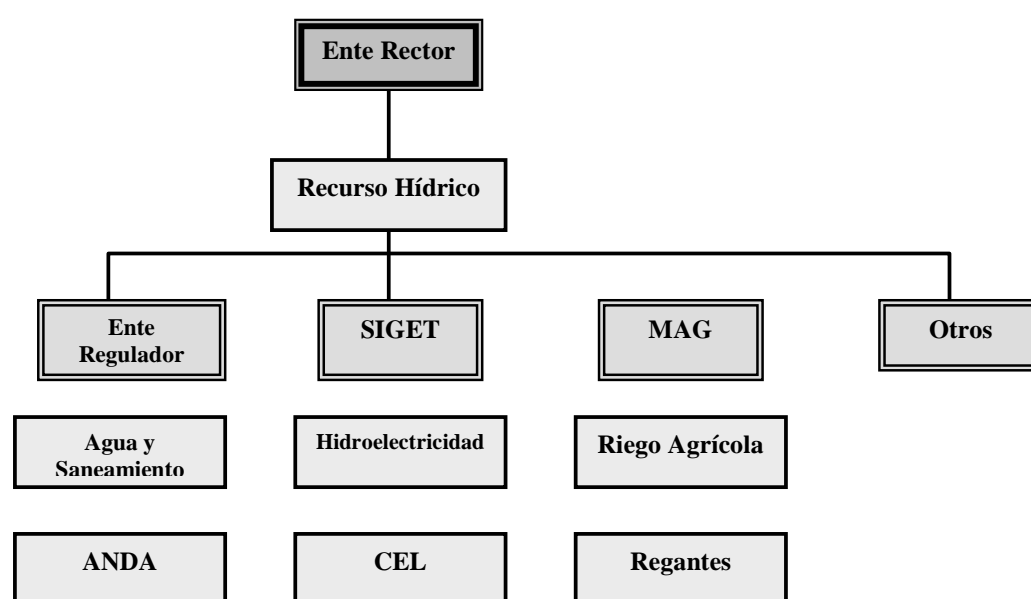
El programa está estructurado en tres componentes, cuyas principales actividades se detallan a continuación (BID, 1998):

- Reestructuración del sector de recursos hídricos: Apoya la organización inicial del Ente Rector para la Administración de Recursos Hídricos así como la formulación del marco regulatorio del sector. Se incluye: (i) asistencia técnica y asesoría especializada; (ii) estudios prioritarios, como el balance hídrico, estudio del acuífero de San Salvador, instrumentos económicos de asignación de derechos de uso y un proyecto de participación comunitaria a nivel de cuenca piloto; (iii) apoyo a la organización institucional y funcionamiento del ente rector, y (iv) modernización del sistema de información hidrometeorológica.
- Marco regulatorio del subsector de agua potable y saneamiento: Apoya la formulación del marco legal y regulatorio, su reglamentación y la organización y puesta en marcha del Ente Regulador (ARESA). Se incluye: (i) asistencia técnica y asesoría especializada para la formulación del marco regulatorio; (ii) estudios prioritarios como el de tarifas, políticas de subsidio y actualización de normas técnicas; y (iii) apoyo al establecimiento y puesta en marcha de la ARESA.
- Reforma empresarial: Apoya la promoción y establecimiento de empresas independientes y financieramente viables para la prestación del servicio de agua

potable y saneamiento. El componente se divide en organización empresarial e inversiones complementarias.

En el Gráfico 2.1 se presenta el esquema propuesto en los componentes del Programa, incorporando el resto de subsectores de la economía que aprovechan el recurso hídrico:

Gráfico 2.1. Nivel Organizacional propuesto en la Reforma Institucional del Recurso Hídrico



Fuente: INCAE/CLACDS, 2002

Es de hacer notar en este gráfico que aunque se carece de una legislación del recurso hídrico, el país sí cuenta con una Política Hídrica en manos del MARN, la cual está oficializada y una Política ambiental que actualmente se encuentra en desarrollo y cuyas áreas de trabajo prioritarias son la recuperación de las cuencas degradadas con potencial de recarga hídrica y los procesos de valoración económica del recurso agua como antecedente para el PSA (Art.4 de la Ley de Medio Ambiente)

ANDA ya ha iniciado el proceso de descentralización de sistemas de agua, bajo distintas modalidades. Este proceso básicamente consiste en que la operación de los servicios de

suministro de agua potable y alcantarillados pasará a manos del sector privado y municipalidades, a través de concesiones, lo cual no significa una privatización del subsector sino la concesión de la operación del servicio, ya sea a una alcaldía, a una empresa municipal de agua, a una empresa mixta, a una asociación de alcaldes, a ONG's o al mismo sector privado.

Bajo este esquema, ANDA ya ha firmado un convenio de concesión con varios municipios de Usulután, según el cual se atenderá a 32 mil familias de 6 municipios. La empresa Tetralogía Sem se encarga de la operación con el apoyo de ANDA y los gobiernos locales cobran. ANDA suministra el servicio eléctrico y provee el mantenimiento.

Dentro del Plan Piloto de “descentralización”, ANDA ha trasladado por cinco años la operación del agua potable a las empresas industriales situadas en Plan de La Laguna, que es una zona industrial compuesta por más de 20 empresas aglutinadas en la Asociación de Empresarios y Vecinos de la Zona Industrial de La Laguna (ASEVILLA). Este es el primer contrato de gestión con empresarios para que administren su propio suministro, quienes deberán mantener y elaborar sus propios recibos, cobrando las mismas tarifas de ANDA.

Otro proyecto en marcha es el traspaso de la operación del servicio a la Alcaldía de San José Villanueva. De acuerdo a los anuncios realizados por el presidente de la institución su cuarto plan piloto será una empresa formada por empleados de ANDA para darle servicio a cuatro acueductos rurales. En general, se desconoce la estructura del financiamiento de estos sistemas. Actualmente se les está dando asesoría técnica por parte de ANDA y se supone que la intención será llevarlos a ser autofinanciables con el pago de tarifas.

2.6. Proyecto MARN/BM/GEF: Ecoservicios.

A partir del 2002, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el apoyo del Banco Mundial, inicia la preparación de un proyecto que promoverá la gestión integral de ecosistemas y agroecosistemas en El Salvador a través de la utilización de instrumentos económicos tales como el CPSA bajo la idea de que una reconversión de los actuales sistemas de producción agrícola en laderas contribuye directamente al mejoramiento ambiental de El Salvador, lo cual implica incentivar a los agricultores a que adopten sistemas de producción de agricultura sostenible para mejorar su producción en la parcela, así como favorecer la provisión de servicios ambientales (Arce y Góchez, 2002).

El nombre corto del proyecto es ECOSERVICIOS, cuyo propósito es “incrementar la cobertura vegetal, conservar la biodiversidad y promover medios de vida sostenibles en el área rural bajo los principios de responsabilidad compartida, equidad y sostenibilidad, contribuyendo a mitigar los impactos de los desastres ocasionados por sequías e inundaciones” (Arce y Góchez, 2002).

Las modalidades identificadas para el CPSA y que reconocen el esfuerzo adicional que se hace para incrementar la producción de servicios ambientales son la agricultura sostenible, reforestación, agroforestería y conservación.

El CPSA está en armonía con la política nacional ambiental y convenios internacionales (Cumbre de la Tierra), iniciativas regionales (CBM) y propuestas del sector empresarial y la sociedad civil (Plan de Nación, MPPSA, CEDES, ConstruAmbiente, ENADE y otras). Los usos de la tierra y sistemas de cultivo que se promoverán con el CPSA deberán contribuir a: (1) reducir los niveles de erosión y el arrastre de sedimentos hacia los ríos, canales y/o embalses, (2) mejorar la calidad y cantidad de agua, (3) reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a los desastres por fenómenos naturales, y (4) facilitar la generación de hábitat para la biodiversidad (Arce y Góchez, 2002).

El proyecto posee cuatro componentes: (1) fortalecimiento institucional, (2) servicios ambientales, (3) conservación de la biodiversidad y (3) monitoreo y evaluación. El componente uno y cuatro son solamente de apoyo y tendrían un bajo porcentaje de los recursos asignados al proyecto, ya que lo medular de la propuesta serán los componentes dos y tres que se refieren a la creación del mercado de servicios ambientales y el manejo de áreas naturales protegidas, respectivamente.

La estrategia de implementación del proyecto es la siguiente:

1. Identificar áreas experimentales donde se comenzaría a aplicar el sistema CPSA, con el objetivo de generar un marco legal, institucional y operativo, pasando de iniciativas locales a esfuerzos nacionales.
2. Priorizar el servicio ambiental de mejorar la cantidad y calidad del agua, lo cual facilita la adopción del enfoque de cuenca y abre la posibilidad de crear el mecanismo de financiamiento e iniciar sus actividades con casos de compensación ambiental de la actividad productiva, lo cual favorecería la participación del sector privado en el sistema y viabilizaría la aprobación del préstamo del BM y la donación complementaria del GEF.
3. Orientar el trabajo del componente de biodiversidad en áreas de conservación, identificando los servicios ambientales de carácter local y global, determinando su valor económico y su respectivo reconocimiento, para promover el manejo integral de los ecosistemas.

Como parte del proyecto, se han establecido criterios de pre-selección de áreas potenciales para el CPSA y se ha recolectado información general sobre las posibles áreas iniciales de demostración. Asimismo, se encuentra en proceso de conclusión el levantamiento de la línea base en el Río Gualabo, Cinquera, Lago de Coatepeque y La Montañona. Se cuenta con los criterios para el financiamiento del CPSA, destacándose la figura del fideicomiso, la tercerización, auditorías operativas y la conformación de un Comité Interinstitucional para la definición de políticas, áreas de atención y evaluación del sistema.

En el período comprendido entre agosto del 2003 y junio del 2004 el proyecto pretende sensibilizar a los diferentes sectores involucrados con los objetivos del mismo, motivar a los tomadores de decisión sobre la gestión ambiental a través de instrumentos económicos, generar una “masa crítica” de apoyo al establecimiento de mercados para la contratación de servicios ambientales en áreas pilotos o experimentales.

2.7. La Mesa Permanente de Pago por Servicios Ambientales⁴.

En El Salvador el tema de los bienes y servicios ambientales ha despertado tanto interés entre diferentes personas e instituciones, que su análisis a dado lugar a la conformación de la Mesa Permanente de Pago por Servicios Ambientales. Esta Mesa es un amplio y permanente foro abierto para compartir, analizar y difundir la importancia del PSA en el desarrollo sostenible del país.

En un intento de sistematizar y difundir las opiniones sobre servicios ambientales, los integrantes de la Mesa⁵ organizaron en septiembre del 2001 el primer Foro Nacional sobre PSA, con el objetivo de reunir una serie de visiones y experiencias de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, proyectos ambientales e iniciativas privadas, con el fin de aportar elementos básicos para la construcción de marcos institucionales, legales y financieros que permitan el establecimiento de esquemas de Pago por Servicios Ambientales en el país.

Durante el Foro se abordaron aspectos relacionados con la discusión y el análisis de la propuesta del sistema de PSA del Ministerio de Medio ambiente y Recursos Naturales; las estrategias y mecanismos basados en experiencias presentadas; aspectos conceptuales sobre el PSA; aspectos financieros que se deben tomar en cuenta para una propuesta de PSA; el marco legal e institucional apropiado para un sistema de PSA en El Salvador; el papel de la MPPSA en la construcción de un sistema de PSA (oportunidades, acciones, incidencia y desafíos); y las oportunidades financieras reales para los PSA en el país.

⁴ Tomado de la Memoria del Primer Foro Nacional de Pago por Servicios Ambientales, 2001.

⁵ MARN, PRCCBM, PASOLAC, UES, Consorcio CARE-salvaNATURA-FUNDAMUNI-SACDEL, UCA, PRISMA, CACH, Fundación Coatepeque, MAG, IICA – PRODERT.

Los principales acuerdos tomados en este Foro fueron:

- ✓ La Mesa Permanente debe ser un mecanismo de incidencia con un rol más protagónico, y de control con poder de decisión social para el establecimiento del PSA.
- ✓ La creación de la Ley de Participación Ciudadana, a fin de crear una figura legal para todas la Instituciones, ONG's y el mismo Gobierno, y tenga un marco legal de referencia, para poder actuar con derechos y deberes.
- ✓ Tener una evaluación de la implementación de las recomendaciones, ya sea la Mesa Permanente, u otras instituciones que colaboren para buscar resultados en la pronta implementación del PSA en un tiempo aproximado de seis meses.
- ✓ La MPPSA se compromete a presentar ante la Asamblea Legislativa, específicamente a La Comisión de Medio Ambiente y Salud, los alcances de los objetivos planteados en el Foro proyectados hacia futuro, a fin de dar a conocer los esfuerzos realizados en materia de PSA en El Salvador.

III. METODOLOGIA

La metodología de investigación contempla el análisis de información de los siguientes cuatro aspectos:

- 1) La situación de la cuenca hidrográfica oferente del servicio hídrico al ANDA, caracterización ecológica, socioeconómica y ambiental.
- 2) Los ciclos hidrológico e hidrosocial para la construcción del presupuesto de aguas.
- 3) La valoración económico ecológica del valor de captación (servicio ambiental del bosque), de los costos ambientales asociados (protección y recuperación de cuencas, tratamiento de aguas post-servicio) y del margen ahorro-inversión ambiental.
- 4) Análisis de respuesta de oferentes y demandantes del servicio ambiental hídrico.
- 5) Estrategia de implementación del modelo económico ecológico que internaliza los componentes ambientales a través de una tarifa ajustada.

3.1 La cuenca hidrográfica en el área de estudio

El análisis ambiental y de la actividad socioeconómica en la cuenca permite conocer la situación actual del uso del suelo y del agua, el proceso de cambio en el suelo para asociar la degradación de la cuenca a la degradación de las aguas. El estudio de la situación de cambio en la cobertura en el uso del suelo, permite identificar las actividades económicas que han y están compitiendo con el bosque, lo cual es requisito para realizar posteriormente el costo de oportunidad de protección boscosa en la cuenca.

En ese sentido, el estudio requiere cuantificar el número de hectáreas con capacidad de captación, el porcentaje de las mismas bajo cobertura boscosa natural, el porcentaje con sobre-uso y la importancia de las mismas, como fuentes de oferta hídrica y las relaciones insumo-producto de las actividades económicas que han y actualmente compiten con el bosque.

Lo anterior requiere conocer:

- Uso actual del suelo
- Conflicto de uso
- Importancia hídrica
- Actividades económicas y competencia con el bosque
- Distribución de la población
- Estado actual del bosque

3.2 El presupuesto de aguas

Para la construcción del presupuesto de aguas (relación oferta y demanda hídrica) para la Cuenca Alta del Río Lempa, se parte de la conceptualización del *ciclo hidrológico* con sus particularidades específicas: energía solar, temperatura, lluvia y evapotranspiración, presentes en la ubicación de la cuenca (Odum, 1986). En ese sentido, se requiere conocer los efectos sobre el recurso hídrico que tienen las variables que determinan las condiciones climáticas de la cuenca, es decir:

- | | |
|--|-----------|
| • Oferta total | <i>OT</i> |
| • Precipitación total en la cuenca | <i>PT</i> |
| • Evaporación real | <i>ET</i> |
| • Transpiración | <i>T</i> |
| • Escurrimiento superficial+subsuperficial | <i>Es</i> |
| • Recarga subterránea | <i>Rs</i> |

La precipitación anual determina el activo circulante, lo cual sumado con las reservas naturales y artificiales, tales como reservorios naturales y tanques de depósito considerados como activo fijo, forman el activo total (ver estos componentes en el Cuadro 3.2). Así, activo fijo más activo circulante es igual a la oferta total, para lo cual se hace necesario ubicar el porcentaje de la cuenca que puede ser de utilidad para ANDA.

3.2.1 Cuantificación de la oferta hídrica en el área de estudio

3.2.1.1 Oferta total hídrica

La oferta total de agua estará dada por la cantidad de agua llovida en la cuenca que se encuentra dentro del área de estudio (Reynolds, 1997). De esta oferta, un gran porcentaje regresa a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración, quedando potencialmente disponible solo una parte de ella para el abastecimiento de las distintas actividades económicas y poblacionales (Odum, 1986). De esta manera, el cálculo correspondiente a la oferta total se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$OT = \sum_{i=1}^n P_i * A_i \quad (\text{ec. 3.1})$$

Donde,

OT	Oferta total hídrica en el área de importancia ($\text{m}^3/\text{año}$)
P_i	Precipitación en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)
n	Número de cuencas (Lempa)
A_i	Área de importancia hídrica en la cuenca i (Has.)

3.2.1.2 Oferta disponible

De la oferta total una parte es evapotranspirada por la vegetación, otra escurre superficialmente, otra subsuperficialmente y el resto se infiltra al suelo. Para efectos del estudio, la oferta potencial corresponde al volumen hídrico de escorrentía (incluye superficial y subsuperficial) y el volumen que recarga acuíferos (Barrantes y Vega, 2002). La estimación está dada por la siguiente ecuación:

$$Od = \sum_{i=1}^n (OT_i - 0.001ET_i * A_i) \quad (\text{ec. 3.2})$$

Donde,

Od	Oferta hídrica disponible en el área de importancia ($m^3/año$)
OT	Oferta total hídrica en el área de importancia ($m^3/año$)
ET_i	Evapotranspiración en el área de importancia hídrica en la cuenca i ($m^3/año$)
A_i	Área de importancia hídrica en la cuenca i (Has.)

La evapotranspiración se considera como una pérdida de agua en la cuenca y es un elemento que está fuertemente influenciado por las diferentes variables climáticas como la temperatura, radiación solar, humedad del aire, viento, etc. (Reynolds, 1997), por lo que llegar a obtener un valor confiable directamente es difícil dada la falta de datos consistentes. Holdridge (1982), mediante los diagramas de zonas de vida y el movimiento del agua en las diferentes asociaciones climáticas establece los elementos necesarios para poder estimar los componentes del balance hídrico. Esta relación se establece mediante la precipitación promedio y la bio-temperatura donde esta última en el rango de $0^{\circ}C$ a $30^{\circ}C$, es igual a la temperatura ambiental del aire. Holdridge (1982), utiliza la ecuación 3.2 para estimar la evaporación potencial⁶:

$$ET_p = 58.93 * T_b \quad (\text{ec. 3.3.})$$

Donde,

ET_p	Evapotranspiración potencial (mm/año)
T_b	Bio temperatura media anual ($^{\circ}C$)

Un procedimiento utilizado para la estimación de la evapotranspiración potencial es a partir de la formula de Hargreaves con datos de temperatura media anual, latitud y precipitación de estaciones con influencia directa en el área de la cuenca.

Con el fin de obtener la evapotranspiración real, que es la que interesa, Rodríguez (1983) basado en el nomograma que describe los movimientos del agua en asociaciones climáticas del Sistema de Zonas de Vida. Holdridge (1982), establece una relación entre las curvas de

⁶ La evapotranspiración potencial es el proceso que ocurre cuando no existe ninguna limitación al proceso de evaporación. Esta representa la demanda climática que depende de las condiciones climáticas del lugar (Reynolds, 1997)

evapotranspiración potencial y la real, matemáticamente se ha establecido la ecuación para la estimación de la evapotranspiración real:

$$ET_r = \begin{cases} \left[7.46 \left(\frac{ET_p}{P} \right)^3 - 10.46 \left(\frac{ET_p}{P} \right)^2 + 4.63 \left(\frac{ET_p}{P} \right) + 0.27 \right] ET_p & \text{si } 0.06 \leq \frac{ET_p}{P} \leq 0.45 \\ \left(1.12 - \frac{0.44 ET_p}{P} \right) ET_p & \text{si } 0.45 \leq \frac{ET_p}{P} \leq 1.5 \end{cases} \quad (\text{ec. 3.4})$$

Donde,

ET_r Evapotranspiración real (mm/año)

3.2.1.3 Distribución natural de la oferta disponible

La oferta natural está determinada por la distribución del agua que aporta la precipitación al quitar la demanda natural (Evapotranspiración, ET_r). Del agua que queda, un porcentaje escurre y el otro infiltra. En el proceso de escorrentía se diferencian básicamente dos elementos: uno, la escorrentía superficial que es el agua que se mueve sobre la superficie del suelo y se encausa en los ríos y quebradas, en forma de un flujo laminar superficial o en un flujo de canal (concentrado), (Mora y Valverde, 1998). La otra forma de escorrentía es la hipodérmica o subsuperficial que para el caso del agua que se infiltra localmente y después de un pequeño desplazamiento retorna a la superficie. Por otro lado, el flujo base es el movimiento del agua a niveles más profundos y a mayores distancias que reaparece en la superficie para generar manantiales y cauces profundo en las laderas, este movimiento del agua es el que alimenta el caudal de los ríos en las épocas de estiaje (Mora y Valverde, 1998).

Por otro lado, la infiltración es la capacidad del terreno para aceptar agua, y de poder transmitirla a horizontes inferiores. Luego de absorber y retener cierta cantidad, es la primera respuesta del suelo ante la lluvia (Mora y Valverde, 1998). La infiltración está controlada por varios factores, entre ellos el tipo en intensidad de las lluvias, la pendiente, la textura del suelo, y la vegetación (Mora y Valverde, 1998). Por otro lado, para que se de este proceso se

debe tener en cuenta que debe existir un suelo y roca permeable en la superficie del terreno, comunicación hidráulica con los acuíferos y debe de estar temporal o permanentemente en contacto con agua (precipitación o escorrentía superficial).

Para determinar la infiltración potencial se aplicará el modelo analítico propuesto por Schosinsky & Losilla (2000). Con esta propuesta se pueden delimitar las áreas potenciales de recarga de los acuíferos a nivel regional. Primeramente se calcula un coeficiente de infiltración C que se define como:

$$C = (K_p + K_v + K_{fc}) \quad (\text{ec. 3.5})$$

Donde,

- C coeficiente de infiltración
- K_p fracción que infiltra por efecto de La pendiente
- K_v fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal
- K_{fc} fracción que infiltra por efecto de textura del suelo

Cuadro 3.1. Coeficientes de infiltración propuestos

Por textura de suelo	K_{fc}
Arcilla compacta impermeable	0,10
Combinación de limo y arcilla	0,20
Suelo limo arenoso no muy compacto	0,40
Por pendiente	K_p
Muy plana 0,02 - 0,06%	0,30
Plana 0,3 - 0,4%	0,20
Algo plana 1 - 2%	0,15
Promedio 2 - 7%	0,10
Fuerte > 7%	0,06
Por cobertura vegetal	K_y
Cobertura con zacate menos 50%	0,09
Terrenos cultivados	0,10
Cobertura con pastizal	0,18
Bosques	0,20
Cobertura con zacate mas de 75%	0,21

Fuente: Schosinsky & Losilla, 2000

Con los tres insumos se aplica la ecuación 3.6 con lo que queda definido el C . La infiltración potencial está determinada según el modelo propuesto por Losilla y Schosinsky (2000) como:

$$I_p = 0.001(1-\mu) C \overline{P}_i \quad (\text{ec. 3.6})$$

Donde,

I_p	infiltración potencial
C	coeficiente de infiltración
$1-\mu$	fracción de la precipitación que no llega al suelo por la intercepción de copas.

La única fracción de lluvia con potencial de infiltración es la que llega al suelo, la otra es interceptada por el follaje de las plantas (μ).

El modelo de Schosinsky y Losilla (2000), no considera la evaporación de las gotas de agua interceptadas por follaje durante los aguaceros, esto por considerarse que la atmósfera, al estar lloviendo se encuentra con humedad relativa saturada o casi saturada, lo que limita la evaporación, considerándola despreciable. Por lo tanto, el coeficiente (1-la fracción interceptada por el follaje), es igual a: $1-\mu$ (Schosinsky y Losilla, 2000).

El proceso de evapotranspiración satisface su demanda por el volumen de agua superficial y por el volumen del potencial de infiltración. Considerando que la evapotranspiración total es la suma de la evaporación y la transpiración de las plantas, entonces:

$$ET_r = E + T \quad (\text{ec. 3.7})$$

Donde,

ET_r	Evapotranspiración total
E	Evaporación (mm/año)
T	Transpiración (mm/año)

En el caso del agua que queda en la superficie, la evaporación esperada es por lo menos la que queda interceptada por el follaje de las coberturas, y para este caso se considerará la estimación con base en la formula:

$$E_i = \mu * \overline{P}_i \quad (\text{ec. 3.8})$$

Donde,

E_i	evaporación del agua por intercepción del follaje (mm/año)
μ	la fracción interceptada por el follaje

Mediante la ecuación 3.4 se determina la evapotranspiración real de la cuenca que sería la demanda natural total del sistema (cuenca); sin embargo, como se indicó mediante la ecuación 3.7 se calcula la fracción de la precipitación que no llega al suelo por intercepción del follaje. Para obtener entonces los parámetros E_2 y T sería:

$$E_2 + T = ET_r - E_1 \quad (\text{ec. 3.9})$$

De esta forma se puede determinar la evaporación y la transpiración del agua que logra pasar el mantillo, es decir de la I_p . Además, I_p determina la recarga o la infiltración efectiva cuando a esta se le resta la E_2 y T , por lo tanto, se puede establecer que:

$$I_p = (E_2 + T) + R \quad (\text{ec. 3.10})$$

Donde,

E_2	evaporación (mm/año)
T	transpiración (mm/año)
R	recarga (mm/año)

Por lo tanto, la recarga potencial o infiltración neta estará dada por:

$$R = 0.001 (I_p - (E_2 + T)) \quad (\text{ec. 3.11})$$

De esta forma se tienen los parámetros necesarios para determinar la escorrentía superficial, dada por:

$$ESC_s = Od - R \quad (\text{ec. 3.12})$$

Donde ESC_s es la escorrentía superficial ($m^3/año$)

3.2.2 Cuantificación de la demanda hídrica en el área de estudio

3.2.2.1 Demanda total hídrica

El cálculo de la demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades humanas. La porción de la demanda requerida por el ciclo hidrológico (regreso a la atmósfera), será calculada por el volumen de agua evaporado, lo cual junto con la demanda de los ecosistemas (transpiración), determinará la demanda total del ciclo hidrológico. Por otro lado, también se considera como demanda hídrica, el volumen de agua utilizada para actividades económicas y no económicas y la pérdida por fugas en las tuberías (ciclo hidrosocial).

En términos generales, se puede agrupar la demanda total en demanda natural explicada por la evapotranspiración real y la demanda social por el consumo de agua en los distintos sectores de la economía y las fugas ocasionadas en el proceso de aprovechamiento de las aguas por los sectores. Se propone la siguiente ecuación para la estimación de la demanda social:

$$Q^s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{ij} + \sum_{i=1}^n f_i \quad (\text{ec. 3.13})$$

Donde,

Q^s	Demanda social hídrica en el área de importancia de la cuenca ($\text{m}^3/\text{año}$)
q_{ij}	Volumen de agua demandada por el sector j en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)
f_i	Volumen de agua perdido por fugas en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)

Por lo tanto, el cálculo de la demanda total se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$DT = ET_r + Q^s \quad (\text{ec. 3.14})$$

Donde,

DT	Demanda total hídrica en la cuenca ($\text{m}^3/\text{año}$)
------	--

3.2.3 Interacción entre oferta y demanda hídrica en el área de estudio

La relación entre oferta y demanda, determina el presupuesto hídrico en una región, en el Cuadro 3.2. se presentan los diferentes componentes que explican la relación hídrica considerada en este estudio. Las variables corresponden al presupuesto hídrico de toda la región de interés.

**Cuadro 3.2. Presupuesto hídrico anual para el área de estudio:
Interacción oferta y demanda de agua**

	Volumen mill.m ³ /año
<u>Oferta</u>	
Total (Precipitación)	<i>OT</i>
Disponibles	<i>Od</i>
Agua superficial	<i>ESCs</i>
Agua subterránea	<i>R</i>
<u>Demanda</u>	
Total	<i>DT</i>
Evapotranspiración	<i>ET_r</i>
Actividades humanas	<i>Q^s</i>
Agua superficial	<i>Es</i>
Agua subterránea	<i>Rs</i>
<u>Excedente disponible</u>	
Agua superficial	<i>Es</i>
Agua subterránea	<i>Rs</i>

Fuente: Adaptación de Barrantes y Castro, 1999.

Nota:

- 1) El agua subterránea se refiere a la cantidad de recarga anual a los acuíferos.
- 2) El agua no utilizada corresponde a la cantidad que física y tecnológicamente no puede aprovecharse y al agua que debe estar disponible para la vida de las otras especies animales y vegetales.
- 3) Los porcentajes están en relación con la oferta total.

3.2.4. Excedente disponible en el área de estudio

El excedente disponible en la cuenca, representa la diferencia entre la oferta hídrica disponible y los volúmenes de agua efectivamente utilizados por los diferentes consumidores

de la cuenca (ANDA), ya sea de fuentes y nacientes o extraída de aguas subterráneas (pozos). El excedente disponible (E_d) estará representado por la siguiente ecuación:

$$Ed = \sum_{i=1}^n (Od_i - Q^s) \quad (\text{ec. 3.15})$$

Donde,

Od	Oferta hídrica disponible en el área de importancia ($\text{m}^3/\text{año}$)
Ed	Excedente disponible en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)
Q^s	Demanda total hídrica en el área de importancia ($\text{m}^3/\text{año}$)

3.3. Valoración económico ecológica del recurso hídrico

La estimación de valores económicos comprende el desarrollo metodológico para calcular el valor de captación de agua por los bosques, el valor de los costos de protección y recuperación de cuencas degradadas y el valor del agua como insumo para la producción (Barrantes y Vega, 2002). Cada uno de estos componentes, se calcula para complementar la estructura tarifaria hídrica del servicio que brinda ANDA.

3.3.1 Valor de captación (productividad hídrica del bosque)

Para estimar el valor de captación como un componente que determina la productividad hídrica del bosque, se debe calcular primeramente el beneficio en términos biofísicos, que produce la biodiversidad boscosa como captadora de agua, para posteriormente asignarle su valor, utilizando el enfoque del costo de oportunidad del uso del suelo en el área de estudio (Barrantes y Vega, 2002). En términos más específicos se necesita:

- El volumen anual de agua captada y fijada por los bosques de las partes altas de la cuenca de Río Lempa.
- Cálculo del costo de oportunidad del uso de la tierra en las partes alta y media de la cuenca (relaciones insumo- producto de la actividad agrícola).
- Ponderación de la importancia del bosque en términos de su productividad hídrica, al compararla con los otros servicios de la biodiversidad.

Además, es necesario considerar el efecto positivo que tiene el bosque sobre la calidad del agua de escorrentía superficial. Por lo tanto, la siguiente ecuación permite estimar el valor de captación del bosque:

$$\overline{VC} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O h_i} \quad (\text{ec. 3.16})$$

Donde,

VC	Valor de captación hídrica promedio del bosque ($\$/\text{m}^3$) (cantidad + calidad)
B_i	Costo de oportunidad de la agricultura que compite con el bosque en la cuenca i ($\$/\text{ha}/\text{año}$)
$A b_i$	Area bajo bosque en la cuenca i (ha)
$O h_i$	Oferta hídrica captada por bosques de la cuenca i ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
α_i	Importancia del bosque en la cuenca i en función de la cantidad y calidad del recurso hídrico (%).
n	Número de cuencas

3.3.2 Valor de protección y recuperación de bosques

El costo de protección de bosques y la recuperación de áreas degradadas con potencial de captación de aguas, se refiere al costo de recuperar el porcentaje del área en las cuencas, que podría restablecerse con la plantación de árboles, creando una situación similar a la del bosque natural que se encontraba en las laderas antes de transformarlas hacia la actividad agrícola. Los primeros años, dichos costos tienden a ser altos por el nivel de inversión inicial que se requiere, mientras que en los años siguientes al establecimiento, tienden a disminuir hasta alcanzar un mínimo necesario para continuar con labores de protección, conservación y mantenimiento de las cuencas. Esos costos no están estrictamente en función del recurso hídrico, por lo que habrá que asignar una ponderación del total de esos costos que se asocian con la protección del recurso hídrico (Barrantes y Vega, 2002), lo cual requiere:

- Cálculo del número de hectáreas que deben ser recuperadas (áreas en sobreuso por agricultura).

- Cálculo de los costos de reforestación, simulando una situación similar a la del bosque natural en el área a recuperar.
- Cálculo de los costos requeridos para la protección como medida de prevención a la deforestación en la parte alta y media de la cuenca.

Por lo tanto, en términos operacionales se puede plantear que los recursos necesarios para el establecimiento de las medidas de recuperación, protección, conservación y mantenimiento de cuencas, están dados por la ecuación 3.12.

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{ij} \cdot C_{ij}}{Oh_i} \quad (\text{ec. 3.17})$$

Donde,

VP	Valor de protección de cuencas hidrológicas (\$/m ³)
C_{ij}	Costos para la actividad j destinada a la protección de la cuenca i (\$/ha/año)
δ_{ij}	Fracción del costo j destinado a la protección del bosque en función del recurso hídrico en la cuenca i (%)
Oh_i	Oferta hídrica captada por bosques de la cuenca i (m ³ /ha/año)

3.3.3 Valor del agua como insumo de la producción

Algunos sectores de la economía utilizan el agua como insumo de la producción, por lo que se debe calcular el aporte de cada metro cúbico de agua en el valor agregado de las ganancias de las empresas asociadas al uso del recurso, lo cual requiere:

- Identificar sectores que utilizan el agua como insumo.
- Cálculo del cambio en la productividad o del costo de oportunidad del uso del agua como insumo.
- Determinación del valor del agua como insumo en cada sector de la economía.

Para los efectos del estudio, se considerará el sector hidroenergético y agrícola, así como los sectores que atiende ANDA, a saber: residencial, industrial y comercial. El valor del agua en esos sectores, se calcula de la siguiente manera:

3.3.3.1 Valor del agua en la generación de energía hidroeléctrica

Con respecto al enfoque del ahorro en costos, su aplicación permite cuantificar el monto que el país se ahorra con hidroelectricidad en comparación con cualquier otra alternativa de generación eléctrica, incluyendo la importación, en el abastecimiento de la demanda nacional de electricidad. Este ahorro corresponde al valor económico que se le puede asignar al agua en el sector hidroeléctrico, cuando ésta es considerada como insumo de la producción (Barrantes y Vega, 2002).

Para aplicar el ahorro en costo debido a la utilización del agua en la generación de electricidad, es necesario contar con los precios de todas las demás opciones que puede usar el país para suplir la demanda nacional de electricidad, incluyendo la hidroeléctrica. De esta manera se compara la mejor alternativa con la de hidroelectricidad y la diferencia proporciona el valor de la mejor opción económica (Barrantes y Castro, 1998). El cálculo se basa en la siguiente fórmula:

$$P_{aho}^{kw} = P^* - P^h \quad (\text{ec. 3.18})$$

Donde,

P_{aho}^{kw}	Ahorro por kilowatt generado (\$/Kw)
P^h	Precios del kilowatt generados con hidroelectricidad (\$/Kw)
P^*	Precio de la siguiente mejor alternativa seleccionada (\$/Kw)

La diferencia entre estos dos costos representa el ahorro que significa para el país el abastecimiento de la demanda de electricidad con una planta hidroeléctrica. Conociendo la cantidad de kilowatts que se genera por metro cúbico y el monto ahorrado por cada kilowatt, el valor de un metro cúbico de agua sería:

$$PE_{ag} = P_{aho}^{kw} * q^{kw} \quad (\text{ec. 3.19})$$

Donde,

PE_{ag}	Precio del agua en el Sector de Electricidad (\$/Kw)
P_{aho}^{kw}	Ahorro por kilowatt generado (\$/Kw)
q^{kw}	Cantidad de kilowatts por metro cúbico (Kw/m ³)

3.3.3.2 Valor del agua en la producción agrícola

En relación con la aplicación del enfoque de cambio en productividad, su aplicación está asociada a que hay un reconocimiento de que el riego incrementa la productividad agrícola, y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en la agricultura (Barrantes y Vega, 2002).

Al existir información sobre el efecto del riego en la productividad de los cultivos que lo utilizan, se puede estimar el valor del cambio en la productividad por el uso del agua. Por ejemplo, si el cultivo k experimenta un cambio en la producción cuando está bajo riego, entonces el valor del agua sería:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k \quad (\text{ec. 3.20})$$

Además,

$$q_k = (Q_{riego}^k - Q_{secano}^k) / V_i$$

Donde,

P_k^{ag}	Costo del agua en agricultura para el cultivo k ($\$/m^3$)
p_k	Precio del producto k ($\$/Kg$)
c_k	Costo de Producción bajo riego ($\$/Kg$)
q_k	Cambio en producción del cultivo k bajo riego (Kg/m^3)
Q_{riego}^k	Cantidad de producción del cultivo k bajo riego ($Kg/Ha.$)
Q_{secano}^k	Cantidad de producción del cultivo k sin riego ($Kg/Ha.$)
V_i	Volumen de agua usado en riego del cultivo i ($m^3/Ha.$)

Si la información es para n cultivos, se puede calcular el valor del agua como un promedio ponderado (P^{ag}) de los n cultivos analizados. Es decir,

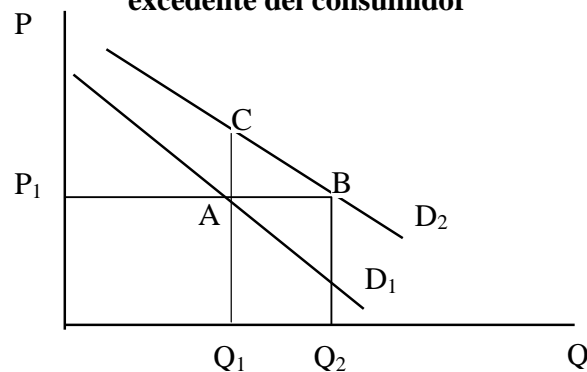
$$P^{ag} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i^{ag} Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (\text{ec. 3.21})$$

3.3.3.3 Valor del agua en los sectores residencial e industrial

Para el caso del agua utilizada en la industria de bebidas en la venta directa de agua embotellada, su valor de mercado es un componente importante dado el valor del agua como insumo (Barrantes y Vega, 2002).

El valor del agua en estos sectores puede estimarse usando el análisis de demanda (excedente del consumidor), donde se incluye variables como precio (tarifa), volumen consumido y elasticidad⁷. Cuando algún factor determinante de la demanda (p.e. el crecimiento poblacional) hace que ésta se desplace de D_1 a D_2 y, considerando constante el precio p_1 inicial, el valor neto o excedente de la población por el incremento en la oferta de agua será el área $ABC = BCQ_1Q_2 - ABQ_1Q_2$ (Gráfico 3.1). Ese excedente ABC representa la valoración social neta del incremento de la oferta de Q_1 a Q_2 . Esta cantidad neta corresponde al valor del agua en el origen, antes de ser captada, transportada, potabilizada y distribuida (Barrantes y Vega, 2002).

Gráfico 3.1. Curvas de demanda para el análisis del valor económico del agua usando el excedente del consumidor



Fuente: Barrantes y Castro, 1999.

Para estimar el valor del agua usando la disponibilidad de pago del consumidor es necesario estimar curvas de demanda, pero la limitada información sobre precios y cantidades no permite una aplicación econométrica para la estimación de tales curvas. Esto se debe a que en el abastecimiento de agua no existe una gran variedad de pares precio-cantidad observables, ya que el precio es fijado por la Empresa y aceptado por los consumidores, y no

⁷ Elasticidad se refiere a la respuesta del consumidor ante cambios en los precios. La elasticidad puede obtenerse usando datos sobre precio y consumo, o bien adoptar un parámetro estimado para otra población con características similares.

cambia a menos que lo hagan los otros factores determinantes de la oferta y la demanda. Sin embargo, se puede aproximar una curva de demanda tomando un par inicial precio-cantidad y suponiendo una elasticidad precio constante para la demanda (Barrantes y Vega, 2002). La curva de demanda puede suponer una función Cobb-Douglas que puede expresarse mediante la ecuación 3.22:

$$Q = kP^\varepsilon \quad (\text{ec. 3.22})$$

Donde,

Q	Volumen de agua (m^3/mes)
P	Tarifa financiera actual por el servicio de abastecimiento del agua ($\$/m^3$)
k	Factor de proporcionalidad
ε	Elasticidad precio de la demanda

En el caso de tener información sobre un par de puntos (Q_1, P_1) y sobre la elasticidad ε , se calcula k_1 para la curva de demanda del período 1 (D_1):

$$k_1 = Q_1 P_1^{-\varepsilon} \quad (\text{ec. 3.23})$$

Así como se obtiene D_1 se obtienen las curvas de demanda de otros períodos, postulando un desplazamiento de dichas curvas conforme a una tasa de crecimiento r (en función del crecimiento poblacional y/o de la renta), tal que $k_t = k_1(I+r)^{t-1}$ donde t representa los períodos futuros.

Habiendo estimado D_1 y D_2 para dos períodos cualesquiera y suponiendo que el aumento en la oferta esté acompañado de un incremento en el precio (porque el coste medio del abastecimiento adicional sea superior al abastecimiento inicial), el valor neto del agua, VA , del excedente social atribuible al incremento en el consumo de agua (aplicable a cada sector doméstico, industrial y turístico), vendría dado por el área bajo la curva de demanda D_2 menos el precio medio, P_2 , y se puede calcular mediante el cálculo de la siguiente integral:

$$VA = \int_{Q_1}^{Q_2} \left[\left(\frac{Q}{k} \right)^{1/\varepsilon} - P_2 \right] dQ \quad (\text{ec. 3.24})$$

De donde se obtiene el valor neto del agua (VA) en términos de P, Q y ε

$$VA = \frac{P_1(Q_2^{\frac{1}{\varepsilon}+1} - Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}+1})}{Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}}(\frac{1}{\varepsilon} + 1)} - P_2(Q_2 - Q_1) \quad (\text{ec. 3.25})$$

Donde, $P_2(Q_2 - Q_1)$ representa el costo social del abastecimiento adicional de agua.

3.3.3.4 Valor promedio para el agua

Una vez estimado el valor del agua para los diferentes usos, se puede obtener un promedio ponderado, con el fin de generar un único valor para el agua, donde se requieren los volúmenes de agua utilizados en cada una de las categorías establecidas por ANDA. De ese modo, el valor promedio para el agua está dado por la ecuación:

$$VPa = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_i^d}{\sum_{i=1}^n Q_i^d} \quad (\text{ec. 3.26})$$

Donde,

VPa	Valor promedio del agua como insumo de la producción ($\$/m^3$)
P_i	Valor del agua como insumo en la categoría i ($\$/m^3$)
Q_i^d	Volumen de agua demandado en la categoría i ($m^3/año$)

3.3.4. Valor de los costos por tratamiento post-servicio de aguas

Para asegurar que las aguas depositadas en los cauces de los ríos contengan el mínimo de contaminantes, es necesario el establecimiento de plantas de tratamiento post-servicio para aguas degradadas. Dichos costos están determinados por los gastos en depreciación de activos (plantas de tratamiento), mantenimiento, operación y administración de los sistemas de drenaje para la conducción de las aguas hacia los causes de ríos. Considerando estos gastos, la ecuación 3.27 proporciona el valor financiero de los costos de tratamiento post-servicio de las aguas residuales:

$$VTr = \sum_{i=1}^n \frac{Tr_i}{Q^T} \quad (\text{ec. 3.27})$$

Donde,

VTr	Valor del costo de tratamiento del agua post-servicio (\$/m ³)
Tr_i	Vector de gastos para el tratamiento del agua post-servicio (\$/año)
Q^T	Volumen tratado de agua post-servicio (m ³ /año)

Para efectos de la estructura tarifaria que se discute más adelante, el costo de tratamiento representa un componente más, al igual que el valor de captación, el de protección y el del agua como insumo. La finalidad es crear un mecanismo tarifario que permita el financiamiento de plantas de tratamiento de agua post servicio, promoviendo así, medidas orientadas a la conservación del recurso y a la posibilidad de incrementar la oferta disponible actual, cuya utilidad puede ser importante en sectores como industria y agricultura.

3.3.5. Margen ahorro inversión ambiental

El margen de ahorro-inversión es un componente en el ajuste de la tarifa hídrica (se calcula tomando entre el 3 y 5% del valor de captación, de protección y el del agua como insumo) cuyo fin es el de garantizar disponibilidad financiera para la atención de imprevistos que afecten el flujo del recurso hídrico hacia los diferentes sectores. Dichos imprevistos se relacionan con el daño a infraestructuras debido a inundaciones u otros desastres, disminución crítica de la oferta hídrica por cualquier eventualidad, entre otras afectaciones. Se propone un porcentaje del valor de captación, de restauración y de agua como insumo de la producción, como una primera aproximación (Barrantes y Vega, 2002b)

3.4. Análisis de respuesta de oferentes y demandantes del SAH.

3.4.1. Disposición de pago por el servicio ambiental hídrico.

Con la finalidad de conocer las posibilidades que existen para la implementación de una tarifa que responda a una estructura de costos donde se incluyen componentes ambientales, es necesario hacer partícipe a la sociedad a través de instrumentos como la encuesta. Una

técnica ampliamente utilizada para tales propósitos es la disposición de pago, o WTP como algunos la llaman. Esta es una valoración directa no comercial que consiste en preguntarle a las personas cuánto es la máxima capacidad de pago que están dispuestos a destinar para la protección o utilización de un recurso. Eso requiere, por supuesto, que los encuestados conozcan claramente lo que se les está preguntando, para que sus respuestas contengan la información que efectivamente se requiere (Dixon *et al.* 1989).

La técnica de voluntad de pago ha sido ampliamente utilizada para conocer la máxima capacidad de pago que posee una sociedad, para pagar por el disfrute del recurso o por la conservación del mismo (Dixon *et al.* 1989). Para el caso de El Salvador, dicha técnica ha sido utilizada por Herrador y Dimas (2001) para valorar el agua del Área Metropolitana de San Salvador. En ese sentido, la sociedad salvadoreña ha demostrado que puede pagar más en la tarifa para que se internalice el valor del servicio ambiental, con la condición de que se utilicen los fondos para la protección del recurso, es decir, mediante el pago del servicio a los dueños de la tierra involucrados en actividades de protección.

Una fortaleza que ha demostrado dicha técnica, es la capacidad para identificar la importancia de instrumentos de política de precios cuando se quieren implementar aumentos en tarifas hídricas. Si la técnica se acompaña de un muestreo y un análisis estadístico representativo sobre la población en estudio, es de gran utilidad para apoyar la toma de decisiones, ya que permite conocer la reacción de respuesta del consumidor ante políticas de precios para la conservación y sostenibilidad del servicio ambiental hídrico.

3.4.2. Análisis de los dueños de tierras con importancia hidrológica

Con respecto a los dueños de las tierras que estarían siendo consideradas para el pago del servicio ambiental hídrico, se tomará como primera referencia el costo de oportunidad de esas tierras, debido a la renuncia de los ingresos que le generaría la actividad económica que compite por el uso de esas tierras (Barrantes y Castro, 1999). La principal actividad que se puede identificar es la agricultura de subsistencia.

Aunque este parece el método más razonable para determinar el pago del servicio ambiental, es muy importante considerar que algunos propietarios, principalmente pequeños y medianos, disponen de una actividad agrícola basada en aspectos culturales, y no necesariamente como una actividad comercial amplia. Esto podría dificultar la estimación de un costo de oportunidad de la actividad agrícola que refleje apropiadamente la renuncia de los ingresos por dejar las tierras en conservación de bosques.

Es importante señalar que la diferencia entre el costo de oportunidad y el ingreso esperado por pago del servicio ambiental hídrico puede ser compensada por otros servicios que se empiecen a reconocer, tales como belleza escénica, biodiversidad y fijación de carbono. De esta forma se garantiza la conservación de la cobertura boscosa (Barrantes y Vega, 2002).

3.5. Estrategia de implementación del modelo económico - ecológico

El ajuste tarifario requiere conocer las debilidades del sistema actual en términos de sostenibilidad, los componentes que actualmente la integran y de los componentes que debería contener para incorporar variables ambientales. En ese sentido, el desarrollo de una estructura tarifaria ambientalmente ajustada, requiere:

- Internalización del valor de captación de agua por parte de los bosques en la tarifa, como servicio ambiental del bosque.
- Internalización del valor del costo de recuperación y mantenimiento de laderas degradadas en áreas de recarga acuífera.
- Internalización del valor del agua como insumo de la producción en la tarifa.
- Consideración del valor de la tarifa actual (componentes financieros actuales).
- Internalización del margen de ahorro-inversión como un porcentaje de la suma de los tres valores siguientes: valor de protección y recuperación, valor del agua como insumo y valor captación.
- Desarrollo de un modelo tarifario, internalizando el valor de las variables ambientales.

En resumen, la estructura tarifaria debe incluir los componentes identificados en el Cuadro 3.3 para cada una de las categorías:

Cuadro 3.3. Componentes necesarios a tomar en cuenta en una estructura de tarifas económico ecológicas

Categoría	Servicio ambiental (valor de captación)	Protección y recuperación de cuencas	Valor del agua como insumo	Tarifa financiera actual	Tratamiento post-servicio	Margen ahorro-inversión	Valor total
Residencial*	x	x		X	x	x	x
Industrial	x	x	X	X	x	x	x
Comercial	x	x	X	X	x	x	x
Sector Público	x	x		X	x	x	x

Adaptado de Barrantes y Castro 1998.

* Debe considerarse la condición socioeconómica de la familia y el volumen de consumo, para establecer un cobro diferenciado.

En la ecuación 3.28 se presenta el modelo económico ecológico, en el cual se internaliza el valor de las variables ambientales y financieras de la tarifa hídrica para ANDA.

$$TAA = VC + VP + VA + VTr + VT + MAI \quad (\text{ec. 3.28})$$

Donde,

TAA	Tarifa ambientalmente ajustada para el servicio ambiental hídrico ($\$/m^3$)
VC	Valor de captación de agua como productividad del bosque ($\$/m^3$)
VP	Valor de protección y recuperación de cuencas ($\$/m^3$)
VA	Valor del agua como insumo de la producción ($\$/m^3$)
VTr	Valor del tratamiento post-servicio de aguas ($\$/m^3$)
VT	Valor de la tarifa actual del servicio de agua potable ($\$/m^3$)
MAI	Margen de ahorro e inversión ($\$/m^3$)

Las variables que explican la tarifa hídrica ambientalmente ajustada, provocan variaciones dependiendo de los cambios que se generen en los modelos parciales que explican cada una de estas variables. De este modo, se requiere tomar en cuenta dichos cambios y monitorearlos para los ajustes correspondientes en la tarifa hídrica, a través del tiempo.

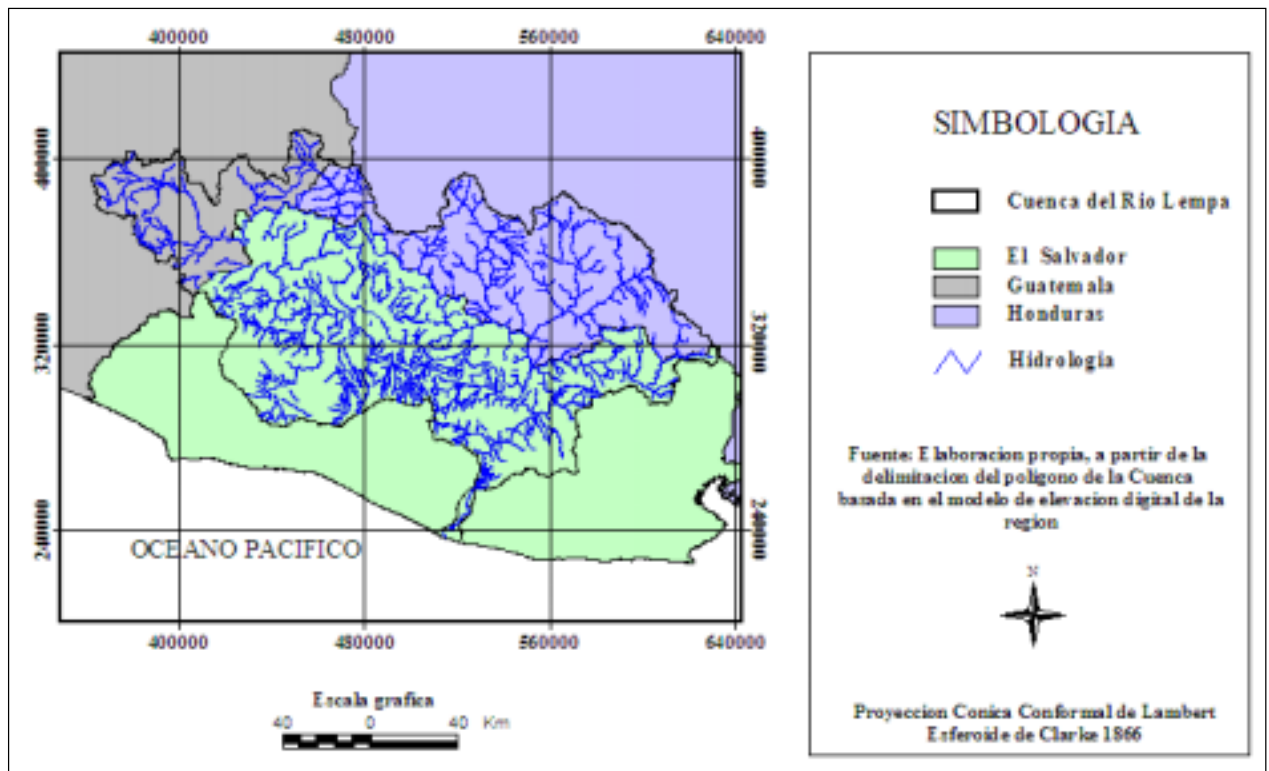
IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización de la cuenca hidrográfica.

4.1.1 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Lempa

El río Lempa, el río más largo de toda América Central, mide 346 Km. de longitud y nace en el departamento de Chiquimula en Guatemala. Continúa en el departamento de Nueva Ocotepeque, al Sudoeste de Honduras, e ingresa a El Salvador en el sector Noroeste del departamento de Chalatenango. La Cuenca está localizada entre los paralelos 13° 24' 25" y 14° 42' 46" de latitud Norte y los meridianos 90° 7' 2" y 87° 52' 43" de longitud oeste, con un área de 17938 km², de los cuales 9916 km² corresponden a El Salvador. Aunque no es la cuenca más grande de Centroamérica, la cuenca del río Lempa es la más grande de la vertiente del Pacífico de América Latina, y la única trinacional. (Mapa 4.1).

Mapa 4.1. Ubicación de la Cuenca del Río Lempa, El Salvador.



La porción de la cuenca que corresponde a El Salvador es la mitad del territorio de este país (47.8%), e incluye sus dos principales concentraciones urbanas (el área metropolitana de San Salvador y la ciudad de Santa Ana), así como otras ciudades más pequeñas como Metapán, Chalatenango, Nueva Concepción, Quezaltepeque, Suchitoto, Cojutepeque, Sensuntepeque e Ilobasco. Está conformada de una planicie costera de 18 a 20 km de ancho interrumpida por colinas volcánicas. Esta planicie de la costa del Pacífico está separada de un valle interno centro-occidental, por una fila de volcanes recientes, llamada la Cadena Volcánica Meridional.

4.1.2 Ubicación geográfica de la Cuenca Alta del Río Lempa

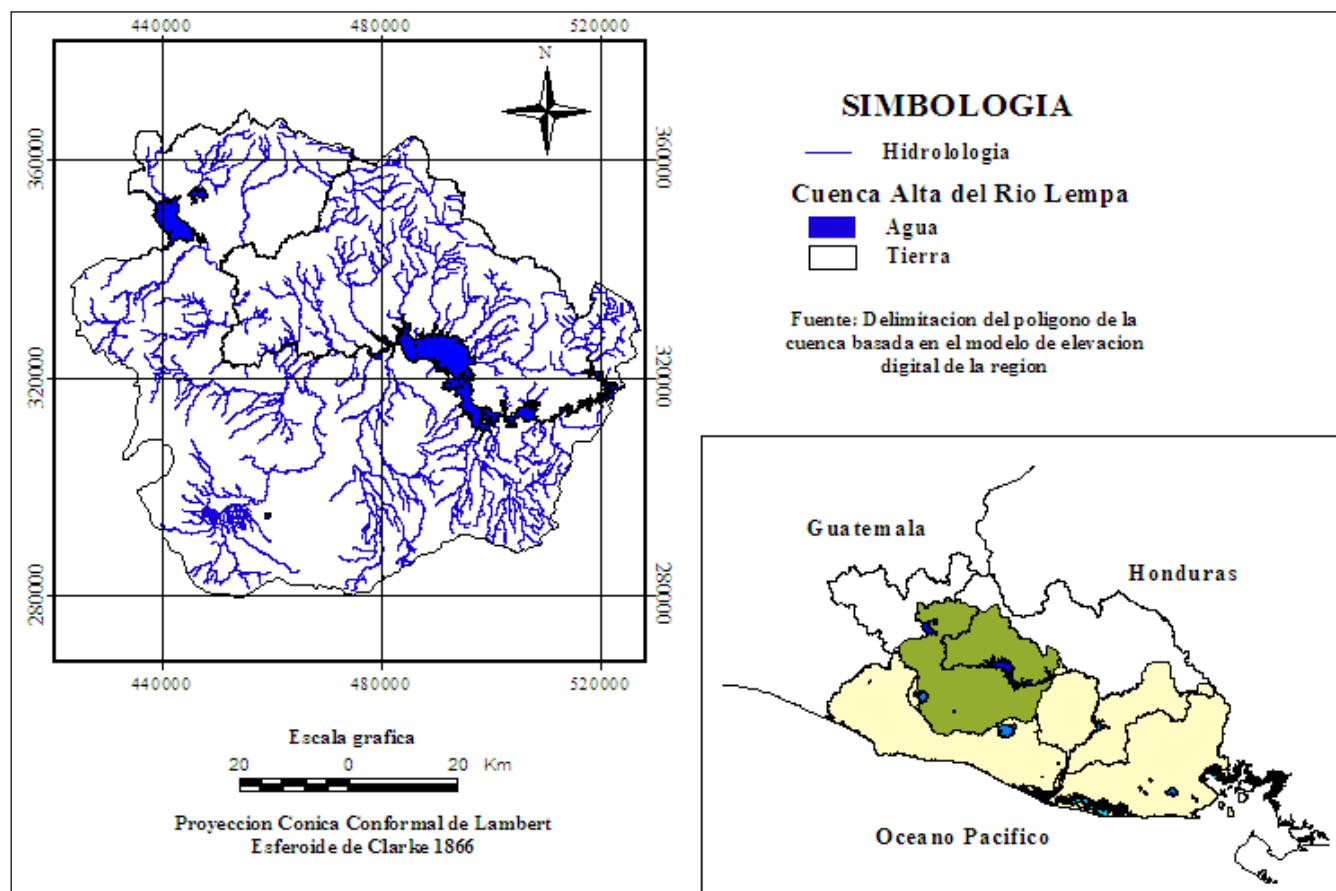
El área que comprende la Cuenca Alta del Río Lempa (CARL) abarca una superficie de 6,063.6 Km², correspondientes al territorio ubicado aguas arriba de la presa de El Cerrón Grande⁸, dentro de la República de El Salvador, o sea más de un cuarto del territorio nacional. El área comprende la mayor proporción de los municipios de los Departamentos de San Salvador, Santa Ana, Chalatenango, Cuscatlán y La Libertad (Mapa 4.2).

La cuenca alta del Lempa incluye el valle interior de El Salvador, el cual está separado de Honduras por una fila de volcanes antiguos erosionados, compuesto del Macizo de Montecristo y las montañas de Esesmiles. En esta fila de montañas fronterizas con Honduras, se encuentra las mayores elevaciones de la cuenca, por ejemplo el Cerro Pital, con 2730 msnm y el Macizo de Montecristo con 2418 mnsn. En el resto de la cuenca la elevaciones pocas veces exceden 1700 msnm.

Según el PLAMDARH (GOES/PNUMA, 1981), la parte alta de la cuenca se divide en las subregiones: 1) río Sucio, río Acelhuate, río Suquiapa, Afluentes Amayo-Matizate; 2) río Angue, río San José-Laguna de Metapan, río Tahuilapa, río San Juan-Pomola; 3) Ostúa, Lago de Guija y río Guajoyo; 4) río Taxis, Afluente Amatal, ríos Mojaflares, Salitre, río Metayate, Afluentes Santa Ines-Agua Zarca, río Nunuapa.

⁸ La delimitación se realizó tomando en cuenta la realizada por el proyecto PAES, con base en el modelo de elevación digital. El área total de la cuenca registrada por el Programa ArcView 3.2, fue de 6,063.59 Km².

Mapa 4.2. Ubicación de la Cuenca Alta del Río Lempa, El Salvador.



4.1.3 Importancia ecológica.

De las nueve zonas de vida identificadas en la cuenca, la CARL posee cinco, según el sistema de clasificación de zonas de vida de las Formaciones Vegetales de Holdridge (1982). El Cuadro 4.1 muestra la distribución espacial de las diferentes zonas de vida entre las cuales sobresale la zona de Bosque Húmedo Subtropical (bh-ST), la cual cubre aproximadamente el 68% en toda la cuenca y el 85% de El Salvador.

Por tal variedad en ecosistemas, la CARL posee una vasta riqueza natural, además de que en ella se albergan especies en vías de extinción de un alto valor ecológico, tal es el caso del Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) que está restringido al bosque nebuloso de El Trifinio y se ha estimado una población menor a 200 individuos (Komar, citado por PNODT, 2001).

Cuadro 4.1 Distribución de zonas de vida vegetal en la Cuenca Alta del Río Lempa

Zona de vida	Área (ha)	%
bh-MBS. Bosque húmedo Montano bajo Subtropical	525.63	0.07%
Bh-s. Bosque húmedo Subtropical	412,684.9	68.1%
Bh-T. Bosque húmedo Tropical	52,291.9	8.6%
bmh-MBS. Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	13,265.8	2.2%
bmh-MS. Bosque muy húmedo Montano Subtropical	336.1	0.05%
bmh-s. Bosque muy húmedo subtropical	27,031	4.5%
Bs-T. Bosque seco Tropical	82,033.6	13.5%
TOTAL	588,169.1	100.0%

Fuente: CATIE *et al*, (2001)

En esta región se localizan al menos 11,142 ha de Áreas Naturales de Protección⁹, las cuales se listan a continuación¹⁰:

- ❖ El **Parque Nacional Montecristo** (Figura 4.1), es un parque nacional por Decreto Ejecutivo N° 53 del 17/noviembre/1987. Diario Oficial 212, Tomo 298 del 18/noviembre/1987. Es de tenencia estatal con una extensión de 2,000 ha (Parque Nacional), y un área proyectada de 5,000 ha que incluye otras áreas privadas que dan continuidad a los ecosistemas pinar, pino - robleal y bosque nebuloso. Forma parte de la CARL al estar ubicado en el Cantón San José Ingenio, Jurisdicción de Metapán, Departamento de Santa Ana. Es uno de los sitios más importantes para la investigación científica. El Parque es parte de la propuesta de la Reserva de la Biosfera La Fraternidad, un área que comprende 700 Km² entre Guatemala, Honduras y El Salvador sobre el macizo de Montecristo. En él se conoce la existencia de 64 especies de mamíferos, cuatro de ellas han sido encontradas únicamente en el área del parque: Oso hormiguero (*Cyclopes didactylus*), murciélago frutícola (*Artibeus aztecus major*), murciélago de las cuevas (*Myotis velifer*) y venado colorado (*Mazama americana*). Genera además un conjunto de bienes y servicios ambientales:

⁹ El Proceso de declaratoria de las Áreas Naturales Protegidas se ha logrado mediante decreto legislativo o mediante Decreto Ejecutivo. Algunas áreas proceden de las propiedades afectadas por la Reforma Agraria. De estas hasta abril de 2002 se han transferido 57 áreas de este sector. Del total de las Áreas del SANP, cuarenta poseen sistema de vigilancia y siete cuentan con planes de manejo.

¹⁰ Tomado del Primer Informe Parcial del PNOTD, 2001a.

aprovisionamiento de agua potable y agua para riego (aproximadamente la cuarta parte del agua potable que se consume actualmente en la ciudad de Metapán proviene de vertientes localizados en el interior del Parque), control de la erosión y torrentes, educación ambiental, productos de la biodiversidad (plantas medicinales, entre otras) y belleza escénica.

Figura 4.1. Parque Nacional Montecristo



Fuente: PNOTD, 2001a.

Montecristo posee formaciones vegetales únicas como los bosques de liquidambar (*Lyquidambar styraciflua*), una comunidad poco representada en el país, en asociación con pino y encinos; pero el más característico es el bosque nebuloso denso y complejo. Es importante mencionar que a nivel nacional el cerro Miramundo es el único relicto considerado como un núcleo original de vegetación primaria prístina.

- ❖ El Área Natural Protegida **San Diego – La Barra** (Figura 4.2), ubicado en el Departamento de Santa Ana, su régimen de tenencia es de Reserva Nacional Estatal y corresponde al gran paisaje de la cadena volcánica antigua y pertenece a zona climática de sabana tropical caliente. Incluye la zona de El Desagüe, que de acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982), pertenece a la formación Bosque Seco Tropical, constituyéndose en el último relicto boscoso de extensión considerable de esta formación vegetal en El Salvador (SEMA 1994, citado por PNOTD, 2001).

Figura 4.2. Área Natural Protegida “San Diego – La Barra”



San Diego



La Barra

Fuente: PNODT, 2001a.

San Diego - La Barra, se relaciona con otros sitios periféricos en los cuales se encuentran especies de flora y fauna que dependen del mantenimiento del sistema como un todo, por lo cual se ha denominado en su conjunto complejo de Güija, es decir, todo el territorio alrededor del lago y su respectivo sistema hidrológico (laguna de Metapán, laguna San Diego, laguna Clara, laguneta Teconalá, embalse del Guajoyo, río San José, Desagüe, Ostúa, Angue y Cuzmapa). De este modo se ha propuesto como sitio RAMSAR¹¹, ya que como humedal sustenta especies animales amenazadas y en peligro de extinción local o internacionalmente, además de especies CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), reptiles, mamíferos y aves migratorias o residentes. Presenta especies con importancia regional como el registro de una especie con distribución reducida; *Norops serranoi*, y otras especies importantes como *Caiman crocodilus*, *Crocodylus acutus* y *Agamia agami*.

- ❖ El Área Natural Protegida **Complejo los Volcanes** (Figura 4.3), ubicada en el Departamento de Santa Ana, es de Tenencia Estatal, Reserva Nacional Estatal, Municipal y Privada, con una extensión de 1128 ha y un área proyectada de 6500 ha. Corresponde al Gran Paisaje Cadena Volcánica Reciente. Aquí se verifica la presencia

¹¹ La Convención para la Protección de Humedales de Importancia Internacional, conocida como Convención RAMSAR, se ha constituido desde sus inicios en el principal foro intergubernamental para promover la cooperación internacional hacia la conservación de humedales. Estos representan verdaderos refugios de conservación para la flora y fauna en el ámbito internacional, siendo importantes además para las poblaciones que viven en sus alrededores (UICN, 1999).

de la más extensa comunidad de agaváceas a nivel nacional; ocurrencia de especies vegetales en comunidades de características especiales (pinabetales), y bosque nebuloso; rasgos geológicos sobresalientes y bellezas escénicas.

Presenta etapas serales sobre lava volcánica (con especies endémicas de Lycopodios, Gramíneas y Agaváceas), vegetación arbustiva de los páramos (arbustos de Ericáceas, Myricáceas y Compuestas) y bosque nebuloso.

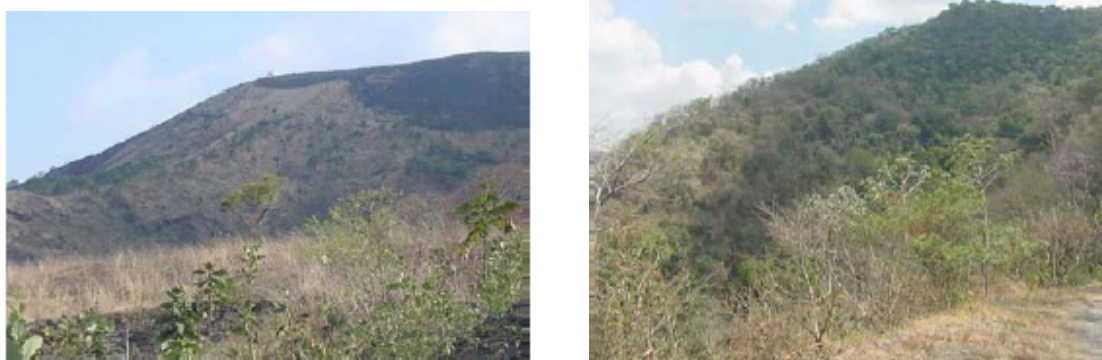
Figura 4.3. Área Natural Protegida “Complejo Los Volcanes”



Fuente: PNOdT, 2001a.

- ❖ El Área Natural Protegida **Complejo San Marcelino** (Figura 4.4), ubicado en el Departamento de Santa Ana, con un régimen de tenencia Reserva Nacional Estatal, y una extensión de 1842 ha.

Figura 4.4. Área Natural Protegida “



Fuente: PNOdT, 2001a.

Corresponde al Gran Paisaje Cadena Volcánica Reciente y se caracteriza por la presencia de hierbas y orquídeas endémicas y sucesiones sobre lava volcánica de diferentes edades. Cada área que conforma el complejo presenta formaciones vegetales únicas sobre lava volcánica, así la lava de más edad y por consiguiente el bosque maduro más antiguo crece en Las Lajas, al Sur Poniente del Lago de Coatepeque. Encuentran refugio en este complejo especies importantes tales como: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*), masacuata (*Boa constrictor*), timbo (*Bothrops nummifera*) y colibrí (*Heliomaster constantii*).

- ❖ El Área Natural Protegida **El Playón** (Figura 4.5), ubicada en el Departamento de La Libertad, con un régimen de tenencia Reserva Nacional Estatal, presenta una extensión de 1583 ha, las cuales corresponden a los grandes paisajes Fosa Central y Cadena Volcánica Reciente; presenta sucesiones de vegetación sobre lavas de diferentes edades y áreas adyacentes constituidas por bosque de Conacaste, próximas al volcán Loma Caldera y a la Laguna Caldera; Asimismo, en este sitio se encuentran algunas áreas de importancia ecológica, como la laguna de Chanmico, que es un espejo de agua de formación volcánica.

Figura 4.5. Área Natural Protegida “Complejo El Playón”



Fuente: PNODT, 2001a.

Esta laguna es de gran importancia por la presencia de aves acuáticas, tales como: zambullidor mediano (*Podiceps nigricollis*), zambullidor (*Podylimbus podiceps*), zarcetas (*Anas discors*), gran garza blanca (*Ardea albus*), gavilán zarado (*Buteo magnirostris*), gavilán (*Buteo brachyurus*), lislique (*Falco sparverius*) y tucán pico de arcoiris (*Pteroglossus torquatus*), entre otros.

- ❖ El Área Natural Protegida **El Pital**, ubicada en el Departamento de Chalatenango (Figura 4.6), con un régimen de tenencia privado y una extensión proyectada de 1400.0 ha. Corresponde al gran paisaje Cordillera Norte; se caracteriza por poseer 8 de las 9 especies de gimnospermas (pinos y emparentados) de la región; contiene especies de flora amenazadas y/o en peligro de extinción a nivel de distribución general, habiendo generado, además, nuevos registros de géneros botánicos para El Salvador. Contiene áreas de captación de la producción hídrica de importancia nacional y ofrece bellezas escénicas particulares.

Figura 4.6. Área Natural Protegida “El Pital”



Fuente: PNODT, 2001a.

En la actualidad, solo se encuentran relictos de la vegetación natural originalmente existente de bosque nebuloso. La cobertura vegetal en el área delimitada se calcula en 1,067.57 ha, compuesta de vegetación cerrada, principalmente siempre verde, tropical ombrófila.

Se reporta la presencia de especies de reptiles considerados raros o en peligro de extinción a escala nacional (*Geophis rhodogaster*, *Pothidium godmani*) y nuevos

registros para la ciencia como *Bolitoglossa synoria* (McCraine & Köhler 1999, citado por PNODT, 2001); otras especies recientemente descritas son *Rhadinaea Montecristi*, serpiente con una distribución mundial limitada al área del Trifinio y montañas cercanas en Honduras (Köhler 2001, citado por PNODT, 2001) y *Geophis rhodogaster*, con limitada distribución: el oeste de Guatemala y el noroeste de El Salvador (Komar & Greenbaum 2001, citado por PNODT, 2001). Ocurrencia de nuevas especies de aves para El Salvador como colibrí vibrador (*Selasphorus platycercus*) y parula tropical (*Parula pitiayumi speciosa*), esta última una subespecie endémica de las montañas de Honduras, El Salvador y Nicaragua (Howell & Webb, citado por PNODT, 2001).

- ❖ El Área Natural Protegida **Colima** (Figura 4.7), se ubica en el Departamento de Cuscatlán, contiene hábitat de bosque subperennifolio y caducifolio, dependiendo del grado de humedad de los suelos. El bosque a la orilla del Cerrón Grande y en una pequeña isla del área, constituyen el hábitat para una serie de especies acuáticas, especialmente del grupo aves.

Figura 4.7. Área Natural Protegida “Colima”



Fuente: PNODT, 2001a.

Colima ofrece un gran potencial para hacer estudios de regeneración vegetal por impactos antropogénicos, como sitio para establecer corredores biológicos a la orilla del embalse y de los ríos de afluencia (Acelhuate, Los Limones), además un alto valor escénico del embalse del Cerrón Grande; junto con el área natural Santa Bárbara, son

las únicas áreas naturales existentes en todo el perímetro del embalse y por lo tanto sitios de refugio de aves, reptiles y mamíferos de la región.

En esta área se encuentran algunas especies importantes para la conservación como iguana (*Iguana iguana*) y la lagartija de rayo (*Mabuya unimarginata*). Las aves descritas para esta área son 155 especies, entre ellas aquellas propias de las zonas con cobertura arbórea que no se desplazan hacia otros sectores abiertos, lo que las hace vulnerables ante cualquier perturbación en su hábitat.

- ❖ Área Natural Protegida **La Magdalena** (Figura 4.8), ubicada en el Departamento de Santa Ana, está incluida en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical, la vegetación predominante es caducifolia y su estructura es una sucesión secundaria; en la zona baja donde ha sido sometida a una serie de incendios constantes prevalecen los arbustos y chaparrales, con islas de vegetación subperennifolia y sucesiones secundarias. En el año 2000 fue transferida al Estado, para integrarla al Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

Figura 4.8. Área Natural Protegida “La Magdalena”



Fuente: PNOTD, 2001a.

De acuerdo a Dueñas & Rodríguez (2000), citado por PNOTD (2001), podría designarse como un área de **Protección y de Restauración Natural**, cuyo servicio

ambiental principal sería beneficiar varios de los cantones aledaños con el agua, de la cual hay una serie de afloramientos dentro del área natural.

Incluidos dentro de las Áreas Naturales Protegidas, la CARL posee ecosistemas dulceacuícolas importantes como las desembocaduras de los ríos en otros cuerpos de agua incluso salobres; estas áreas debido al flujo de agua, deposición de materiales, corrientes, cambio de acidez, temperatura y turbidez, son ideales para el desarrollo de especies, sitios de alimentación, reproducción y refugio. Entre estos sitios se encuentran: ríos Ostúa, Angue y Cusmapa (lago de Güija); Soyate, Tamulasco, Quezalapa, Metayate, Sucio y Acelhuate (Cerrón Grande); Sumpul, Monanquil y Guancora (embalse 5 de Noviembre); Santa Rita, Guayapa, Aguachapio y Cara Sucia (Barra de Santiago); río Paz (Bola de Monte y Garita Palmera); ríos Chagüite, Guluchapa, Cujuapa (Ilopango);

Por otro lado, las 49,033 hectáreas cultivadas con café (bajo sombra en su mayoría) sumadas a las 111,733 ha de cobertura de bosque natural mantienen un hábitat para preservación de flora y fauna, contribuyen a la recarga de agua, y a la captura y retención de carbono, frenan el proceso de desertificación del país, y además suplen un 43% de la demanda de leña de la población rural con la poda de sombra y cafetales.

Las fincas cafetaleras en promedio poseen una cobertura de sombra del 40% (suelo con sombra), una composición de 10 especies nativas, un 70% de árboles perennifolios, de estos el 20% son árboles nativos con alturas de 15 m (árboles emergentes). El valor ambiental del cultivo de café ha sido estudiado por diferentes autores, se reconoce como hábitat alternativo de especies de flora y fauna, particularmente sobre aquellas amenazadas, en peligro de extinción y endémicas, en la disponibilidad de alimento para la fauna, así como su papel en favorecer el flujo y la reproducción de especies.

En el estudio reciente de Domínguez & Komar (2000), citado por PNOTD (2001), encontraron 32 especies de aves migratorias, que constituyen un 50% de la comunidad de avifauna de los cafetales. Las estimaciones realizadas sugieren que aproximadamente 1 millón de aves migratorias utilizan los cafetales de El Salvador como su hábitat invernal.

De acuerdo a los estudios realizados, la diversidad de vertebrados en las fincas de café es del orden de 24% del total de especies registradas para el país, y cerca del 20% de las especies consideradas amenazadas y en peligro de extinción en el país y tres endémicas ocurren en plantaciones de café bajo sombra (cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Especies Amenazadas y en Peligro de Extinción encontradas en cultivos de Café.

Grupos	Total de especies	Especies amenazadas	Especies en peligro
Anfibios	8	3	0
Reptiles	22	6	1
Aves	138	42	19
Mamíferos	23	6	2
Total	191	57	22

Fuente: PNOdT, 2001.

4.1.4 Importancia socioeconómica.

La población rural de los Departamentos incluidos en la CARL descansa en una economía del aprovechamiento de los recursos naturales para la producción agraria, comenzando a tener un mercado de trabajo formal, donde existen en las zonas urbanas mercados laborales en proceso de construcción y en las áreas rurales producción dirigida fundamentalmente a la exportación.

La importancia de la Cuenca Alta del Río Lempa y sus afluentes radica en que constituye una de las principales fuentes de aprovisionamiento de agua para las poblaciones. De este modo, durante el 2002 se extrajeron 64,302.4 miles de m³ directamente del río Lempa destinados a abastecer al AMSS, lo que constituyó un 21% de la producción total. El 79% restante es extraído de acuíferos ubicados en la misma CARL (ANDA, 2002).

4.1.4.1 Sector Agrícola. Granos Básicos.

Las extensiones del cultivo de granos básicos se traducen en una fuente importante de ingresos para los productores de la zona, aunque los rendimientos económicos de estos cultivos han disminuido en los últimos años como consecuencia de varios factores entre los que se puede destacar la caída de los precios reales al productor y las condiciones climáticas

adversas. La producción total de granos básicos en el área de estudio corresponde a un 38.5% del total cultivado en todo el país. En el Cuadro 4.3 se presenta la producción y la superficie cultivada de granos básicos en la CARL.

Cuadro 4.3. Superficie y Producción de granos básicos en los Departamentos de la CARL

Departamento	Superficie (Ha)	Producción (QQ)
Santa Ana	40,454.55	1,416,100.00
Chalatenango	34,930.07	1,730,500.00
La Libertad	43,146.85	1,901,240.00
San Salvador	27,272.73	1,129,080.00
Cuscatlán	18,216.78	818,025.00
Total	164,020.98	6,994,945.00

Fuente: Elaboración propia con base en los registros del Anuario de Estadísticas Agropecuarias, MAG (2003).

Del conjunto de cultivos incluidos bajo esta denominación destaca el maíz, que es el grano básico cuya extensión de cultivo y producción son mayores en la zona, 81,818.18 has y 4,316,400 QQ, respectivamente. Además, tiene gran importancia en la dieta de la población y constituye uno de los cultivos fundamentales de los agricultores de subsistencia. La región ocupada por la CARL es donde se obtienen los mejores rendimientos del país debido, en parte, al uso de variedades híbridas.

Con respecto al frijol, su sistema productivo está muy relacionado con el del maíz y con el autoconsumo. Para los productores que utilizan el frijol en sistema de siembra asociado al maíz significa no sólo un componente de su alimentación sino también un activo que puede ser vendido a mejor precio que el maíz. Con base en los registros de las zonas productoras de frijol en el ciclo agrícola 2001-2002 (41,818.18 ha), se deduce que su producción se concentra principalmente en la región central del país (zona de la CARL), que aporta el 32 % del total de la producción (828,845 QQ), obteniéndose los mejores rendimientos (20.88 QQ/ha).

En cuanto a la producción de arroz, ésta creció hasta mediados de la década de los 90 disminuyendo posteriormente tanto su superficie como su producción hasta los 1,026,700 QQ registrados en 2001 en todo el país, actualmente se producen en los Departamentos de la

CARL 588,350 QQ. La productividad agrícola de este cultivo (arroz en granza) es superior a la alcanzada en otros países del entorno (6.5 t/has en El Salvador frente a 3t/has en Honduras) pero su conversión a arroz oro es muy baja (55%) frente a los estándares internacionales (70 a 80%). En la CARL y de manera generalizada en el país, la superficie cultivada de arroz (6,251 ha) se concentra en los Departamentos de la zona occidental de la planicie costera y las inmediaciones del río Lempa, aguas arriba del embalse Cerrón Grande (3,951 ha).

Por último, el sorgo (maicillo) es el cultivo de granos básicos con mayor expansión en los últimos años, debido a los incrementos en los rendimientos y al aumento de la demanda interna por parte de la industria agroalimentaria. La producción en el ciclo 2001/02 alcanzó los 3,273,910 QQ contra 3,239,500 QQ producidos en el 2000. Con base en los registros estadísticos del MAG (2002) se puede decir que la superficie cultivada de sorgo se concentra en la zona central y occidental del país (4,580.42 ha).

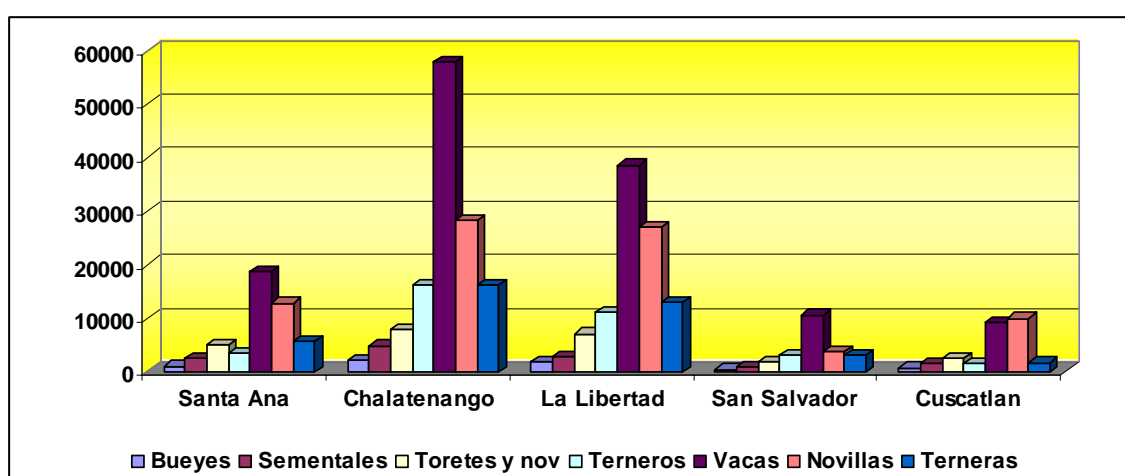
4.1.4.2 Producción pecuaria.

El sistema productivo pecuario en la CARL se caracteriza por la crianza de ganado vacuno, equino, porcino y aves; también se tiene la presencia de otras especies como ovejas; se incluye también la explotación pesquera. Pueden identificarse diversos subsistemas de producción, de acuerdo al destino de su producción, la intensidad de manejo y el tamaño de las explotaciones (CATIE, 2001). A continuación se presenta una reseña de estos subsistemas.

- **Ganadería intensiva y extensiva.** En el primer caso, se cuenta con razas mejoradas de ganado, con un solo propósito, carne o leche; es una producción orientada al mercado. Poseen el nivel tecnológico más elevado en cuanto a nutrición, salud, genética y manejo. La alimentación es a base de concentrados y pastos mejorados. En lo que respecta a la ganadería extensiva, la producción de las propiedades más pequeñas es mixta, en época lluviosa se siembran granos básicos y se cría ganado, en el verano sólo se cría ganado, lo que puede dar la impresión de zonas esencialmente ganaderas. La alimentación es con

pastos naturales y rastrojos, según la época. Generalmente son animales de doble propósito, de razas criollas y de encaste con Brahman y Pardo Suizo, adaptados a la zona. También es posible encontrar caballos, que proporcionan servicio como medio de transporte. En el Gráfico 4.1 se muestra la cabaña ganadera bovina en los Departamentos de la CARL para el año 2001.

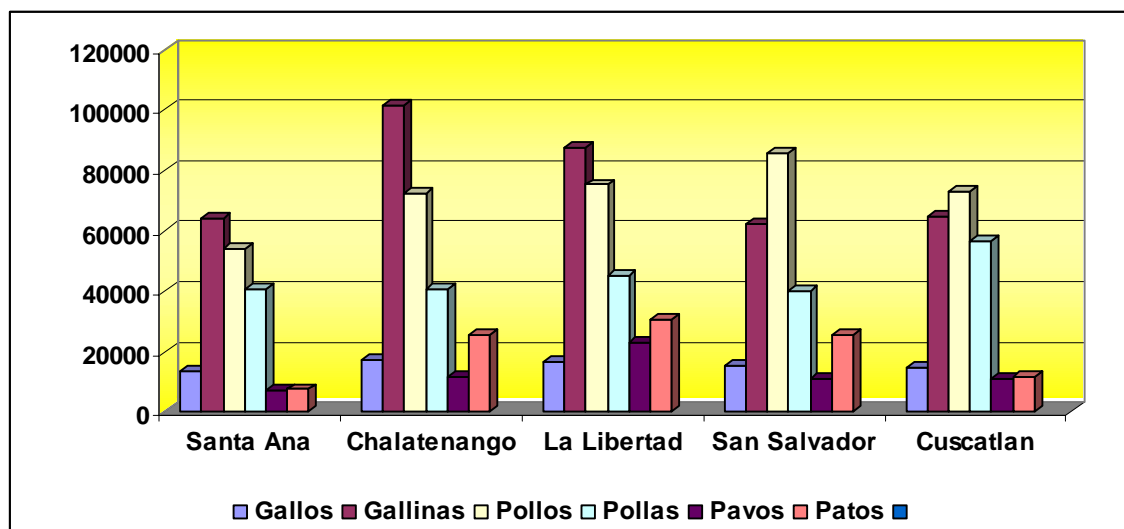
Gráfico 4.1. Estructura del hato bovino por estado productivo y Departamento de la CARL (2001).



- **Avicultura tecnificada, aves de corral y otras especies.** En la primera categoría, se tiene la presencia de razas mejoradas con un solo propósito, carne o huevos; las aves son manejadas en confinamiento y con un alto nivel tecnológico. Es una producción orientada a mercados urbanos y a la exportación. Las empresas más grandes procesan sus propios alimentos, haciendo uso de materias primas nacionales e importadas. La segunda categoría de aves esta compuesta principalmente de animales de razas criollas que se crían en forma libre, en los patios de las viviendas y sin un plan de manejo. Son alimentadas con granos como maicillo y maíz, y residuos provenientes de la preparación de los alimentos. Pueden encontrarse bajo esta modalidad gallinas, patos y pavos.

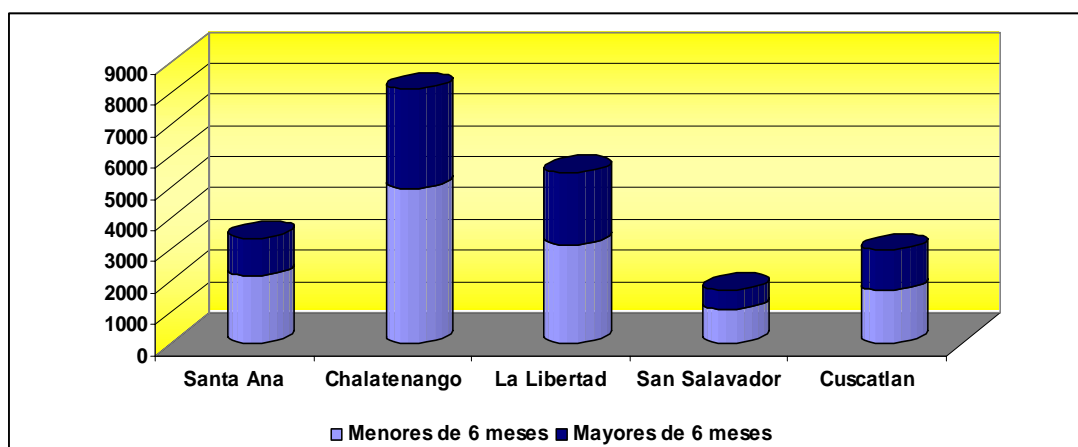
En el Gráfico 4.2 se muestra la composición del sector avícola por tipo de animal en cada uno de los Departamentos de la CARL.

Gráfico 4.2. Existencia de aves por clase en los Departamentos de la CARL, 2001



- **Otras especies.** Actividades como la porcicultura y apicultura también están presentes en la Cuenca Alta del Lempa. Cuentan con un manejo tecnificado y su producción está destinada a abastecer mercados urbanos y externos. La pesca es de carácter artesanal, se practica en los lagos y embalses de la cuenca. En el Gráfico 4.3 se muestra la estructura del hato porcino según la edad en los Departamentos de la CARL.

Gráfico 4.3. Estructura del hato porcino según edad por Departamento de la CARL, 2001.



4.1.4.3 Producción forestal

Las plantaciones forestales que se observan en la cuenca son variadas y están organizadas por bosques y pequeños bosquetes menores, en linderos y como árboles dispersos en las parcelas. En general, las actividades forestales en El Salvador son mínimas; se observan la presencia de especies exóticas como eucalipto (*Eucalyptus sp.*), teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*) y nim (*Azadirachta indica*). Como especies nativas pueden encontrarse pequeños bosques de pino (*Pinus sp.*), en el norte de la cuenca.

Es necesario tener en consideración que una parte significativa de la madera y la leña que se consume en El Salvador proviene de sistemas agroforestales. Como uno de los sistemas agroforestales más representativos de la Cuenca del Lempa, y del país en general, está el café con sombra (IICA, 1996; citado por CATIE, 2001), pudiéndose encontrar asociadas al café especies maderables, frutales y otras destinadas a proveer sombra únicamente, pero que con el manejo mediante podas y descombras también producen leña, que es empleada como combustible en los hogares o en pequeñas industrias como la producción de ladrillos, cal y en panaderías.

4.1.4.4 Sector Agroindustrial

De acuerdo a la clasificación internacional de actividades económicas uniformes, las empresas agroindustriales ubicadas en la CARL generan un vasto desarrollo y aportan significativamente al Producto Interno Bruto como al empleo nacional (Mejía, *et al*, 2002). El Cuadro 4.4, muestra por departamento las principales industrias localizadas en la CARL.

Entre los cultivos agroindustriales en El Salvador destacan por su importancia productiva el café y la caña de azúcar. El café es el principal producto agropecuario de exportación aunque su importancia relativa en relación con el conjunto de la economía ha disminuido progresivamente en los últimos años, como consecuencia principalmente de la variabilidad de los precios internacionales y de la entrada de nuevos países productores en el mercado internacional.

Cuadro 4.4. Distribución de las agroindustrias por Departamento de la CARL.

Departamentos	Santa Ana	Chalatenango	La Libertad	San Salvador	Cuscatlán	Total
Agroindustria						
Ingenios azucareros ¹			1	4	-	5
Beneficios ²	40		47	12	-	99
Procesadoras de alimento ³	1	2	21	40	-	64
Aserraderos ⁴	4	3		1	-	8
Productos lácteos	1	2	3	10	-	16
Fabrica de helados			3	11	-	14
Destilerías			3	2	-	5
Industrias de papel				1	-	1
Agroservicios				3	-	3
Total	46	7	78	84	-	215

1. Incluye procesos de melaza; 2. Incluye recibideros de café, tostadoras, exportadoras y cooperativas; 3.

Incluye frutas y carne;

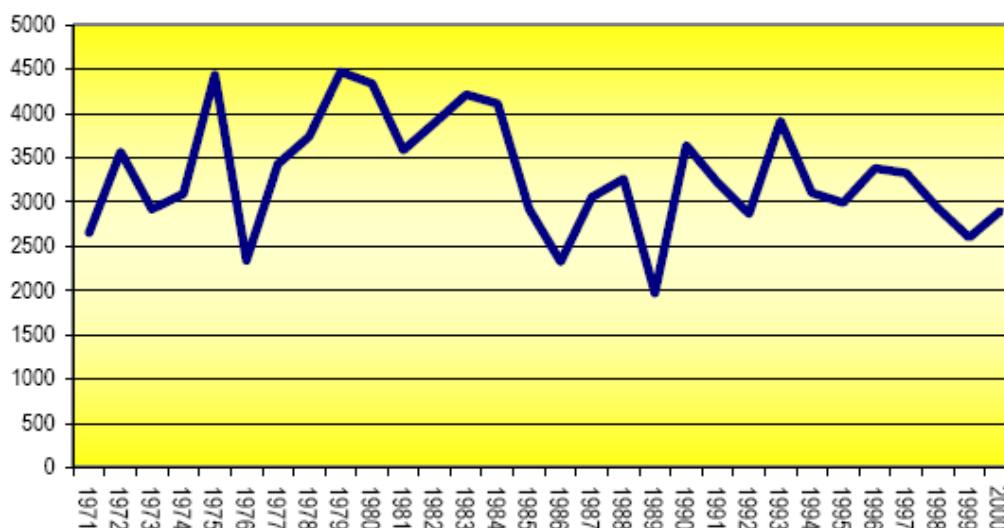
4. Incluye palilleras Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAG, 2002.

Según el PNOTD (2001b), una buena parte de las plantaciones de café se caracteriza por ser antiguas (plantaciones de más de 30 años) y con baja densidad. Así la productividad media del cultivo a nivel nacional es sensiblemente inferior a la de otros países (0.7 t/has frente a 1.46 t/has en Costa Rica o 1.20 t/has en Colombia).

Por otro lado, en el Gráfico 4.4 se pone de manifiesto la reducción de la participación en el mercado internacional de la producción salvadoreña de café. En efecto, si en 1981 llegó a alcanzar el 5.39 % de la producción mundial, en la actualidad apenas supera el 2.13 % por lo que, en apenas 20 años, su cuota de mercado se ha reducido en más del 50 %.

En cuanto a su distribución geográfica, el café se concentra en las laderas de la Cadena Costera asociada a la actividad volcánica más reciente a pesar de que su área de distribución potencial abarcaría también zonas de la Cordillera. Se observa igualmente una mayor concentración de la producción en la región occidental del país, tanto en la zona comprendida entre Santa Ana como en las laderas más occidentales del volcán de San Salvador.

Gráfico 4.4. Evolución de la producción de café en El Salvador desde 1971
(en miles de quintales).

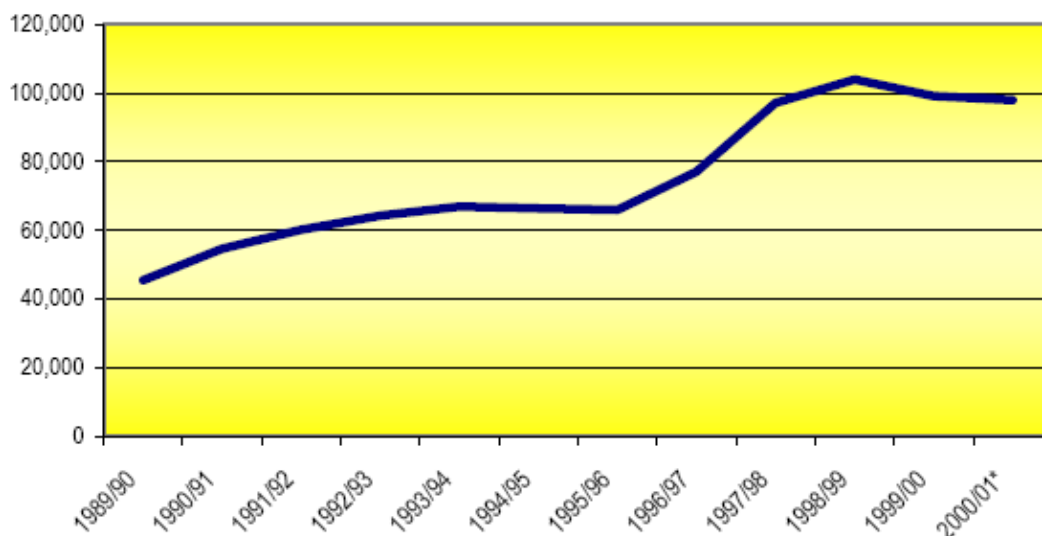


Fuente: Anuario de Estadística Agropecuaria 2001 - 2002. MAG/DGEA.

Por otro lado, el cultivo del café es la principal fuente de empleo rural en la zona de la CARL, especialmente en aquellas zonas donde prácticamente no se cultivan otros productos. Se calcula que para el conjunto de las actividades en las explotaciones productoras se requieren 11 jornales por quintal de café procesado mientras que en los beneficios sólo se requiere 1.5 jornales por quintal. Así, el cultivo del café en El Salvador proporciona entre 30 y 40 millones de jornales al año lo que equivaldría a entre 120,000 y 180,000 empleos permanentes. La crisis del sector supone, por lo tanto, el descenso del nivel de vida de un gran número de familias en el país que dependen casi exclusivamente de esta actividad.

Después del café, el cultivo económicamente más importante es la caña de azúcar por su representación en la composición del PIB y por la ocupación que genera (cerca de 184.000 trabajadores). Su extensión en la década de los 90 se debe principalmente a las ventas a buen precio en el mercado preferencial americano, a pesar de que los precios internacionales vienen decayendo a lo largo de los últimos años. El aumento de su producción (Gráfico 4.5) se debe principalmente a un aumento de la superficie sembrada ya que los rendimientos medios han permanecido más o menos iguales.

Gráfico 4.5. Evolución de la superficie de producción de caña de azúcar en la última década (manzanas).



Fuente: Anuario de Estadística Agropecuaria 2001-2002. MAG /DGEA.

El área de distribución de la caña está relacionada con la Planicie Costera y con la Fosa Interior dado que se trata de los suelos más fértiles y planos, muy productivos y fácilmente mecanizables. Los principales ingenios que procesan la caña se concentran principalmente en la Región Central y Occidental del país (zona de la CARL), más concretamente, en la Fosa Central.

4.1.4.5 Sector Turismo

Los centros turísticos principales que existen dentro de los límites de la cuenca alta del Lempa son los denominados turicentros, los cuales son áreas de recreación generados por los recursos naturales y son la base para el desarrollo económico, infraestructura y una serie de actividades de tipo cultural, deportivas y recreativas. En general los centros recreativos se basan en fuentes de agua (nacientes de agua, ríos, lagos, lagunas), áreas de protección natural (suelo, flora y fauna), volcanes y sitios arqueológicos.

El Cuadro 4.5, muestra los principales sitios turísticos en la CARL, basados principalmente en fuentes de agua y áreas naturales de protección, se muestra sus principales atracciones y la afluencia anual de visitantes.

Cuadro 4.5. Turicentros en la Cuenca Alta del Río Lempa.

Nombre	Ubicación	Atracciones	Visitantes (1999)
Agua Fría	Chalatenango	Fuentes de agua y balneario	102,966
Cerro Verde	El Congo, Santa Ana	Bosque nebuloso y mirador	84,692
Los Chorros*	Colón, La Libertad	Fuentes de agua y balneario	141,358
Parque Balboa	San Salvador	Parque urbano y mirador	334,386
Sihuatehuacán	Santa Ana	Fuentes de agua y balneario	137,042
La Toma	Quezaltepeque, La Libertad	Fuentes de agua y balneario	144,310

* Inhabilitado a partir del 13 de enero de 2001, a consecuencia de daños en infraestructura por los terremotos.

Fuente: Unidad de Turicentros y Parques Nacionales, Instituto Salvadoreño de Turismo (ISTU), citado por CATIE, 2001.

Por su parte CORSATUR, una entidad de carácter mixto (gubernamental y privado), está promoviendo el establecimiento de polos de desarrollo turístico, tales como: La Palma, en Chalatenango; Suchitoto, en Cuscatlán, teniendo como principales atractivos la riqueza cultural y la naturaleza que poseen estos lugares.

4.1.4.6 Otros Sistemas productivos

La producción artesanal es característica de varios municipios de la CARL, particularmente de aquellos cuya población es mayoritariamente rural, como una tradición cultural o una forma de diversificar sus ingresos. Estas actividades productivas emplean mano de obra familiar y como materias primas utilizan recursos disponibles en la fincas o de fuentes locales.

En Chalatenango, en los municipios como San Ignacio y La Palma, puede encontrarse la elaboración de artesanías de madera; en San Sebastián, Cacaopera, Delicias de Concepción y Concepción Quezaltepeque, predominan los textiles; en Quezaltepeque, la cerámica a partir de arcilla; mientras que en Tenancingo se producen sombreros y escobas de palma. A nivel de artesanías, de manera general en la cuenca destacan los trabajos en jarcia, tales como hamacas, bolsos, lazos y candelas.

Los mercados de las artesanías también son variados, una parte de la producción es consumida localmente o se comercializa en las ciudades, mediante intermediarios, en los mercados de artesanías o en ferias. También es de destacar que las artesanías elaboradas a partir de madera cuentan con demanda en el exterior, principalmente en Norteamérica y Europa. Los turistas se constituyen en compradores de esta producción.

4.1.4.7 Infraestructura vial y productiva

Las vías de comunicación en la CARL, representadas por carreteras pavimentadas, carreteras de tierra y caminos, que comunican a los municipios, y los poblados, están parcialmente en mal estado, y es la principal característica de la infraestructura vial de la región. La red de infraestructura vial en la Cuenca del Lempa, está en relación a la importancia relativa de los poblados, las principales ciudades y centros industriales y productivos, el Cuadro 4.6 muestra la distribución de la red vial a nivel departamental dentro de la cuenca.

El Cuadro 4.6 muestra que del total de la red vial en la cuenca el 20% (825 Km.) son carreteras asfaltadas y el 80% (3,300 Km.) son caminos rurales.

Cuadro 4.6. Red vial por Departamento en la Cuenca Alta del Río Lempa.

Departamento	carreteras asfaltadas Km.	caminos rurales Km.
Chalatenango	152.80	611.20
Santa Ana	211.70	846.80
La Libertad	177.10	708.40
San Salvador	140.10	560.40
Cuscatlán	143.40	573.60
	825.10	3,300.40

Fuente: Basado en CATIE, 2001.

El estado de la red vial no es el óptimo, especialmente en lo referente a los caminos rurales, que ha sido señalado como una de las causas del deterioro de la agricultura y de la precaria situación de los pobres rurales para acceder a servicios y mercados. En general, el estado de la red vial eleva los costos de operación de los vehículos de transporte de carga, tanto por los

mayores costos de mantenimiento en que se tiene que incurrir, como por las dificultades de circular en las principales ciudades a raíz de los congestionamientos de tránsito, especialmente en el AMSS.

4.1.4.8 Generación de energía eléctrica.

El potencial de generación de energía hidroeléctrica de la Cuenca Alta del Río Lempa, únicamente es aprovechado por El Salvador, que cuenta con cuatro centrales hidroeléctricas ubicadas a lo largo del río o en sus afluentes de la parte alta. La producción de estas centrales varía anualmente, dependiendo principalmente de la precipitación que se presenta en época lluviosa. El Cuadro 4.7 muestra la producción de energía eléctrica por tipo de fuente.

Cuadro 4.7. Inyecciones por recurso y planta generadora. El Salvador, 2002.

Generadores	Total (GWh)	Participación relativa (%)	Participación total (%)
Hidroeléctricas	1,133.4	100.00	26.7
Guajoyo	37.2	3.3	
Cerrón Grande	294.2	26.0	
5 de Noviembre	380.5	33.6	
15 de Septiembre	421.5	37.2	
Geotérmicas	934.7	100.00	22.0
Ahuachapán	481.6	51.5	
Berlín	453.1	48.5	
Térmicas	1,797.4	100.00	42.3
Acajutla	894.1	49.7	
Soyapango	20.3	1.1	
San Miguel	1.5	0.1	
Nejapa Power	794.2	44.2	
AES-CLESA	2.1	0.1	
CESSA	85.2	4.7	
Inyección Nacional	3,865.5		
Importaciones	434.6		
Exportaciones	50.7		
Importaciones netas	383.9		9.1
Inyección Neta total	4,249.4		100.00

Fuente: SIGET, 2003.

Se observa que la producción de energía hidroeléctrica del río Lempa representó el 26.7% de la inyección neta total de energía eléctrica. La Central Geotérmica de Berlín también se encuentra en la cuenca del Lempa, la cual contribuyó con casi la mitad de la energía

proveniente de fuentes geotérmicas. El déficit energético del país es cubierto mediante generación térmica e importaciones provenientes de Guatemala. Es importante hacer notar que del total de la inyección nacional, aproximadamente un 88% es producido en la CARL.

4.1.4.9 Regadíos

Las áreas potencialmente regables dentro de la CARL se sitúan en los Valles Costeros y en los Valles Interiores al Pie y al Norte de la Cadena Volcánica. Destaca entre todos, el área con potencial de riego asociado al curso bajo del río Lempa.

En la superficie ocupada por la CARL, el Gobierno ha establecido dos Distritos de Riego: (i) Distrito de Zapotitán (año 1969) y (ii) Distrito de Atiocoyo (año 1974), ambos en la subcuenca del río Sucio. Asimismo, se cuenta con Sistemas de Riego Rehabilitados en el Departamento de Chalatenango, con un área total regable de 147 ha contra un área bajo riego de 98 ha; y los denominados Sistemas del Programa Nacional de Riego, financiados por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), específicamente en los Departamentos de Santa Ana, San Salvador y Chalatenango, con áreas regadas de 72, 25 y 30 hectáreas, respectivamente.

El sistema de riego del Valle de Zapotitán es abastecido con un caudal de 2.5 m³/seg., mediante aguas subterráneas a través de 1.0 m³/seg., y mediante aguas superficiales con 1.5 m³/seg. Mientras que el sistema de riego Atiocoyo se abastece con un caudal de 2.5 m³/seg., íntegramente mediante aguas superficiales, dando como resultado un total de agua abastecida para riego 5.0m³/seg. en la CARL.

La infraestructura de riego se encuentra distribuida bajo las siguientes modalidades (i) los microsistemas y pequeñas obras de riego, los cuales se inscriben en parcelas de superficie muy reducida con una dotación muy limitada de capital e infraestructura donde se cultivan productos no tradicionales de manera combinada (tomate, pepino, chile dulce, cebolla) para reducir los riesgos aumentando la rentabilidad; (ii) medianas y grandes obras de riego, las cuales se desarrollan en explotaciones importantes donde ni la tierra ni el capital son factores

limitantes. El 70 % de estas tierras se dedican a producciones más o menos extensivas como pastos, caña de azúcar y granos básicos; y (iii) Cooperativas del sector reformado con riego, cuya infraestructura existente está en bastante mal estado y de toda la superficie regable se tienen referencias de que solamente se riegan algunos sectores.

4.1.5 Problemática ambiental.

En el proceso de interpretación de las principales causas de muchos de los problemas ambientales de la CARL las industrias han recibido un enorme peso de responsabilidad. Los efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones gaseosas industriales son consideradas como uno de los principales factores causantes de la degradación ambiental, éstos poseen dosis considerables de elementos contaminantes, que sin lugar a duda afectan negativamente al ambiente natural, recursos naturales y en particular a la salud humana. Se estima que el 90% de las aguas superficiales están seriamente contaminadas, debido a las industrias que vierten sus descargas directamente, ya que solo el 4% de las aguas residuales reciben tratamiento previo a su descarga a los alcantarillados (Mejía, *et al*, 2002).

Las características de contaminación de las principales subcuencas de la CARL son:

1. En la Sub cuenca del río Acelhuate, el área de contaminación cuenta con una superficie de 371 Km² que representa el 53% de la Subcuenca.
2. En la Subcuenca del río Sucio el área de contaminación es más extensa, con una superficie de 729 Km² que representa el 88% de la Subcuenca.
3. En la Subcuenca del río Suquiapa la contaminación se concentra en una superficie de 88 Km² que representa el 21% del área de la Subcuenca.

Dentro de los resultados de la Propuesta de descontaminación del canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa, realizado por el SNET (2002), se identificaron 100 industrias de las cuales 49 pertenecen a la subcuenca del Río Sucio, 9 a la Subcuenca del Río Suquiapa y 42 a la Subcuenca del Río Acelhuate las cuales descargaban directamente a quebradas o al canal principal de los ríos evaluados. Además, es importante mencionar, que existe una gran

cantidad de industrias en las cuencas que se conectan al alcantarillado sanitario y estas no fueron caracterizadas en este estudio.

Este mismo estudio afirma que dentro de las subcuencas de los ríos Acelhuate y Sucio los vertidos son principalmente de industrias que descargan al canal principal o sus tributarios, seguidas por las agroindustriales. Al contrario de la subcuenca del Río Suquiapa donde la composición es más sencilla y se tiene dos actores principales donde las agroindustrias son la mayoría.

Otras actividades humanas producen degradación de la calidad en las aguas naturales, por ejemplo, las actividades agrícolas aportan al ambiente sustancias (nitrógeno amoniacal) producto de la fertilización agrícola y residuos fitosanitarios provenientes de los plaguicidas; aguas de desecho de establecimientos ganaderos o agroindustriales, vertidos de origen humano como aguas de alcantarilla; también, alteraciones por causas naturales como derrumbes, infiltraciones de agua subterránea, deslizamientos, etc.

Sin embargo, en el país se ha establecido a partir del Artículo 108 de la Ley del Medio Ambiente¹² la necesidad Programa de Adecuación Ambiental, el cual busca identificar y cuantificar los daños ambientales que una determinada actividad está ocasionando en el medio ambiente y la población; así como definir y establecer las medidas necesarias para corregir y controlar dichas actividades, obras o proyectos que estén generando efectos nocivos o peligrosos para la calidad de vida de la población y el medio ambiente (MARN, 2003a).

Es así como los resultados de línea base comparados con los avances de la gestión ambiental indican que la generación de aguas residuales alcanza una cantidad estimada de 680,000 toneladas métricas al año, de éstas el tratamiento, recuperación y/o disposición final es de

¹² Art. 108.- El Programa de Adecuación Ambiental, deberá contener todas las medidas para reducir los niveles de contaminación para atenuar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos en el ambiente. Para la ejecución del Programa de Adecuación Ambiental, el titular de una actividad, obra o proyecto, contará con un plazo máximo de tres años. El plazo anterior podrá reducirse, en el caso de actividades, obras o proyectos en operación que elaboren productos peligrosos o usen procesos o generen emisiones altamente contaminantes.

201,000 toneladas métricas al año, lo que representa un 29.6% de mejora ambiental en relación a estos rubros Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Estimación del porcentaje de mejora ambiental en el rubro de aguas residuales en El Salvador, 2002.

Categoría de Desechos	Cantidad estimada (toneladas/año) LINEA BASE	Cantidad estimada (toneladas/año) Tratamiento, recuperación y/o disposición final	Porcentaje de mejora ambiental
Aguas residuales provenientes de procesos industriales o de manufactura	180,000	126,000	70
Aguas residuales de origen doméstico	500,000	75,000	15
Total	680,000	201,000	29.6

Fuente: elaboración propia con base a valores del MARN, 2003b.

A pesar de estos avances en el Programa de Adecuación, la degradación ambiental en la región posee otras causas que vuelven aún más crítica la situación, tales como los conflictos generados por la actual cobertura del suelo, la cual ha respondido a los sistemas de producción extensivos que han sido la base de nuestras economías. Es así como se observa la competencia entre la superficie boscosa y aquellas zonas dedicadas a las actividades agropecuarias, en donde no se ha tomado en cuenta la capacidad propia del recurso suelo, resultando en el deterioro de las tierras y en bajas rentabilidades de la producción.

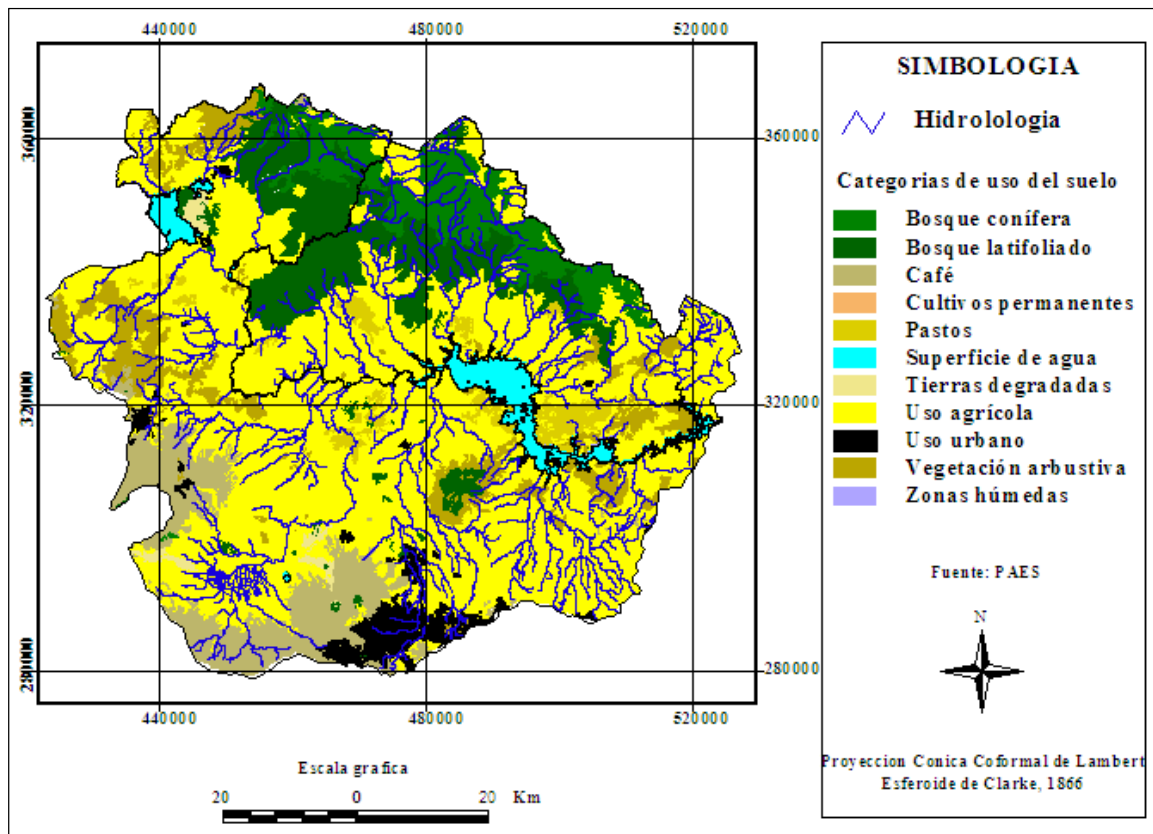
4.1.5.1 Cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.

Con base en la cartografía digital generada por el PAES, el MARN y la información del AID, CCAD y CATIE, se puede notar que la principal actividad agropecuaria que compite con el bosque son aquellas áreas destinadas para el cultivo de granos básicos.

Es importante la distribución geográfica de los usos y coberturas del suelo, pues existen zonas muy frágiles en términos de suelos y otras características que requieren la cobertura

original para disminuir el impacto de posibles acontecimientos como es la erosión, inundaciones, etc. El uso y cobertura es un elemento indispensable en la determinación de los valores de captación y restauración, al ser un insumo en el análisis de conflicto de uso del suelo, donde se determinan las zonas por recuperar. En el Mapa 4.3 se ilustra el uso y cobertura del suelo en la cuenca alta del Río Lempa.

Mapa 4.3. Uso del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa



Es importante hacer notar el bajo porcentaje de cobertura boscosa en la cuenca, lo que indica el grado de vulnerabilidad que poseen los bosques a una eventual tendencia natural de degeneración, que complementada con las acciones humanas incrementa la amenaza. Estas consideraciones obligan a iniciar un proceso de manejo de la cuenca orientado a garantizar los procesos de conservación y de desarrollo.

En términos cuantitativos, la cobertura de bosque representa un 18.43% del total de la cuenca, es decir 111,733.27 ha., mientras que para uso agrícola existen 344,317.31 ha., o sea un 56.78%. El detalle de las otras coberturas se puede apreciar en el Cuadro 4.9. Si a la cobertura de uso agrícola se suma el porcentaje de la tierra ocupada para ganadería (9.8%), se obtiene que juntos ocupan el 65.8 % del área de la cuenca, con el agravante de que esta actividad se da principalmente en terrenos de laderas de minifundio.

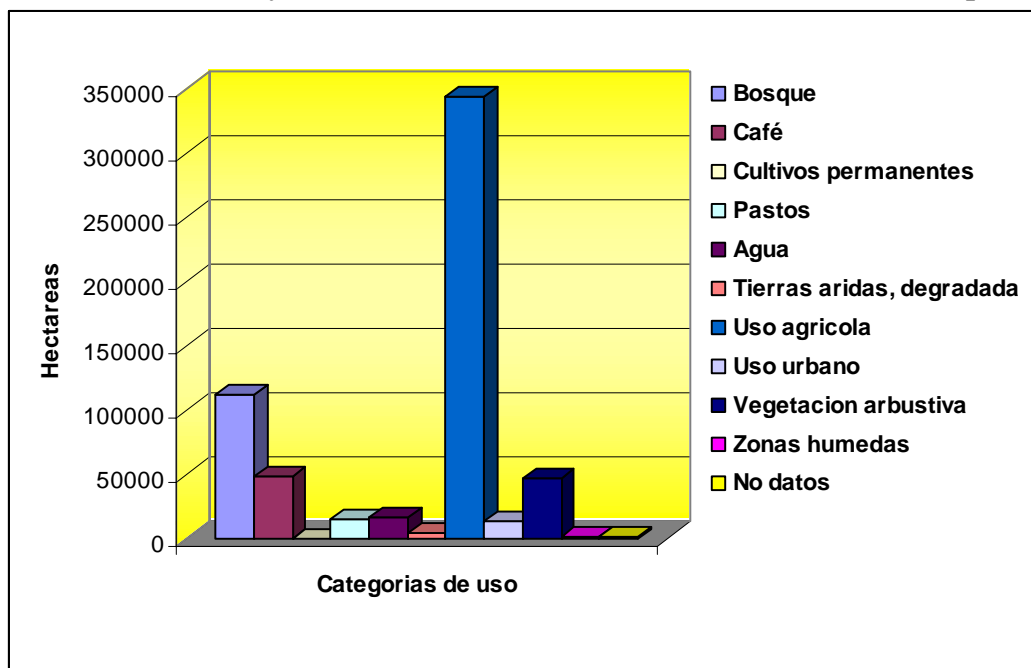
Cuadro 4.9. Uso y cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.

Categoría de uso del suelo	Hectáreas	Porcentaje
Bosque	111,733.26	18.43
Café	49,033.53	8.09
Cultivos Permanentes	0.000604	0.0
Pastos	15,634.44	2.58
Agua	16,794.70	2.77
Tierras áridas, degradadas	4,337.62	0.72
Agricultura	344,317.30	56.78
Áreas urbanas	14,297.50	2.36
Vegetación arbustiva	46,886.33	7.73
Zonas húmedas	1,514.67	0.25
No datos	1,810.00	0.30
Total	606,358.99	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso y cobertura CATIE, 2001.

La clara competencia existente entre las coberturas de tierras agrícolas y de bosques (Gráfico 4.6), hace necesario definir las políticas para que se logre la conservación de bosques y la restauración de las áreas degradadas que son de importancia forestal. Dichas políticas deberán ser sustentadas por la situación crítica del recurso hídrico en la zona y la degradación de la tierra en áreas de importancia para la captación y regulación del agua. Este tema cobra mayor importancia en las cuencas cuyo sistema hidrológico contaba con densa cobertura forestal, funcionando como regulador de las aguas superficiales y, en algunos casos, como mecanismo para ayudar a la infiltración del agua subterránea (Barry *et. al*, 1999).

Gráfico 4.6. Uso y Cobertura del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.



4.1.5.2. Capacidad de uso del suelo en la Cuenca Alta del Río Lempa.

Considerando la capacidad de uso del suelo en la cuenca, cuyas características, limitaciones y distribución superficial se muestra en el Cuadro 4.10, se puede observar que en el 65% de la superficie de la cuenca se verifican las Clases III, IV y VII, situación que eleva el índice de tierras “a capacidad”; sin embargo, el porcentaje de bosque reportado por el mapa de uso y cobertura no es tan alto (18.43%). De manera distinta sucede con las Clases I y II, que presentan un bajo porcentaje de ocurrencia en la cuenca, por lo que se verifica un elevado número de tierras en “sobreuso” ya que la mayor parte de la cobertura de la cuenca (56.78%) es ocupada por cultivos agrícolas en tierras no aptas para esta actividad.

**Cuadro 4.10. Descripción de clases de capacidad de uso de las tierras,
Cuenca Alta del Río Lempa.**

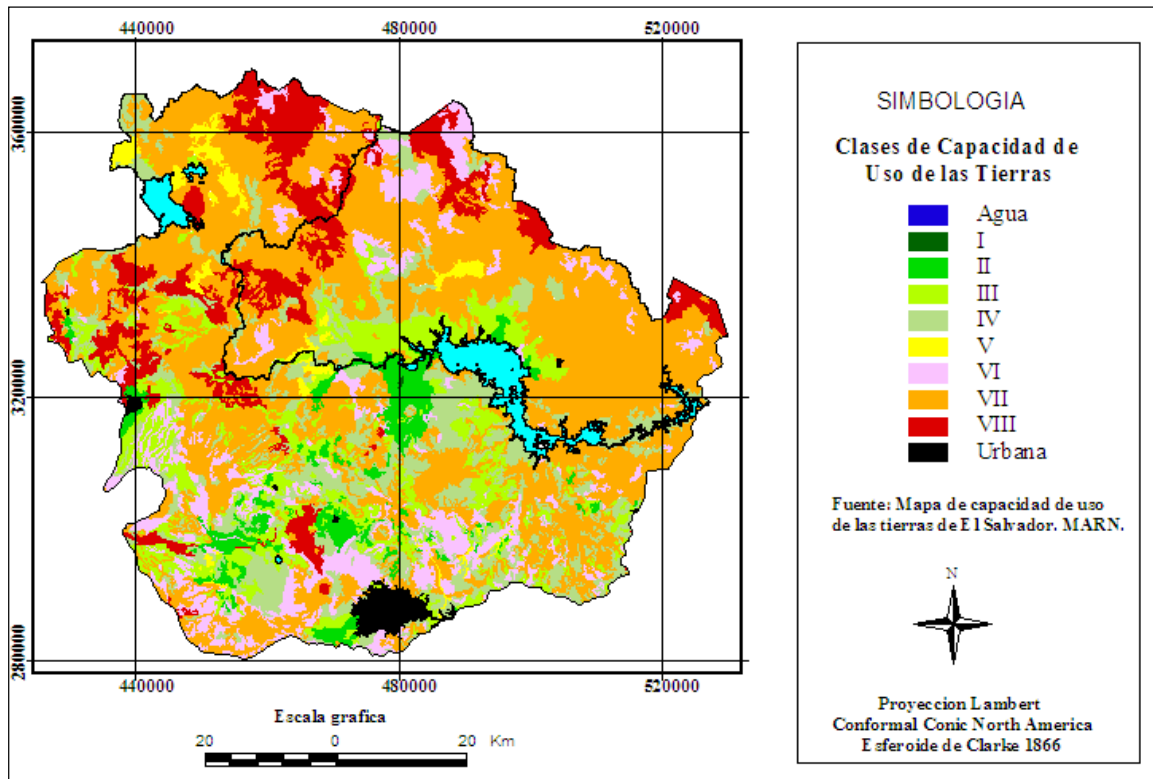
Clase	Uso de la tierra¹³	Superficie (Hectáreas)	%
I	Tierras Adecuadas para Cultivos Intensivos, Bosques, Praderas y Otros	113	0.02
II	Cultivos anuales, con prácticas de manejo (labranza en contorno y rotación de cultivos)	24,834	4.1
III	Cultivos anuales, con prácticas de manejo y conservación de suelos	65,187	10.75
IV	Tierras con aptitud restringida para agricultura intensiva, requieren cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación de suelos. con limitaciones para la mecanización y cultivos anuales, apta para cultivos permanentes, sistemas agroforestales, silvopastoriles y forestales de producción	84,321	13.91
V	Son tierras con restricciones muy severas para los cultivos intensivos, con limitaciones por inundación o pedregosidad. Son áreas en general planas tierra apta para pastoreo y manejo forestal	11,292	1.86
VI	Cultivos permanentes, sistemas agroforestales y manejo forestal, con prácticas y obras de manejo y conservación de suelos	62,040	10.23
VII	Bosques bajo manejo forestal	269,447	44.44
VIII	Bosques para protección, abastecimiento de agua y recreación	61,655	10.17
Agua		16,825	2.77
Área Urbana		7,989	1.32
Total		606,359	100.0

Fuente: Mapa digital de clases de capacidad de uso de las tierras, USDA.

El alto porcentaje de la Clase III (10.75%), que presenta limitaciones moderadas, restringe la elección de los cultivos y/o incrementa los costos de producción, de manera que para desarrollar actividades agrícolas (producción de granos básicos) se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua. Situación similar ocurre con la Clase IV (13.91%), en donde se dan fuertes limitaciones, que solas o combinadas, restringen su uso a vegetación semi-permanente y permanente, la producción de granos básicos se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y agua, excepto de climas pluviales, en donde este tipo de cultivo no es recomendable. La distribución geográfica de las Clases de Capacidad de uso se ilustra en el Mapa 4.4.

¹³ Para la descripción de la capacidad de uso de la tierra, se utilizaron los parámetros definidos por el Servicio de Conservación de Suelos del USDA, que considera variables como: pendiente, profundidad efectiva, susceptibilidad erosiva de las tierras, entre otras, con algunas modificaciones en la interpolación o limitación de algunos parámetros que se consideran más adecuados a la cuenca.

Mapa 4.4 Clases de capacidad de uso del suelo en la Cuenca Alta del río Lempa.



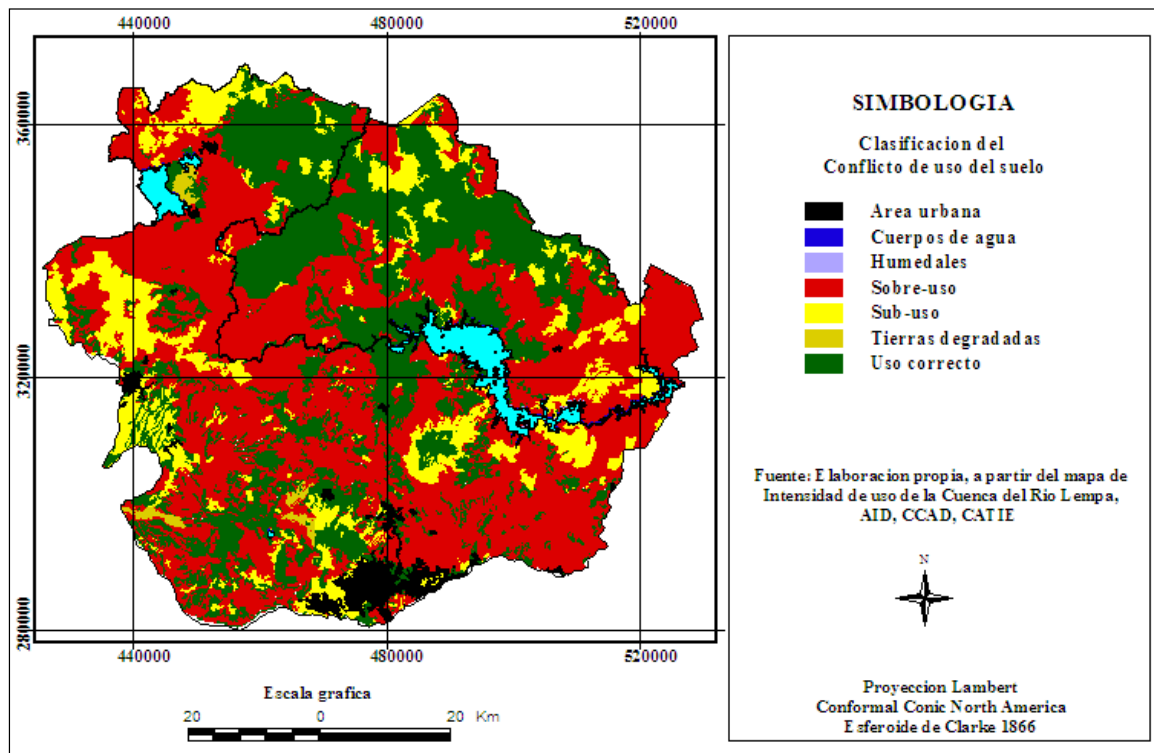
4.1.5.3 Conflicto en el uso del suelo en Cuenca Alta del Río Lempa.

El conflicto de uso del suelo en la cuenca, se presenta cuando se utilizan tierras en usos en los cuales el conjunto suelo, clima y vegetación no puede soportar esas actividades sin sufrir un deterioro considerable. Para el caso de la cuenca se cruzó el Mapa de Clasificación de la capacidad de uso de las tierras (Mapa 4.4), con el Mapa de Uso y cobertura del suelo (Mapa 4.3).

El resultado del análisis (Mapa 4.5) indica que la cuenca tiene serios problemas de conflicto de uso en 47.81%, ya que estas 289,904 ha se encuentran en actividades que estos suelos, por sus condiciones, no pueden soportar, principalmente debido a limitaciones por pendiente, erosión y profundidad efectiva. Las 289,904 ha que se encuentran sobre utilizadas son un primer indicador de las zonas por recuperar en una posible implementación del pago por el servicio ambiental hídrico. Por otro lado, sólo un 7.74% (46946 ha) de la cuenca se encuentra

en sub-utilización y el 14.43% (87,520 ha) se encuentra a capacidad, es decir que se desarrollan actividades acordes con la capacidad que tienen esos suelos para soportarlas. Este elemento es un indicador del grado de conservación de la cuenca.

Mapa 4.5. Mapa de Conflicto de uso del suelo en la Cuenca Alta del río Lempa.



Una seria implicación de este conflicto es la potencial afectación del recurso hídrico en zonas de recarga debido a la disminución de la cobertura boscosa, tanto en cantidad como en calidad. Más aún, el deterioro del suelo está estrechamente ligado a las prácticas agrícolas y a muchos aspectos sociales como la tenencia de la tierra.

Como se dijo antes, los conflictos en el uso del suelo, principalmente en los de vocación forestal, generan una baja capacidad de regulación de las aguas superficiales, por lo que se reduce el flujo subsuperficial que en condiciones de buena regulación, alimentaría los ríos en la época seca, manteniendo su caudal. Sin embargo, lo que se tiene es un aumento del flujo de agua superficial, que genera erosión y una mayor variabilidad de los caudales en los ríos, de modo que en la época lluviosa, es usual que los éstos se desborden y provoquen

inundaciones, en tanto que en la época seca el caudal de muchos ríos se reduce a cero (Barry *et. al*, 1999).

La competencia por el uso del suelo en la CARL, sobre todo en el AMSS, entre los usos urbanos, industriales, agrícolas, así como la expansión de la infraestructura vial, en ausencia de esquemas de ordenamiento del uso del suelo que funcionen y que incorporen criterios ambientales, está resultando, en la práctica, en una reducción de la capacidad de recarga de los acuíferos, así como en una creciente contaminación por vertidos domésticos e industriales no sólo de las aguas superficiales, sino también de las aguas subterráneas. Al mismo tiempo que se reduce la capacidad local de abastecimiento de agua por esos impactos, la concentración urbana e industrial aumenta considerablemente la demanda de agua.

En efecto, por su ubicación sobre una importante zona de acuíferos, el crecimiento del AMSS está reduciendo la recarga de los mismos y la expansión de la mancha urbana sobre zonas de mediana a alta permeabilidad. De este modo, la expansión del AMSS no sólo aumenta la demanda de agua, sino que simultáneamente reduce la capacidad local de abastecimiento. Como resultado de esa dinámica, en los ochenta fue necesario explotar acuíferos fuera del AMSS cerca de la ciudad de Quezaltepeque (Proyecto Zona Norte) y en los noventa, recurrir por primera vez al uso de aguas superficiales provenientes del río Lempa. De esta manera, mientras que en los setenta, el AMSS se autoabastecía a partir de los acuíferos locales, para el 2002, de acuerdo con ANDA, ellos suministraron únicamente el 35% del agua para el AMSS, mientras que el río Lempa, el Proyecto Zona Norte y el sistema Guluchapa suministraron el 36%, 21% y 8%, respectivamente.

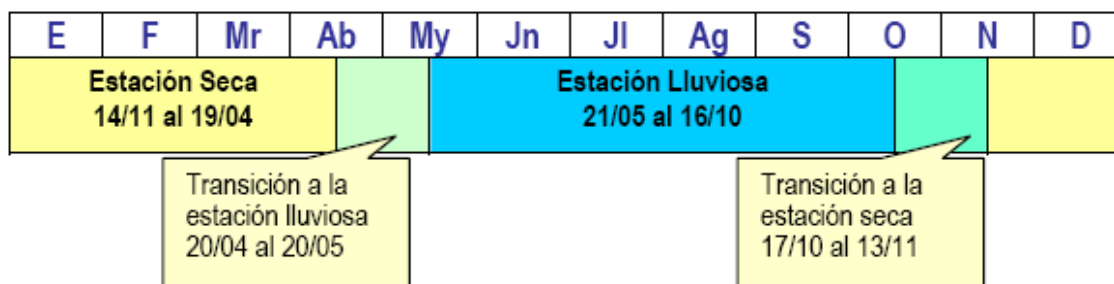
Adicional a los problemas de contaminación y deterioro de los cauces naturales, la CARL está sobre-explotada en la actualidad, ya que como se verá más adelante, las extracciones de agua (subterránea), sobrepasan la capacidad de la cuenca para mantener los flujos para la recarga de los acuíferos. Esto significa que el desarrollo productivo para la cuenca está en su punto crítico y no es posible una expansión principalmente para actividades altamente demandantes de agua.

4.2 Presupuesto Hídrico.

4.2.1 Estimación de la oferta total en la Cuenca Alta del Río Lempa.

La particularidad de la vertiente Pacífica donde se encuentra la Cuenca Alta del Río Lempa es que las lluvias se distribuyen fundamentalmente entre los meses de mayo a octubre (estación lluviosa), mientras que de noviembre a abril las lluvias escasean (estación seca), con dos periodos de transición, como se aprecia en el Gráfico 4.7.

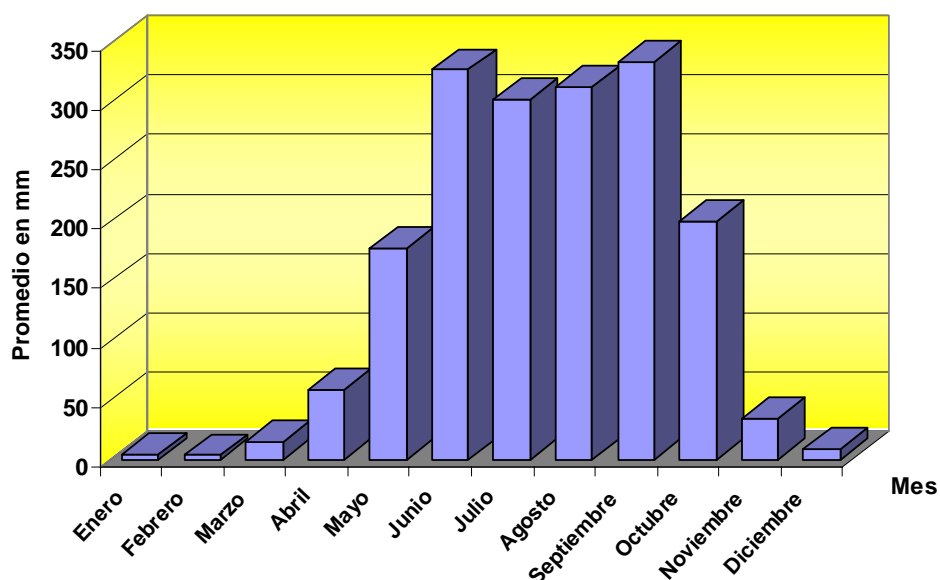
Gráfico 4.7. Distribución mensual de la Precipitación en la Cuenca Alta del Río Lempa.



Fuente: PNODT, 2001c.

Del análisis de 87 estaciones meteorológicas con datos de precipitación media mensual se corrobora la estacionalidad de la distribución de las precipitaciones, correspondiendo un 72% a los meses entre junio y septiembre y el 28% a los ocho meses restantes (Gráfico 4.8). Cabe resaltar que la precipitación promedio para los meses entre diciembre y abril es de 33 mm, lo que corresponde solo el 1.8% de la precipitación total anual.

Gráfico 4.8. Variación de la precipitación media mensual para 87 estaciones meteorológicas en la Cuenca Alta del Río Lempa.



Fuente: Datos de 87 estaciones meteorológicas reportadas por CATIE (2001)

Con el fin de realizar una estimación de la precipitación en la CARL, se utilizaron los datos promedio anuales de 87 estaciones meteorológicas (Anexo 4.1) reportadas por CATIE *et. al* (2001). Con ellas se elaboró un modelo de precipitación media anual en celdas de 15m x 15m para superficie total de la cuenca, el cual brinda una precipitación media anual de 1,785 mm¹⁴ con una desviación estándar de 211 mm, de modo que el rango donde se concentran las precipitaciones varía desde 1,574 mm a 1,996 mm anuales. Sin embargo, la precipitación mínima que se encuentra en la cuenca es de 1,144 y la máxima de 2331 mm anuales (Mapa 4.6). Utilizando el promedio de precipitación de la cuenca y aplicando la ecuación 3.1 se obtiene la oferta total calculada en 10,823.51 mill.m³/año de agua.

¹⁴ Un milímetro de lluvia equivale a un centímetro de profundidad en una superficie de un metro cuadrado.

4.2.2 Estimación de la oferta disponible para la demanda social.

Debido a que la estimación de la evapotranspiración real depende de la evapotranspiración potencial, ha sido necesario estimar esta última basada en los registros mensuales y anuales del SNET, en un período de 1970 a 2001 (Anexo 4.2). Dicha información se basa en mediciones de evaporación en tanques para cada estación meteorológica y en los registros históricos de brillo solar. Las estimaciones se realizan por medio de la fórmula de Hargreaves, usando datos de latitud, temperatura y lluvia. Los resultados dan un evapotranspiración potencial media de 1,680 mm/año, con un mínimo de 1,284 mm/año y un máximo de 1,980 mm/año.

A partir de los datos anteriores y aplicando la ecuación 3.4, fue posible estimar la evapotranspiración real media en 1,185 mm/año. Este dato equivale al 66.4% de la precipitación media en la cuenca.

La oferta disponible en la CARL se compone de dos fuentes principales: la que proviene de la precipitación anual y la que aporta anualmente el humedal “Cerrón Grande” a través del embalse del mismo nombre. Ambos aportes tienen un nivel de vulnerabilidad tanto por los cambios ambientales impredecibles en el caso de la precipitación, como por los niveles de aprovechamiento de la represa en la generación de energía por parte de CEL.

En el caso de la oferta proveniente de la precipitación anual, se estima como la diferencia entre los niveles de precipitación y la evapotranspiración real. Una vez estimada esta última en la CARL, de aproximadamente 7,201.12 mill.m³/año, y aplicando la ecuación 3.2 se determina que la oferta natural disponible (escorrentía total) en la cuenca es de 3,638.15 mill.m³/año. Este volumen representa el total disponible para usar de manera sostenible el recurso hídrico en la cuenca. Es de esperar que una utilización por encima de este nivel llevará al agotamiento de dicho recurso y que solo será una cuestión de tiempo que dependerá

del ritmo de explotación al que se someta el recurso. Por otra parte, el aporte mínimo¹⁵ del humedal Cerrón Grande es de 2,200.62 mill.m³/año, que es usado fundamentalmente en la generación de energía hidroeléctrica para todo el territorio salvadoreño. Por lo tanto, la oferta disponible se incrementa a 5,838.77 mill.m³/año (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Oferta disponible en la Cuenca Alta del Río Lempa

Fuente de la oferta	Volumen Mil.m³/año
Natural de precipitación	3,638.15
Humedal “Cerrón Grande”	2,200.62
Total	5,838.77

De la escorrentía total, parte se infiltra para la recarga de potencial de acuíferos y el resto escurre superficialmente. Para la estimación de la recarga hídrica esperada, cuyo valor es de 114.01 mill.m³/año, lo que equivale al 1.1% de la precipitación total en la cuenca. Para la estimación de la recarga, se consideró que 12% de la precipitación es interceptada por el follaje y que se evapora, mientras que del 88% restante, un 66% se espera que infiltre de acuerdo con la metodología de Schosinsky y Losilla (2000). De este 66%, una parte es demandada por el sistema natural a través de la evaporación y la transpiración de las plantas y la otra parte se espera que recargue. Del 34% restante que se espera que quede en la superficie, se consideró una evaporación nula. Con base en estos datos, el volumen de recarga estimado representa un mínimo para la CARL. La porción de escorrentía media superficial es de 581.2 mm/año. Cabe resaltar la importancia de tener los elementos del balance hídrico de tal forma que permita establecer relaciones críticas, como lo es la ubicación de las zonas de recarga y el crecimiento poblacional y de infraestructura, para poder definir el impacto sobre la disponibilidad tanto en calidad como en cantidad del recurso agua.

¹⁵ Se considera aporte mínimo ya que este volumen es el que se utiliza anualmente para la generación de energía eléctrica en la estación del Cerrón Grande; sin embargo, en el sistema hidroeléctrico del río Lempa, la capacidad de almacenaje de este humedal, aumenta la producción eléctrica en las presas 5 de Noviembre y 15 de Septiembre (Panayotou, *et.al*, 1997).

4.2.3 Estimación de la demanda social.

La estimación está basada en la información obtenida a través de los registros de ANDA, informes del PNODT y en la información aportada por el PLAMDARH para la región de la CARL. A partir de estos registros se determinó el total anual del agua explotada por fuentes privadas. Dada la información disponible se hizo una cuantificación, por Departamento, separando la demanda de agua rural y urbana (Anexo 4.3).

De acuerdo a los resultados, la demanda social total estimada aplicando la ecuación 3.13 es de 11,301.67 mill.m³/año. Del volumen demandado, el 98.15% es consumo de aguas superficiales y 1.85% proviene de aguas subterráneas. El mayor consumo se da en el sector hidroeléctrico, que tiene como base de la producción de energía eléctrica el caudal del río Lempa. Sin embargo, el uso del agua que realiza el sector hidroenergético no es considerado como una extracción del recurso que afecta su disponibilidad en los otros sectores (agrícola, doméstico, industrial y comercial), por esa razón se ha decidido no incluir el consumo hidroenergético dentro de la demanda para las actividades humanas definidas en el presupuesto hídrico. Como resumen de la oferta y demanda hídrica estimada, se presenta el Cuadro 4.12 sobre el presupuesto hídrico de la CARL.

Este Cuadro ilustra la situación actual de la cuenca y advierte de un superávit estimado en 3,268.03 mill.m³/año. Sin embargo, el número negativo señala la existencia de un déficit ya que como se puede observar, se presenta una demanda social reportada de agua subterránea que excede la oferta disponible en 95.39 mill.m³/año, lo que hace pensar que se está sobreutilizando este recurso. Por su parte, en lo que respecta al agua superficial, es necesario indicar que hay un superávit importante de acuerdo a la información disponible; sin embargo, hay que señalar que la información registrada por las instituciones no contempla la totalidad de las concesiones en uso, lo cual obliga a inventariar todas las fuentes que están siendo aprovechadas actualmente, con el fin de conocer exactamente la demanda del recurso, tanto superficial como subterráneo en la Cuenca Alta del Lempa.

Cuadro 4.12. Presupuesto hídrico para la Cuenca Alta del Río Lempa

	Volumen Mill.m³/año
<u>Oferta</u>	
Total	10,823.51
Disponibile	3,638.15
Agua superficial	3,524.16
Natural	3,524.16
Recarga esperada	114.01
<u>Demanda</u>	
Total	7,555.47
Evapotranspiración	7,185.35
Actividades humanas	370.12
Agua Superficial	160.72
Agua Subterránea	209.40
<u>Excedente disponible</u>	
Agua Superficial	3,363.44
Agua Subterránea	-95.39

4.3. Valoración económico-ecológica del servicio ambiental hídrico.

4.3.1 Valor de Captación.

En la cuenca alta del río Lempa existen 111,733.26 ha de bosque, de acuerdo con el mapa de uso y cobertura (Mapa 4.3). Como se observa en dicho mapa, la siguiente cobertura en importancia es la de actividades agrícolas, lo que indica que esta es la actividad que está compitiendo con la disponibilidad de bosque. La superficie boscosa deberá ser compensada por el costo de oportunidad que significa el no usarla en agricultura, y por lo tanto, dicha compensación es la que garantizaría la posibilidad de que se mantenga el uso del suelo bajo bosque. Esta es la superficie que será considerada en la estimación del valor de captación hídrica, dado que los esfuerzos de conservación estarán orientados a mantener la disponibilidad de bosque.

La estimación del costo de oportunidad se basó en los beneficios netos de la actividad agrícola. En el análisis se consideró la agricultura basada en cuatro cultivos (maíz, frijol, arroz y sorgo), por lo tanto el beneficio neto de la actividad se estimó a través del promedio ponderando de las utilidades en cada uno de los cultivos, basándose en la superficie sembrada de cada uno de ellos (Cuadro 4.13), lo que genera un beneficio de \$106.0/ha/año. Se usará este valor como costo de oportunidad en el cálculo del valor de captación hídrica del bosque, al cual habría que añadir el costo respectivo de la administración y atención del bosque, que para efectos de este estudio se consideró de \$114.86 con base en un estudio de Alarcón (2001), para determinar los costos de un menú de prácticas enmarcadas en el “manejo integrado de tierras”, en la actualidad las más recomendadas y de mayor aceptación por los productores; donde para el tercer año en un sistema en bosquetes se tiene este valor y se considera constante para el resto de los años. Dada esta característica, se asume que la atención y cuidado del bosque podría tener un valor similar.

Cuadro 4.13. Estimación del Costo de Oportunidad basado en los beneficios netos de la actividad agrícola en la Cuenca Alta del río Lempa.

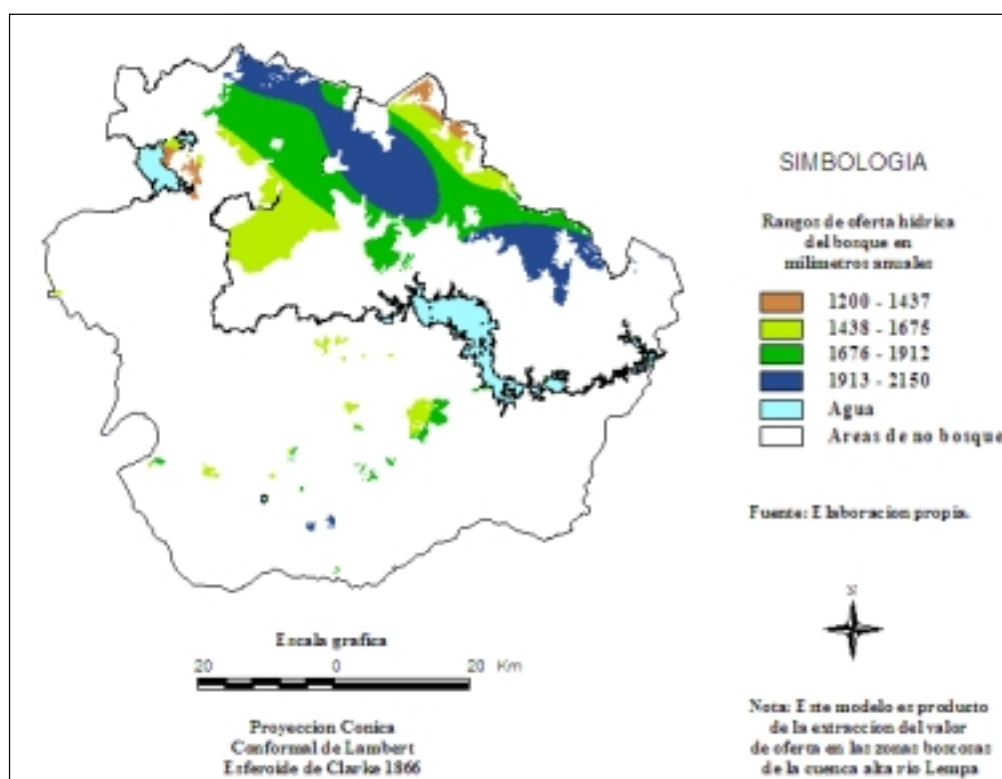
Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento (qq/ha)	Costo (\$/ha)	Precio (\$/qq)	Ingreso (\$/ha)	Beneficio (\$/ha)	Costo de oportunidad por cultivo (\$)
Maíz	81,818.18	54.36	459.04	11.29	613.72	154.68	12,655,996.08
Frijol	41,818.18	19.70	517.57	31.00	610.70	93.13	3,894,527.10
Arroz	3,951.05	143.61	1,151.02	9.50	1364.30	213.28	842,660.19
Sorgo	36,433.57	38.80	358.69	9.24	358.51	-0.18	-6,485.19
TOTAL	164,020.98						17,386,698.2

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas publicadas por la DGEA/MAG (2001 – 2002) y PNOTD (2001b).

Por otro lado, para conocer la importancia que tiene el bosque en la captación hídrica se utilizó la información generada a través de una encuesta (Anexo 4.4) al sector residencial del Área Metropolitana de San Salvador (Herrador y Dimas, 2001). Con base a los resultados de la encuesta, prácticamente el 80% de la población cree en la importancia de conservar la cobertura vegetal del suelo para la protección y consecuente provisión de agua. Sin embargo, si se consideran todos los posibles servicios ambientales generados por el bosque (protección hídrica, fijación de gases, protección de la biodiversidad, belleza escénica, evitar desastres

naturales, etc.) se estima que la población asignaría aproximadamente un 40% a la importancia de conservar el recurso forestal para lograr disponibilidad hídrica en términos de cantidad y calidad hídrica¹⁶. El porcentaje considerado representa la proporción del costo de oportunidad que debe ser compensado por los usuarios del agua en los distintos sectores a los dueños de la tierra involucrados en la protección de bosques. Según el costo de oportunidad estimado, dicha proporción equivale a \$88.34/ha/año que deberá ser compensado por los usuarios del recurso hídrico. Por otro lado, se estimó el volumen hídrico que es captado por la cobertura forestal en la cuenca, cuyo resultado es de 1,993.59 mill.m³/año (Mapa 4.6).

Mapa 4.6. Volumen hídrico captado en la cobertura de bosque en la Cuenca Alta del Río Lempa.



¹⁶ Como parte de la metodología se sugiere realizar consultas a expertos en caso de que no se disponga de una encuesta del sector residencial atendido por ANDA. En este sentido se hizo la consulta a Gerardo Barrantes Master en Política Económica con énfasis en Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica, es el Director General del IPS en Costa Rica.

Con los datos anteriores y aplicando la ecuación 3.16, se obtiene un valor de captación (VC) de \$0.005/m³. Este valor comprende solamente la productividad del bosque desde el punto de vista del servicio ambiental hídrico. Es decir,

$$VC = \frac{0.40 * 220.34 * 111733.27}{1993590000} = 0.005$$

4.3.2 Valor de restauración de bosques.

En la CARL existen 289,904 ha de superficie de suelo sobre-utilizadas, ya que la actividad que se desarrolla en esas zonas sobrepasan las capacidades que en conjunto el suelo, clima y vegetación pueden soportar, causando un considerable deterioro ambiental. Con base al Mapa 4.5, se calculó la superficie de suelo de aptitud forestal que han sido cambiadas de bosque a uso agrícola, la cual es de 193,686 ha. Por tanto, esta es el área a restaurar con el fin de mejorar el régimen hídrico en la cuenca y, con ello, la disponibilidad de agua en la región que comprende la cuenca. De manera indirecta se benefician otros factores ambientales que también son de importancia para la población, tales como la conservación de la flora y fauna, la protección de suelos, protección contra inundaciones, etc. El mejoramiento de estas condiciones favorece una mayor capacidad de desarrollo para las zonas rurales que por escasez de agua enfrentan serios problemas productivos y sociales.

El valor de restauración de la CARL en las superficies de aptitud forestal que han sido degradadas por el cambio de uso del suelo, está asociado con los costos de desarrollar las distintas actividades requeridas para lograrlo. Estos costos comprenden todos los gastos anuales que deben realizarse en salarios, reforestación, gastos administrativos, gastos de mantenimiento en infraestructura y equipo, y otros gastos asociados. Asumiendo un período de tres años para llegar a tener un sistema de restauración relativamente consolidado, el costo total es de \$822.40/ha/año (Alarcón, 2001). De estos costos totales, el 70.3% se invierte el primer año de operación del sistema, a partir del cual se reduce hasta llegar a un monto

relativamente fijo para los años del segundo en adelante, ya que se asocian con costos de mantenimiento solamente (Cuadro 4.14).

Para el calculo del valor de restauración se tomó en cuenta la capacidad de captación hídrica de la cuenca que es de aproximadamente 1,993.59 mill.m³/año; la ponderación del 40% asignado al bosque en función del agua; y la superficie en conflicto de uso del suelo. De acuerdo a las estimaciones hechas por Alarcón (2001), los costos del sistema empleado para el primer año son de \$577.83/ha, a lo que habría que añadir la rentabilidad de la agricultura estimada en \$102.37/ha/año.

De este modo y aplicando la ecuación 3.17 se obtiene un valor de protección de \$0.0264/m³. Es decir,

$$VP = \frac{0.40 * 680.20 * 193,686}{1,993,590,000} = 0.0264$$

Cuadro 4.14. Estimaciones de costos para la protección y recuperación de cuencas asociados con prácticas agrícolas. Sistema en Bosquete (\$/ha).

Año	Costo Total (\$)	%
1	577.83	70.3
2	129.71	15.7
3	114.86	14.0
Total	822.40	

Elaboración propia, con base en los datos de Alarcón (2001)

Dicho valor debe mostrar un comportamiento de disminución en los siguientes años, debido a una disminución en los costos de reforestación en este período. Después de los tres años, el costo tiende a mantenerse constante, relacionándose, fundamentalmente, con los costos de mantenimiento de las áreas reforestadas. Por lo tanto, a partir del tercer año, se debe mantener un valor de protección constante en el modelo tarifario por un período previamente definido. Lo anterior obliga a establecer una tarifa hídrica ambientalmente ajustada que permita los cambios respectivos en los montos conforme se disminuyen los gastos de restauración.

4.3.3 Valor del agua como insumo de la producción.

El agua es un insumo más en los procesos productivos de las distintas actividades económicas, por lo cual debe contar con un precio que refleje su escasez relativa. La estimación de este precio está dada de acuerdo a los usos domésticos, industriales, comerciales, agrícolas y generación de hidroenergía. En el caso del sector doméstico, el valor del agua como insumo puede establecerse para un nivel de consumo superior al promedio en los Departamentos dentro de la CARL, asumiendo que por encima de ese nivel el consumo puede ser considerado suntuario y, por lo tanto, estar dispuesto a pagar un poco más por dicho consumo.

4.3.3.1 Valor del agua en la generación de energía hidroeléctrica.

En la CARL existe un aprovechamiento a gran escala del agua en la producción de hidroenergía, por lo que es relevante estimar un valor del agua dado que es el principal insumo de la producción de este sector. Para tal efecto, se consideró el costo de producción (\$/Kwh) bajo distintas fuentes de producción de energía en El Salvador para el año 2002 (hidroenergía, térmica y geotérmica). Según los datos¹⁷, la producción de hidroenergía es la más barata con un costo de \$0.023/kwh, seguido de la geotermia con \$0.05/kwh. La energía térmica que es la siguiente alternativa de mayor inyección, no la siguiente más barata, tiene un costo de \$0.06/kwh. La producción media de hidroenergía es de 0.12 kwh/m³. Aplicando la ecuación 3.19 se estimó que el valor del agua es de \$0.0033/m³ si la siguiente alternativa de producción de energía considerada es la geotérmica, mientras que si se considera la producción de energía térmica, el valor del agua sería de \$0.0046/m³. Para efecto de las estimaciones del valor promedio del agua para los sectores se consideró el valor menor, que corresponde a la producción con geotermia.

17 Debido a que el subsector de Electricidad se encuentra actualmente privatizado en El Salvador, los costos exactos de generación de energía eléctrica en centrales térmicas y geotérmicas no están disponibles, por lo que se utilizaron datos aproximados en base a los documentos denominados "Proceso de modernización y liberación del subsector energía eléctrica en El Salvador" (Söderberg, 2001) y "Estudio para la Evaluación del Entorno del Proyecto Geotérmico Binacional "Tufiño-Chiles-Cerro Negro" (Coviello, 2000)

4.3.3.2. Valor del agua en el sector agropecuario.

El sector agropecuario en la CARL depende de la disponibilidad de agua en la región para el desarrollo de las distintas actividades. Un punto importante a tomar en cuenta es que en esta región se encuentran dos de los tres Distritos de riego que funcionan en el país (Zapotitán y Atioco). Para estimar el valor del agua se consideró la información disponible en estos Distritos de riego, para un conjunto de actividades agrícolas, principalmente granos básicos y caña de azúcar.

En el año 1981, como parte de la elaboración del Proyecto PLAMDARH, se calculó un promedio del agua utilizada en los principales cultivos bajo riego; así, en arroz se utilizan aproximadamente 11,176 m³/ha/año, para caña de azúcar 9,773 m³/ha/año y para pastos 12,492 m³/ha/año, entre otros.

El rendimiento por hectárea de estos cultivos, sin riego, era de 4.5 Tm para arroz, 83.32 Tm para caña y 0.95 Tm para pastos. Mientras que bajo riego, el rendimiento por hectárea de arroz pasaba a 5.85 Tm, la caña a 90 Tm, y los pastos a 1.42 Tm. Es decir, el cambio de productividad por hectárea de arroz era de 1.35 Tm, el de caña de 6.68 Tm y para pastos de 0.47 Tm.

El Cuadro 4.15 muestra las mismas cifras para otros cultivos. Aplicando la ecuación 3.21 y empleando el promedio ponderado del valor del agua para cada cultivo con base en el volumen de riego utilizado, el valor final del agua en agricultura es de \$0.0054/m³.

Cuadro 4.15. Datos sobre actividades agrícolas bajo riego en la Cuenca Alta del Río Lempa, (2002).

Cultivo	Rendimiento anual (Tm/ha/año)		Agua usada m ³ /ha/año	Producción Kg/m ³	Costo de Producción \$/Kg	Precio producto \$/Kg	Valor del agua \$/m ³
	Secano Q _s	Riego Q _r	V _r	(Q _r - Q _s)/V _r	C	P	(P-C)*(Q _r - Q _s)/V _r
Maíz	2.47	4.29	2,700.00	0.67374	0.1858	0.2484	0.0422
Frijol	0.90	1.30	9,600.00	0.04214	0.5780	0.6820	0.0044
Arroz	4.50	5.85	11,176.42	0.12079	0.1763	0.2090	0.0039
Sorgo	1.76	1.95	8,784.00	0.02122	0.2034	0.2033	-0.0000021
Caña de azúcar	83.32	90.00	9,772.62	0.68354	0.0120	0.0186	0.0045
Pasto jaragua	0.95	1.42	12,491.70	0.03762	0.1621	0.2696	0.0040
Total			54,524.74				

Fuente: Elaboración propia con base en Estudios sobre demanda de agua en la región A del PLAMDARH (GOES/PNUMA, 1981). Costos y Precios tomados del anuario de DGEA/MAG, 2001-2002.

4.3.3.3 Valor del agua en el sector doméstico.

En el sector doméstico, por lo general, el agua es para consumo humano y para los quehaceres básicos de la familia. Sin embargo, a cierto nivel de demanda el agua es usada por las familias para otros fines que pueden ser considerados como la generación de un servicio, como la disponibilidad de piscinas, riego de jardines, lavado de carro, etc. Es por eso, que aunque en el sector doméstico no se produce un bien o servicio para el mercado, si hay un precio para disfrutar de estos bienes y servicios en caso de no disponerlos en la familia. Por lo tanto, parece justificable la asignación de un precio para el agua como insumo de la producción en el sector doméstico después de cierto nivel de consumo.

Para la estimación del valor del agua en el sector doméstico, se consideró la demanda de agua potable, la tarifa promedio actual y un nivel de elasticidad precio de la demanda de -0.25^{18} . Además, se consideró una tasa de crecimiento de 2.1% para el sector doméstico en los Departamentos que incluye la CARL. La estimación se realizó para el AMSS y para la zona rural y urbana de dichos Departamentos, aplicando la ecuación 3.25 se calculó el excedente

18 La elasticidad puede obtenerse usando datos sobre precios y consumo, o bien adoptar un parámetro estimado para otra población con características similares. Para este estudio se tomó el valor de -0.25 basado en el estudio realizado por Barrantes y Vega (2002) en la Región de Chorotega, Provincia de Guanacaste, Costa Rica; dado que los patrones de consumo en esta región y en la del presente análisis son muy similares, y ambas poblaciones responden de manera parecida a cambios en las tarifas de agua potable.

del consumidor (total y por metro cúbico) para cada una de las áreas, obteniéndose un valor de \$0.0094/m³; \$0.0058/m³ y \$0.0065/m³, respectivamente (Cuadro 4.16).

Cuadro 4.16. Valor del agua en el sector doméstico de la Cuenca Alta del Río Lempa.

Área	Consumo (m ³ /mes)		Precio (\$/m ³)		Elasticidad	Parámetro k	Tasa de crecimiento Poblacional	Parámetro k ₁	Excedente	
	Q ₁	Q ₂	P ₁	P ₂					Total	\$/m ³
Metropolitana	35.5	36.6	0.29	0.30	-0.25	26.05	0.021	26.60	0.0052	0.0094
Rural	12.3	12.49	0.18	0.184	-0.25	8.01	0.021	8.18	0.001	0.0058
Urbana	32.1	32.6	0.20	0.204	-0.25	21.47	0.021	21.92	0.003	0.0065

Fuente: elaboración propia con base a registros de consumo y costos de los sistemas de acueducto residencial en El Salvador, elaborados por ANDA, 2002.

Estos valores sirven de referencia para el ajuste de tarifas en estos sectores. Sin embargo, es necesario considerar que el valor del agua debe ser uno sólo, y que las diferencias de valor entre los sectores deberían obedecer a otros factores que se atienden por políticas redistributivas. En este sentido, el promedio ponderado es un valor más apropiado y equivale a (Cuadro 4.17). Este valor puede ser aplicado a las tarifas que se cobran a las Instituciones del Gobierno, Autónomas, Municipales y Comunidades marginales, en caso de requerirse.

Cuadro 4.17. Promedio ponderado del valor del agua en el sector doméstico.

Sector	Demanda m ³ /año	Precio \$/m ³
AMSS	141,053,100	0.0094
Doméstico Rural	1,312,607	0.0058
Doméstico Urbano	63,697,200	0.0065
Total	206,062,907	0.0088

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.4 Valor del agua en el sector industrial y comercial

En cuanto a los sectores industrial y comercial, el agua es usada para la producción de otros bienes y servicios que tienen un precio en el mercado. Aquí se incluyen algunas industrias, comercios, hoteles, tiendas, etc. Sin embargo, este precio no incorpora un valor para el agua, sólo el costo del suministro del servicio de agua que brindan los administradores de acueducto, tales como ANDA, Acueductos rurales, Municipalidades, etc.

Para la estimación del valor del agua en estos sectores se consideró la demanda de agua del año 2002 y las tarifas existentes en ANDA, una elasticidad precio-demanda de -0.3% (la demanda de agua es inelástica con respecto al precio; es decir, por cada 1% de cambio en el precio, la demanda se reduce 0.30%) y una tasa de crecimiento de estos sectores de 1.8% y 1.9%, para el sector industrial y comercial, respectivamente.

Cuadro 4.18. Valor del agua en los sectores industrial y comercial de la Cuenca Alta del Río Lempa.

Sector	Consumo (m ³ /mes)		Precio (\$/m ³)		Elasticidad	Parámetro k	Tasa de crecimiento Poblacional	Parámetro k ₁	Excedente	
	Q ₁	Q ₂	P ₁	P ₂					Total	\$/m ³
Industria	264	266.7	0.48	0.49	-0.30	211.82	0.018	215.64	0.024	0.0086
Comercio	44.7	45.24	0.47	0.48	-0.30	35.64	0.019	36.32	0.005	0.0097

Fuente: elaboración propia con base a registros de consumo y costos de los sistemas de acueducto industrial y comercial en El Salvador, elaborados por ANDA, 2002.

La estimación se realizó para el AMSS¹⁹ y bajo esta consideración se estimaron los modelos respectivos utilizando un promedio de consumo de agua (m³/mes) y aplicando la metodología ya expuesta. A partir de estos modelos se calculó, a través de la ecuación 3.25, el excedente del consumidor (total y por metro cúbico) para el área central, obteniéndose un valor del agua de \$0.0086/m³ y \$0.0097/m³, para el sector industria y comercio respectivamente (Cuadro 4.18).

Aunque los valores obtenidos en cada sector, incluyendo el doméstico, podría servir de referencia para la estimación de las tarifas, el agua es un insumo que no debe ser considerado de manera diferente por los consumidores. Para evitar esa diferencia, se estima un único valor para el agua como insumo de la producción, calculando un promedio ponderado que involucra todos los sectores. Este valor puede ser generalizado en la aplicación de un ajuste de tarifas en la región de la CARL. El valor del agua como insumo, en promedio es de \$0.0085/m³ (Cuadro 4.19).

¹⁹ Se tomará como referencia el Área Metropolitana de San Salvador, ya que según Chávez y Cañas (1999), el 66% de las industrias que ocupan entre 1 y 4 personas y el 93% de las empresas que ocupan más de 100 personas están en la región central del país.

A pesar del valor promedio obtenido para todos los sectores, puede ser más representativo utilizar los datos diferenciados de acuerdo a los resultados obtenidos en los Cuadros 4.16 y 4.18, dado que el mayor consumo es en el sector residencial y su impacto en el promedio global hace que el valor del agua en la industria y el comercio resulte bajo. De cualquier manera, dichos valores representan parámetros máximos a considerar en la incorporación del valor del agua como insumo dentro de la tarifa.

Cuadro 4.19. Valor del agua como insumo en los distintos sectores económicos de la Cuenca Alta del Río Lempa.

Sector	Demanda m³/año	Precio \$/m³
Doméstico AMSS	141,053,100	0.0094
Doméstico Rural	1,312,607	0.0058
Doméstico Urbano	63,697,200	0.0065
Industria	1,554,100	0.0086
Comercio	9,564,300	0.0097
Total	217,181,307	0.0085

4.3.3.5 Valor final del agua como promedio de los distintos sectores.

Dado que el agua es un bien homogéneo, se espera que manifieste un único valor sin importar el uso que se le dé. Las diferencias, si es que se quieren establecer, responderían a un conjunto de políticas previamente definidas, pero que no hacen referencia al valor del agua como insumo de la producción. Con base a la demanda de agua en los distintos sectores y a los valores particulares obtenidos, se aplicó la ecuación 3.26 y se estimó que el promedio ponderado es de \$0.0047/m³ (Cuadro 4.20). En términos generales, este valor es el que aplicaría dentro de un ajuste ambiental de tarifas hídricas para la CARL.

A pesar de la estimación promedio hecha para el agua, se ha decidido usar los valores particulares estimados en cada sector, excepto el doméstico, para asignarlo en el ajuste de la tarifa. Lo anterior debido a que se asume que el valor agregado en los distintos sectores es diferente, tal es el caso del sector industrial y comercial.

Cuadro 4.20. Valor del agua como insumo de la producción para la Cuenca Alta del Río Lempa.

Sector	Demanda Mill.m ³	Precio \$/m ³
Doméstico	206.063	0.0088
Industrial	1.554	0.0086
Comercial	9.564	0.0097
Agropecuario	116.640	0.0054
Hydroenergía	10,931.547	0.0046
Total	11,265.368	0.0047

4.3.4 Costos de tratamiento de agua post-servicio

Las tarifas establecidas para el costo de tratamiento, están determinadas por el servicio de alcantarillado que brinda ANDA. Con base en la tarifa establecida para la Institución, los costos promedio para el tratamiento de aguas post servicio se presentan en el Cuadro 4.21.

Cuadro 4.21. Costos de tratamiento de aguas post servicio.

Categoría	Valor ²⁰ (\$/m ³)
Domiciliaria	0.089
Comercio	0.192
Industria	0.189

Fuente: Elaboración propia.

Los datos se han estimado por metro cúbico considerando la medición promedio de cada categoría de usuario. No obstante, estos valores sólo corresponden al servicio de alcantarillado sanitario, y no a algún tratamiento del agua efectivamente realizado. Es decir, sólo corresponden a la conducción de las aguas servidas para ser depositadas en los drenajes naturales (ríos) sin ser tratadas.

¹⁹ Con base en los datos de ANDA, la tarifa del servicio de alcantarillado sanitario está incorporada en la tarifa por el servicio de agua potable, y representa el 40% de ésta para cada categoría de usuario.

Para el cálculo del volumen de agua que se descarga a los afluentes naturales en la CARL, se tomó como referencia el flujo de aguas negras producido en el AMSS, por ser el que genera los mayores impactos en la calidad de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, en el área de estudio. Este valor se estima en $4\text{m}^3/\text{seg}$, lo que produce $124.416\text{ mill.m}^3/\text{año}^{21}$.

Para efectos de la estructura tarifaria que se discute más adelante, el costo de tratamiento representa un componente más, al igual que el valor de captación, el de protección y el del agua como insumo. La finalidad es crear un mecanismo tarifario que permita el financiamiento de plantas de tratamiento de agua post servicio, promoviendo así, medidas orientadas a la conservación del recurso y a la posibilidad de incrementar la oferta disponible actual, cuya utilidad puede ser importante en sectores como industria y agricultura.

4.3.5 Margen ahorro-inversión ambiental.

El margen de ahorro-inversión es un componente en el ajuste de la tarifa hídrica cuyo fin es la de garantizar disponibilidad financiera para la atención de imprevistos que afecten el flujo del recurso hídrico hacia los diferentes sectores. Dichos imprevistos se relacionan con el daño a infraestructuras debido a inundaciones u otros desastres, disminución crítica de la oferta hídrica por cualquier eventualidad, entre otras afectaciones. Se propone un porcentaje del valor de captación, de restauración y del agua como insumo de la producción, como una primera aproximación. En este caso en particular, la tasa podría ser el equivalente al 3% de estos valores mencionados.

²¹ Tomado del Diagnostico realizado por el PNODT sobre Infraestructura Hidráulica en El Salvador (2001d).

4.4 Análisis de respuesta de oferentes y demandantes del servicio ambiental hídrico.

4.4.1 Demandantes del servicio ambiental hídrico: Sector Residencial.

Para abordar el análisis de los principales actores en la demanda del servicio ambiental hídrico, se consideró únicamente al sector residencial como el principal demandante. Para ello se tomó como referencia el estudio realizado por Herrador y Dimas (2001), denominado “Valoración Económica para el agua del Área Metropolitana de San Salvador”.

4.4.1.1 Selección de la muestra

Para la selección de la muestra en el sector residencial, se consideraron a las familias que habitan los municipios del AMSS que reciben agua proveniente del sistema Río Lempa, a saber: San Salvador, Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, Soyapango e Ilopango. La distribución de la población y el número promedio de familias de estos municipios se presenta en el Cuadro 4.22. La información suministrada por este cuadro representa la población “objetivo” del estudio, de la cual se obtuvo una muestra para luego agregar los resultados a todas las familias de estos seis municipios. La unidad estadística de interés es la familia, por lo que se tiene una población de 244,106.

Cuadro 4.22. Proyecciones de población total para los municipios atendidos por el Sistema Río Lempa.

Municipio	Población	Familias
San Salvador	479,605	95,921
Ayutuxtepeque	39,953	7,991
Mejicanos	189,392	37,878
Cuscatancingo	94,602	18,812
Soyapango	285,286	57,057
Ilopango	132,231	26,446
Total	1,220,259	244,106

Fuente: Herrador y Dimas, 2001

El número de familias a encuestar se escogió de manera que con una probabilidad del 96%, el error en las estimaciones de las proporciones de interés no superara el 4%. Dada la característica común de los municipios seleccionados de ser abastecidos por el sistema río Lempa, el diseño escogido para realizar el muestreo fue el aleatorio simple al azar, con fijaciones de cuotas proporcionales al número de familias de cada municipio. Sin embargo, como fueron muchas las variables que se analizaron en el estudio, fue necesario tomar como referencia un valor proporcional de 0.50 en la fórmula del tamaño mínimo de muestra. Este valor mínimo viene dado por:

$$n = \frac{\left(\frac{2.06 * 0.5}{0.05}\right)^2}{1 + \frac{1}{244,106} * \left(\frac{2.06 * 0.5}{0.05}\right)^2} = 424$$

El tamaño de muestra seleccionada fue de 430 familias; la distribución de la muestra entre los municipios abastecidos por el sistema río Lempa se muestra en el Cuadro 4.23.

Cuadro 4.23. Distribución de la muestra entre los municipios abastecidos por el sistema río Lempa.

Municipio	Población	Familias	Proporción	Distribución muestra
San Salvador	479,605	95,921	0.39	168
Ayutuxtepeque	39,953	7,991	0.03	15
Mejicanos	189,392	37,878	0.16	67
Cuscatancingo	94,062	18,812	0.08	34
Soyapango	285,286	57,057	0.23	100
Ilopango	132,231	26,446	0.11	47
Total	1,220,529	244,106	1.00	430

Fuente: Herrador y Dimas, 2001

Para que la recolección de información sea eficiente es necesario combinar distintas técnicas de muestreo estadístico, es así como en el municipio de San Salvador (479,605 habitantes) se consideró la necesidad de una estratificación de las familias en razón de sus niveles de ingreso mensual aproximados. Con base a esta clasificación, se procedió a una distribución de la muestra según la proporción de familias en cada estrato. En el Cuadro 4.24 se muestran los estratos que se crearon y el porcentaje de las familias incluidas en cada estrato.

Cuadro 4.24. Porcentaje de familias del municipio de San Salvador de acuerdo con el estrato “niveles de ingreso mensual” y distribución de la muestra (¢8.75 = \$1)

Estrato	Rango de ingresos	Porcentaje de Familias	Número de encuestas
Alto	Mayores de \$2,857.14	10	19
Medio	Entre \$342.88 y \$2,857.14	51	87
Bajo	Inferiores a \$342.88	39	67
Total		100	173

Fuente: Elaboración propia con base en la información de Herrador y Dimas, 2001.

4.4.1.2 Recolección de información

Para el proceso de recolección de información, el estudio contó con un equipo de profesionales expertos en el trabajo de aplicación de encuestas. Se desarrollaron dos pruebas previas a la encuesta definitiva. Con el objetivo de generar un instrumento de fácil entendimiento para la población objetivo, se diseñó la primera encuesta con formato abierto, para ser aplicada a grupos focales. Con base en los resultados obtenidos con esta primera encuesta, se diseñó una segunda encuesta (formato subasta), la cual fue aplicada como encuesta piloto a una submuestra tomada al azar (Herrador y Dimas, 2001).

La recolección definitiva de la información se realizó en el período comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2000. La encuesta definitiva (Anexo 4.4) tuvo un formato dicotómico para determinar una serie de montos (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 y 100 colones²²) distribuidos proporcionalmente entre el número de encuestas a aplicar a la muestra.

4.4.1.3 Revisión, codificación, digitación y procesamiento de la información.

Para la estimación de la muestra se utilizó los paquetes estadísticos *Sample Size Calculator* y *Stats* versión 1.1. Asimismo, los datos de población para el AMSS fueron estimados a partir de los Censos Nacionales V de Población y IV de Vivienda (Herrador y Dimas, 2001).

²² ¢8.75 = \$1

4.4.1.4 Principales resultados del estudio.

El total de encuestas realizadas fue de 430, cuya distribución se muestra en el Cuadro 4.25 y 4.26. Como se observa, hubo una distribución poco homogénea de la población encuestada, basados en la estratificación con base al nivel de ingreso mensual para el municipio de San Salvador y el resto de municipios.

Cuadro 4.25. Distribución de la encuesta definitiva de acuerdo a Barrios según municipios.

Municipio	Barrio	Número de Encuestas
Ayutuxtepeque	Distrito Central	7
	El Zapote	3
	Los Llanitos	4
	Sub total	14
Mejicanos	Distrito Central	22
	Changala	13
	San Roque	12
	Zacamil	18
	Sub total	66
Cuscatancingo		14
		14
	Sub total	33
Soyapango	Distrito Central	25
	Buena Vista	25
	El Limón	17
	El Tránsito	4
	El Matazano	18
	Prusia	10
	Sub total	99
Ilopango	Distrito Central	18
	Apulo	5
	San Bartolo	18
	Santa Lucía	5
	Sub total	46
Total		257

Fuente: Herrador y Dimas, 2001.

Cuadro 4.26. Distribución de la encuesta definitiva de acuerdo a Barrios y según el estrato correspondiente. Municipio de San Salvador.

Municipio	Estrato	Barrio	Numero de encuestas
San Salvador	Estrato Alto	Lomas verdes	3
		Col. Escalón	4
		Col. San Benito	4
		Col. Las Mercedes	4
		Col. San Francisco	4
		Sub total	19
	Estrato Medio	Resd. San Carlos	4
		Col. San Carlos	4
		Col. Miramonte	5
		Col. Layco	5
		Col. Monpegón	4
		Col. Centroamérica	4
		Col. La Rábida	4
		Col. Flor Blanca	4
		Col. San Mateo	4
		Col. Cucumacayán	4
		Col. Panamá	4
		Col. La Campiña	5
		Col. Isidro Menéndez	5
		Repto. Don Rúa	4
		Col. Pompeya	4
		Col. Manzano	4
		Col. América	5
		Col. Minerva	5
		Col. La Cima	4
		Col. Los Héroes	5
	Sub total	87	
	Estrato Bajo	Col. La Merced	3
		Col. Guatemala	4
		Ba. La Vega	4
		Ba. San Sebastián	4
		Col. Ferrocarril	4
		Col. Los Arcos	3
		Col. San Antonio	4
		Col. Málaga	4
		Ba. Santa Anita	4
		Col. Luz	4
		Col. Dina	4
		Col. Monserrat	3
		Col. 10 de sept.	4
		Centro Urbano IVU	4
		Col. Las Palmas	4
Ba. Modelo		4	
Ba. Candelaria	3		
Ba. San Jacinto	3		
Sub total	67		

4.4.1.5 Disposición de Pago por el servicio ambiental Hídrico.

De acuerdo con los resultados del estudio, el 78% de la población califica de valiosa la relación entre los bosques de la Cuenca Alta del Río Lempa y agroecosistemas con el suministro de agua, y solo un 0.5% no encuentran relación entre cobertura vegetal y agua. Mientras que del total de familias entrevistadas, el 58% respondió afirmativamente a la pregunta de disposición de pago para que se protejan y desarrollen los bosques y agroecosistemas de la cuenca alta del Lempa, de tal manera que esto les asegure el suministro de agua proveniente del río para su familia.

El monto de la DAP fue determinado con base a estimaciones no paramétricas, considerando que dichas estimaciones representan alternativas más sencillas pero efectivas, ya que superan la necesidad de truncar arbitrariamente la DAP a cero o a algún límite superior requerido en los modelos de elección discreta. Las técnicas utilizadas fueron las de Turnbull y Kriström, y los distintos resultados de las medidas de tendencia central se encuentran por debajo del 10% de los ingresos promedio (\$490 mensuales) de las personas encuestadas. En el Cuadro 4.27 se muestran las medidas de tendencia central de la DAP obtenidas de la encuesta de valoración contingente aplicada al AMSS.

Cuadro 4.27. Valor económico del servicio ambiental por familia en el AMSS a partir de medidas no paramétricas (\$ /mes)

Media de tendencia central	Muestra total	Estrato Alto	Estrato Bajo
DAP Media Turnbull	5.56	8.11	5.00
DAP Media Kriström	6.19	8.39	5.70
DAP Mediana Turnbull	3.89	6.86	2.86
DAP Mediana Kriström	4.11	5.71	2.62

Fuente: Herrador y Dimas, 2001.

La consistencia en la mediana de la DAP confirma que esta medida representa un criterio de elección social más moderado y equitativo para la agregación de la disponibilidad a pagar para la población del AMSS. Así, el valor económico del servicio ambiental para el AMSS es

de \$3.89 mensuales por familia. Sin embargo, si se considera el análisis por estrato de ingresos, el valor económico del servicio ambiental para el estrato de ingresos bajos es de \$2.62 mensuales y el de ingresos altos-medios es de \$5.71 mensuales (Herrador y Dimas, 2001).

Tomando en cuenta que el consumo promedio de agua potable en el sector residencial para ese año era de aproximadamente 33.25 m³/mes, la disposición de pago calculada es de \$0.12/m³. El monto de disposición de pago se convierte en el parámetro para comparar el incremento propuesto en la tarifa de agua potable, debido a la incorporación de componentes adicionales relacionados con la variable ambiental en la conservación del recurso hídrico antes de que sea utilizado en las actividades humanas. La importancia de este dato radica en la evaluación de la factibilidad que puede tener una política de precios en el sector de recursos hídricos para el área residencial.

4.4.1.6 Características del informante.

La mayoría de información recolectada ha sido proporcionada por mujeres (63.3%); según los resultados, son las mujeres las que presentan mayor disponibilidad a pagar, sin embargo esta variable no mostró significancia en el modelo econométrico empleado (Herrador y Dimas, 2001). Este resultado puede ser lógico en el supuesto de que las mujeres permanecen mucho más en sus hogares y tienen un amplio conocimiento de los pormenores de su vivienda. En el Cuadro 4.28 se muestra la distribución de los informantes por sexo.

Cuadro 4.28. Distribución de los informantes de acuerdo con su género.

Sexo del informante	Número de personas	Porcentaje
Femenino	272	63.3
Masculino	158	36.7
Total	430	100.0

También resulta de interés conocer la edad de los informantes, para poder tener una mayor confianza en cuanto a la calidad de la información suministrada. Aproximadamente el 75%

de los entrevistados caían en los siguientes rangos: de 20 a 29 años, 30 a 39 años y 40 a 49 años; esta variable resultó ser significativa afectando la respuesta de DAP, mostrando una relación inversa, es decir que entre más joven es la persona entrevistada, la probabilidad de que su respuesta sea positiva es mayor (Herrador y Dimas, 2001).

4.4.2 Análisis de dueños de tierras de importancia hidrológica

Con respecto a los dueños de las tierras que estarían siendo consideradas para el pago del servicio ambiental hídrico, se tomará como primera referencia el costo de oportunidad de esas tierras, debido a la renuncia de los ingresos que le generaría la actividad económica que compite por el uso de esas tierras (Barrantes y Castro, 1999). La principal actividad que se puede identificar es la agricultura con el 75% de los productores con fincas menores de 2 ha.

Aunque este parece el método más razonable para determinar el pago del servicio ambiental, es muy importante considerar que algunos propietarios, principalmente pequeños y medianos, disponen de una actividad agrícola basada en aspectos culturales, y no necesariamente como una actividad comercial amplia. Esto podría dificultar la estimación de un costo de oportunidad de la actividad agrícola que refleje apropiadamente la renuncia de los ingresos por dejar las tierras en conservación de bosques.

Tanto el valor de captación como el de protección y recuperación de cuencas, deben ser asignados a los propietarios de la tierra de acuerdo con el porcentaje equivalente al costo de oportunidad establecido por la sociedad del AMSS. Considerando el volumen de agua captada por un sistema bajo cobertura vegetal, así como el área bajo bosque y bajo pasto, el valor de captación y el de protección, es posible calcular los montos por hectárea que se debe compensar con dichos valores cobrados (Cuadro 4.29).

Cuadro 4.29. Pago por hectárea a los propietarios de bosques y de áreas a regenerar en la CARL

Componente	Pago (\$/ha)	Observación
Valor de captación	89.21	Recursos para pago a dueños de tierra por disponibilidad de bosque
Valor de protección	271.73	Recursos para recuperar áreas degradadas en laderas de cuencas hidrográficas

Fuente: Elaboración propia.

Los montos estimados por el cobro del valor de captación (\$89.21/ha) no solo financian el costo de oportunidad de la ganadería, sino que también reconocen los beneficios sociales derivados de una mejoría en la calidad del agua por la presencia de bosques. Estos beneficios se deben compensar al productor, por lo que los ingresos esperados para tal compensación son superiores a la proporción del costo de oportunidad que se debe cubrir con el aprovechamiento del recurso hídrico.

Es muy importante señalar que la diferencia dada entre el costo de oportunidad y el ingreso esperado por pago del servicio ambiental hídrico, sea compensada por los otros servicios que se empiecen a reconocer, tales como el de belleza escénica, biodiversidad y fijación de gases con efecto invernadero. De esta forma se garantizaría la conservación de la cobertura boscosa y de otros usos apropiados para la conservación de la biodiversidad.

Un aspecto importante a considerar, es que de estos recursos se debe destinar una fracción para cubrir gastos administrativos necesarios para la implementación de las actividades de monitoreo y seguimiento, incluso para desarrollar investigación orientada a generar la información científica básica para el manejo eficiente de la cuenca y para facilitar la toma de decisiones.

4.5. Estrategia de implementación del servicio ambiental hídrico.

4.5.1. La estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada.

Con la finalidad de presentar un análisis del cobro del servicio ambiental hídrico, se agrupan los componentes principales que lo explican, incorporando variables ambientales importantes para el manejo del recurso hídrico. Esas variables comprenden el valor de captación (servicio ambiental de las funciones ecológicas del bosque), el valor de protección y recuperación de laderas degradadas (costo ambiental del uso actual del suelo) y el valor del agua (subsidio ambiental al sector productivo), el tratamiento de aguas post-servicio y el margen ahorro inversión.

La tarifa actual cobrada por ANDA sólo contempla los costos de tratamiento de aguas pre-servicio, costos de operación y mantenimiento de la infraestructura institucional y tuberías de distribución de agua, más costos administrativos y de desarrollo de la Institución. En el caso de los que disponen de concesiones propias, la tarifa se refleja en el canon anual de aprovechamiento.

La tarifa hídrica completa debe responder a la realidad del país considerando la producción de servicios ambientales (hídricos) de los bosques en laderas de importancia hídrica. De esta forma, la tarifa debe incluir los siguientes componentes:

- ✓ Valor de captación hídrica en los bosques.
- ✓ Valor de recuperación de cuencas
- ✓ Valor de la tarifa actual
- ✓ Valor del agua como insumo de la producción
- ✓ Valor del tratamiento pre-servicio
- ✓ Valor del tratamiento post-servicio
- ✓ Margen ahorro/inversión

Por otro lado, la tarifa actual debería desagregarse en cada uno de sus componentes implícitos para fines contables y de mejor operación a la hora de asignar los recursos adquiridos por cada concepto. El valor post-servicio no debe incluir únicamente el valor del alcantarillado, sino también el costo por metro cúbico, asociado con el tratamiento de aguas para regresar el recurso a la sociedad con características ambientales aceptables y asegurar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Para efectos del análisis, se presenta la discusión con relación a los montos máximos obtenidos con la metodología propuesta, que se deberían internalizar en la tarifa hídrica si se quiere ajustar ambientalmente, y si se quiere promover el desarrollo social con el cobro del agua como insumo de la producción. Sin embargo, estratégicamente, y para promover un ajuste gradual de la tarifa, se presenta una propuesta tarifaria como base para solicitar los incrementos propuestos.

4.5.2. Valores económicos en el servicio ambiental hídrico.

Los valores económicos máximos de los componentes del servicio ambiental hídrico, se presentan en el Cuadro 4.30 para cada sector de la economía. El valor del agua como insumo es un componente que debe contemplarse como parte de la tarifa hídrica para aquellos sectores que así la utilizan, con el fin de promover el desarrollo social con los ingresos generados por el aprovechamiento del agua, ya que por lo general, la comunidad protege los recursos que están en su localidad.

Cuadro 4.30. Valores económicos en el servicio ambiental hídrico (\$/m³)

Sector	Valor de Captación	Valor de Restauración de bosques	Valor del Agua como insumo	Tratamiento Post-servicio	Margen Ahorro-Inversión	Total
Residencial	0.005	0.0264		0.089	0.0009	0.0323
Industrial*	0.005	0.0264	0.0086	0.192	0.0012	0.0412
Comercial	0.005	0.0264	0.0097	0.189	0.0012	0.0423
Agropecuario	0.005	0.0264	0.0054		0.0011	0.0379
Hydroenergía	0.005	0.0264	0.0033		0.0010	0.0357

*Se consideran únicamente las industrias que no poseen su propio sistema de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia.

El valor total obtenido considerando los cinco aspectos relacionados con el servicio ambiental hídrico en el sector residencial, es menor a la estimación de la disposición máxima de pago identificada en el análisis de actores involucrados en la demanda de agua realizado por Herrador y Dimas (2001), donde se determinó que el sector estaba dispuesto a pagar \$3.89/familia/mes, lo cual para un consumo promedio en ese año de 33.25 m³/mes resulta en una disposición de pago aproximado de \$0.12 m³/mes. Para los efectos del cobro del servicio ambiental hídrico se consideraría como umbral la disposición de pago como un factor limitante principal, además de otros factores menos críticos en la implementación exitosa del pago por el servicio ambiental hídrico.

Como la diferencia entre la disposición de pago y el valor económico estimado es alta, se propone iniciar el proceso de cobro considerando el pago de los componentes identificados en el servicio ambiental hídrico. Los componentes valor de captación y valor de restauración deber ser compensados por todos los usuarios del recurso hídrico. En cuanto al valor de captación se justifica por la urgente necesidad de conservar el bosque en la región alta de la cuenca del río Lempa. En relación al valor de restauración se debe a que muchas de las áreas de importancia hídrica han sido degradadas y se hace urgente su restauración con el fin de minimizar el riesgo de escasez hídrica futura.

Con relación al cobro del valor del agua como insumo de la producción y del margen de ahorro – inversión, éstos pueden ser establecidos en los sectores productivos clasificados en industrial, comercial, agropecuario e hidroenergía., debido al valor agregado que en ellos se genera. En este estudio se considera un 3% del valor conjunto entre captación, restauración y agua como insumo de la producción. El margen de ahorro – inversión también se aplica al sector doméstico y otros.

Con las estimaciones anteriores, se determina que el ajuste de la tarifa hídrica cobrada por ANDA sería de \$0.03/m³ en el sector doméstico; mientras que para los sectores industrial y comercial, el valor económico estimado es de \$0.04/m³. Si se considera el volumen promedio de consumo de agua en estos sectores con base en las estadísticas de ANDA, se estima que el porcentaje de incremento en el sector residencial metropolitano es de 9% al mes, en el

residencial urbano de 13% y en el rural de 14% mensual; mientras que el incremento en el sector industrial y comercial es de 8% al mes (Cuadro 4.31).

Cuadro 4.31. Estimación del porcentaje de incremento en la tarifa de agua por sector atendido por ANDA(\$/mes)

Sectores de consumo	Consumo promedio mensual m ³	Tarifa promedio mensual \$/m ³	Tarifa promedio mensual Ajustada \$/m ³	Porcentaje de incremento
Residencial:				
Metropolitana	35.5	0.29	0.32	9
Rural	12.3	0.18	0.21	14
Urbana	32.1	0.20	0.23	13
Comercial:	44.7	0.47	0.51	8
Industrial:	264	0.48	0.52	8

Con respecto a los sectores agrícola e hidroenergético, el cobro de los valores económicos puede responder al desarrollo Institucional presentado en la Propuesta de Reforma al Sector Hídrico, en donde el *Ente Rector* pudiera ser el responsable de definir los mecanismos de cobro del SAH, ya sea por tarifas o cánones, a través del MAG para el subsector agropecuario y la SIGET para el subsector hidroenergético.

Al margen de la capacidad de pago de los distintos sectores, la estimación del costo del servicio ambiental hídrico indica que este recurso, dada la escasez en la región, es caro y que es necesario iniciar con el proceso de uso racional del mismo. Como no hay un reconocimiento de este servicio, es posible considerar que hay un subsidio ambiental importante a las distintas actividades humanas que se desarrollan en la región. En caso de no implementarse las medidas necesarias, el costo social será mayor dado que se acrecentará la escasez hídrica, la infraestructura productiva podría colapsar y se podrían potenciar los procesos migratorios desde la región hacia otras áreas de mayor riqueza hídrica.

Por el nivel de demanda existente en la CARL, los ingresos esperados con el cobro del servicio ambiental hídrico a través de la tarifa ambientalmente ajustada, en la eventualidad que se aprobaran los valores estimados, sería de aproximadamente \$445.46 millones al año (Cuadro 4.32).

Cuadro 4.32. Ingresos esperados con el cobro del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa (millones de dólares)

Sector	Demanda Mill.m ³ /año	Valor de Captación	Valor de Restauración	Valor del Agua como insumo	Tratamiento Post- servicio	Ahorro- Inversión	Total
Domestico	206.063	1.03	5.44	x	18.34	0.32	25.13
Industrial	1.554	0.01	0.04	0.01	0.29	0.003	0.36
Comercial	9.564	0.05	0.25	0.09	1.84	0.02	2.25
Agropecuario	116.64	0.58	3.08	0.63	x	0.21	4.51
Hidroenergía	10,931.547	54.66	288.59	50.29	x	19.68	413.21
Total	11,265.368	56.33	297.41	51.02	20.47	20.24	445.46

De estos recursos, más de \$56.33 millones se destinarían a la conservación de la cobertura forestal, mientras que más de \$297.41 millones se destinarían a la restauración de los bosques que han sido degradados por el cambio de uso del suelo de aptitud forestal. En cuanto a los recursos restantes habrá que definir un destino de gasto que estará en función de actividades de desarrollo bajo las distintas manifestaciones productivas y sociales. Estos recursos se espera que fortalezcan programas de conservación y desarrollo (tratamiento de aguas residuales entre otros importantes) bajo una administración eficiente y eficaz de los recursos, lo que implica definir una estructura institucional acorde con las necesidades que representa la administración del servicio ambiental hídrico en la CARL. Para ello se puede tomar como referencia al *Ente Rector*, cuyo nivel organizacional se puede observar en el esquema presentado sobre la Propuesta de Reforma al subsector de agua potable y saneamiento, analizado anteriormente.

4.5.3. Propuesta para operativizar la tarifa hídrica ambientalmente ajustada

La “creciente inseguridad hídrica” expuesta por Cuellar (2001), define la urgencia de avanzar hacia la institucionalización de esquemas de gestión integrada del agua que posibiliten la sostenibilidad de los servicios hidrológicos y el manejo de las cuencas hidrográficas (sobre todo, en las zonas más degradadas), enfrentar el desafío de la contaminación, y superar el déficit de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.

Es por ello que se ha decidido presentar una manera de operativizar la aplicación de la estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada para ANDA, que a corto o mediano plazo logre revertir la severa situación en la que se encuentra la región y el país en general. Es así como se propone para el primer año la incorporación del monto total del valor de captación (\$0.005/m³). El del valor de protección y recuperación de cuencas se propone que se incorpore en dos años, asignando el 50% para cada año (\$0.013/m³). El valor del agua como insumo de la producción se propone que se incorpore en tres años de la siguiente manera: 20% para el primer año (\$0.0017/m³); 30% para el segundo año (\$0.0026/m³); y 50% para el tercer año (\$0.0043/m³). A estos montos se agrega el 3% del margen de ahorro-inversión propuesto y estimado en relación con los otros componentes ambientales. En el Cuadro 4.33 se presentan las estimaciones para la estrategia de cobro del primer año.

Cuadro 4.33. Propuesta tarifaria ambientalmente ajustada (\$/m³).

Sector	Valor de Captación	Valor de Restauración de bosques	Valor del Agua como insumo	Tratamiento Post-servicio	Margen Ahorro-Inversión	Total
Residencial	0.005	0.0132		0.089	0.0005	0.0187
Industrial	0.005	0.0132	0.0017	0.192	0.0006	0.0205
Comercial	0.005	0.0132	0.0019	0.189	0.0006	0.0207
Agropecuario	0.005	0.0132	0.0011		0.0006	0.0199
Hidroenergético	0.005	0.0132	0.0007		0.0006	0.0194

Con esta propuesta tarifaria se reduce significativamente el pago que cada sector haría en el primer año, si se le compara con los datos del Cuadro 4.30. Por ejemplo en el sector

residencial la disminución es de \$0.01/m³, pasando de \$0.03/m³ a \$0.02/m³. Por otro lado, el incremento propuesto no modifica sustancialmente el monto de la tarifa que actualmente pagan los consumidores por el servicio de agua potable y el de alcantarillado. En el Cuadro 4.34 se presenta el incremento de cada categoría servida por ANDA:

Cuadro 4.34. Incrementos en la tarifa hídrica considerando la propuesta de cobro para el primer año (\$/m³)

Sectores de consumo	Tarifa promedio mensual \$/m ³ (*)	Tarifa promedio mensual <i>Ajustada</i> \$/m ³	Porcentaje de incremento
Residencial:			
Metropolitana	0.29	0.30	3
Rural	0.18	0.19	5
Urbana	0.20	0.21	5
Comercial	0.47	0.49	4
Industrial	0.48	0.50	4

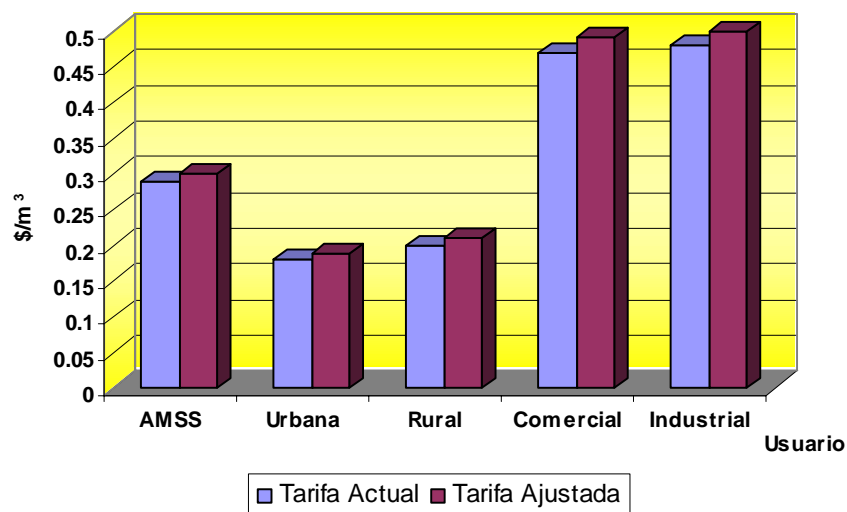
Fuente: Elaboración propia.

Nota: (*) Incluye el valor de los costos operativos, de distribución, administración y de infraestructura, así como el costo de alcantarillado y sanitario.

En términos gráficos (Gráfico 4.9), los incrementos en la tarifa por la propuesta de cobro para el primer año en relación con el pago que actualmente hacen los usuarios del servicio de agua servidos por ANDA, no son significativos; mientras que los beneficios obtenidos por la aplicación de dicha tarifa tienen implicaciones sobre el bienestar de la población, tanto en el corto, mediano y largo plazo.

Con la operatividad de la tarifa hídrica ambientalmente ajustada tal y como se ha propuesto, los ingresos esperados significarían cerca de \$239.23 mill./año. \$20.47 mill./año corresponden al tratamiento post-servicio del agua y significan un aporte importante de recursos financieros en tanto se cobre con base en el consumo de agua en todos los sectores.

Gráfico 4.9. Incrementos en la tarifa hídrica considerando la propuesta de cobro para el primer año.



De los \$239.23 mill./año, el 23.5% son obtenidos por el cobro del servicio ambiental hídrico; es decir, por el cobro del valor de captación hídrica del bosque dentro de la tarifa. Por otro lado, el 62.2% de los \$239.23 mill/año. son para protección y recuperación de laderas, mientras que el 3.1% resulta del cobro del agua como insumo de la producción y el 2.6% representan ingresos destinados a un fondo de ahorro-inversión que servirá para atender emergencias provocadas por distintos fenómenos. En el Cuadro 4.35 está el detalle de los ingresos que se esperaran con la aplicación de la tarifa propuesta ambientalmente ajustada.

Cuadro 4.35. Ingresos esperados con el cobro del servicio ambiental hídrico en la Cuenca Alta del Río Lempa según la propuesta de operatividad (millones de dólares)

Sector	Demanda Mill.m ³ /año	Valor de Captación	Valor de Restauración	Valor del Agua como insumo	Tratamiento Post-servicio	Ahorro-Inversión	Total
Domestico	206.063	1.03	2.72		18.34	0.1125	22.20
Industrial	1.554	0.01	0.02	0.0026	0.29	0.0009	0.33
Comercial	9.564	0.05	0.13	0.0182	1.84	0.0058	2.03
Agropecuario	116.64	0.58	1.54	0.1260		0.0675	2.32
Hidroenergía	10,931.547	54.66	144.30	7.2148		6.1851	212.35
Total	11,265.368	56.33	148.70	7.36	20.47	6.37	239.23

V. CONCLUSIONES

El presente generó una serie de conclusiones importantes para mejorar la administración de los recursos hídricos en el área de estudio; seguidamente se presenta la discusión de las principales de ellas, con relación a los objetivos específicos planteados al inicio.

5.1. Caracterización de la Cuenca Alta del Río Lempa.

La importancia socioeconómica de la CARL y sus afluentes radica en el aprovisionamiento de agua para el AMSS en 64,302 miles de m³/año, los cuales son extraídos directamente del sistema Río Lempa, constituyendo el 21% de la producción total de ANDA. Lo mismo ocurre en la generación de energía eléctrica, cuya inyección proveniente de las cuatro estaciones hidroenergéticas a lo largo del Lempa, produce el 26.7% del total de energía eléctrica generada en el país.

La economía de la población rural que habita la CARL está basada en el aprovechamiento de los recursos naturales principalmente para la producción agropecuaria, en donde se produce el 38.5% de granos básicos de todo el país.

Aunque no posee las principales áreas cultivadas con café, este rubro representa la principal fuente de empleo rural en la CARL. Asimismo, la agroindustria azucarera se concentra principalmente en la región central y occidental del territorio salvadoreño, superficie comprendida por la cuenca. No obstante, ambos cultivos experimentan actualmente serios problemas en el mercado internacional debido principalmente a la caída de los precios y a la participación de otros países, lo que genera un descenso en el nivel de vida de las familias que depende de estas actividades.

La CARL se encuentra solo con un 14.43% en uso adecuado o a capacidad, esto se debe al escaso 18.43% de cobertura boscosa y a la poca aptitud de muchas de las zonas de la cuenca para desarrollar actividades productivas diferentes a las de protección y conservación forestal.

Más aún, se debe hacer un análisis de la calidad de la cobertura boscosa reportada en el mapa, y a la estabilidad en términos de permanencia que puedan tener estas áreas. En términos del recurso hídrico, el conflicto de uso por sobreutilización se da en zonas de recarga acuífera principalmente en el AMSS y a lo largo de la desembocadura al Lempa de los afluentes del río Suquiapa, Acelhuate y Quezalapa.

Existen una serie de amenazas que están atentando contra la disponibilidad hídrica en la CARL. Por ejemplo, la deforestación o remoción de cobertura boscosa en sitios de importancia hídrica, reflejado en el 47.81% de la cuenca que se encuentra en sobreuso; la degradación de la cuenca por el desarrollo de actividades agrícolas en suelos de aptitud forestal; la contaminación por el vertido de grandes volúmenes de aguas negras a los principales cauces del río, y la sobreexplotación del recurso hídrico más allá de un esquema de uso sostenible de los acuíferos y cuerpos de agua. A esto hay que añadirle la falta de coordinación institucional y definición de políticas hídricas en la región ocupada por la Cuenca del Río Lempa, la ausencia de un Plan de Manejo del recurso hídrico y la existencia de una multiplicidad de instituciones que tienen relación directa e indirecta sobre el recurso.

A pesar de la crisis social y medioambiental identificada en la CARL, la cuenca posee una gran riqueza natural por la gran variedad de ecosistemas que se verifican en ella; de las nueve zonas de vida identificadas en todo el país, la cuenca alta del Lempa posee cinco, de acuerdo a la Clasificación de Holdridge. En la región se cuantifican 11,142 ha de Areas Naturales protegidas, las cuales sirven en su mayoría para la preservación de flora y fauna amenazada o en peligro de extinción, generación de bienes y servicios ambientales (producción acuífera, fijación de carbono, biodiversidad, belleza escénica, investigación científica, prevención de desastres naturales, etc.), sitios de refugio para aves, mamíferos y reptiles.

5.2. Presupuesto Hídrico.

Para el área de estudio, se determinó una oferta disponible anual de 3,638.15 mill.m³, distribuida en 3,524.16 mill.m³/año de agua superficial y 114.01 mill.m³/año de agua subterránea. De esta oferta disponible se están aprovechando 7,555.47 mill.m³/año, distribuida en 160.72 mill.m³/año de agua superficial y 209.40 mill.m³/año de agua subterránea, quedando un volumen no utilizado de 3,268.03 mill.m³/año. La evapotranspiración estimada en el área de estudio es de 7,185.35.77 mill.m³/año.

De acuerdo con este presupuesto hídrico, en la CARL existe un déficit (95.39 mill.m³/año) considerando lo que entra a la cuenca como oferta disponible por precipitación y otros medios y los aprovechamientos sociales inventariados (370.12 mill.m³/año). En este punto se debe señalar que existe un aporte significativo de 2,200.62 mill.m³/año del humedal “Cerrón Grande” pero que no ha sido considerado dentro de la oferta natural, ya que únicamente el sector hidroenergético hace uso de esta agua y posteriormente se verifican reflujos hacia el cauce del Lempa.

El agua subterránea de la que dispone ANDA (189.18 mill.m³/año) representa un volumen significativo pero insuficiente para reducir la presión sobre las aguas superficiales. Es decir, que no se puede abastecer con el agua subterránea la demanda actual del AMSS, por lo que se ha hecho necesario usar el agua superficial, la cual puede ser deficitaria en períodos de verano. En términos financieros, el aprovisionamiento de agua subterránea es mucho más costoso que el de agua superficial, por lo que la Empresa puede disminuir costos de producción en épocas de invierno cuando la precipitación es alta.

Dado lo anterior se deduce la probabilidad de que se estén explotando las reservas disponibles, y esto podría conducir al agotamiento permanente de los acuíferos. El tiempo de agotamiento va a depender de las reservas disponibles y de la velocidad a la que se estén explotando. Además, debe tomarse en cuenta que no todos los aprovechamientos subterráneos son registrados por ANDA, por lo que la incertidumbre sobre si se está en amenaza al agotamiento es aún mayor.

Sin embargo, debido a la estacionalidad de las lluvias en la CARL, el potencial de disponibilidad hídrica, principalmente de recarga de acuíferos se ve limitada, ya que hay una estación seca prolongada superior algunas veces a los seis meses. Por otro lado, en la época lluviosa las precipitaciones se concentran en los meses de junio y septiembre (72%), lo que se convierte en una limitante para la recarga y en una amenaza de inundaciones para ciertas zonas, que se ven más vulnerables debido a que poseen un alto grado de degradación en el recurso suelos y forestal.

5.3. Valoración Económica – Ecológica: desarrollo de un modelo tarifario para ANDA.

A pesar de la crisis del recurso hídrico, no existe un mecanismo para internalizar el valor económico que la refleje y, por lo tanto, las tarifas hídricas en los distintos sectores no están ajustadas con base a las variables ambientales que posibilitan su disponibilidad en cantidad, calidad y continuidad. Lo anterior implica que existe un subsidio ambiental en las distintas actividades productivas en las que se utiliza el agua, que estaría resultando en ganancias extraordinarias para estos sectores. La falta de ajuste en las tarifas hídricas limita la capacidad institucional y las posibilidades de promover un uso sostenible del recurso, la protección adecuada de la cuenca y la restauración de zonas degradadas con importancia hídrica.

La tarifa hídrica es el mecanismo más apropiado para el cobro del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio, así como de otras variables ambientales que se proponen para su incorporación: el valor de protección y recuperación de laderas degradadas, el valor del agua como insumo de la producción y un margen de ahorro-inversión. Con ello se elimina substancialmente el subsidio ambiental hasta ahora ignorado y soportado por la sociedad como un todo.

El servicio ambiental del bosque (valor de captación) valorado en términos de cantidad y calidad genera un valor de \$0.005/m³ de agua demandada, mientras que el valor de protección y recuperación de laderas degradadas es de \$0.0264/m³. Por su parte, el valor del agua como insumo de la producción es de 0.0047/m³ y debe cobrarse a aquellos sectores de la economía que la utilizan como tal; en este caso, a las categorías comercial e industrial que

atiende ANDA. No es conveniente cobrarla en la categoría domiciliar, porque no es usada con ese fin. El margen de ahorro-inversión que se propone es equivalente al 3% del valor de captación, de restauración, y el del agua como insumo de la producción, permitiendo con ello la disponibilidad de fondos para eventos inesperados o crecimiento poblacional o económico más allá del normal.

El valor de captación estimado en $\$0.005/\text{m}^3$ genera ingresos para pagar hasta $\$89.2/\text{ha}/\text{año}$ y poder compensar el costo de oportunidad de la actividad agrícola que es de $\$220.34/\text{ha}/\text{año}$. Si se pagan $\$89.2/\text{ha}/\text{año}$ por la disponibilidad de bosque, se le estaría aportando al productor el monto máximo, lo que supera al monto asignado del costo de oportunidad del uso del suelo en $\$1.1/\text{ha}$.

Aunque el monto retribuido por el pago es levemente superior al costo de oportunidad calculado, el mecanismo de PSA haría de la conservación de la biodiversidad una actividad económicamente más atractiva que las actividades económicas hoy desarrolladas, considerando que existen otros beneficios por proteger el bosque como la purificación de aire, la conservación de flora y fauna, turismo, belleza escénica, conservación de suelos, etc.

El valor de protección y recuperación estimado en $\$0.0264/\text{m}^3$ genera $\$271.73/\text{ha}$ destinados a la recuperación de la superficie con problemas de sobre uso del suelo con aptitud forestal.

El aumento tarifario en el sector residencial ante una internalización del valor de las variables ambientales, cambia de $\$0.29/\text{m}^3$ a $\$0.32/\text{m}^3$ en el AMSS. Este cambio es aceptado por la sociedad de San Salvador, que ha mostrado una disposición de pago superior de agua consumida.

5.4. Análisis de respuesta de oferentes y demandantes del SAH

La población del AMSS que es el principal consumidor de los servicios generados por el bosque, reconoce la necesidad de iniciar un proceso de uso racional y sostenible del recurso en la CARL, dado que el 78% de un total de 430 familias identifica la relación entre

cobertura vegetal y disponibilidad de agua, tanto en el presente como en las generaciones futuras.

La población del AMSS reconoce la gran importancia de la conservación del recurso hídrico en la protección de la cobertura boscosa y el 58% de los entrevistados están dispuestos a pagar un monto adicional en la tarifa para tal fin, que en el sector residencial es de aproximadamente \$0.12 por m³/mes. Luego de ajustar los valores a los consumos para el año 2000, las estimaciones sobre disposición de pago realizadas por PRISMA resultaron mucho mayores a los montos generados por la valoración económica – ecológica, por lo que parece razonable esperar que sea una política de precios exitosa en el AMSS.

El ingreso esperado por el propietario de las tierras de importancia hidrológica es de \$86.89/ha/año, considerando un 40% de compensación del costo de oportunidad por parte de la sociedad del AMSS. Por lo tanto no se justifica la transformación del uso del suelo, ya que los ingresos anuales por el uso agrícola no superan los ingresos percibidos por el resto de servicios ambientales generados por el bosque.

5.5. Estrategia de implementación del SAH.

Para los efectos del cobro del SAH, se considera como umbral el monto obtenido por Herrador y Dimas (2001) en la DAP, el cual fue de \$0.12 m³/mes. Con dicha estimación se determina que el ajuste de la tarifa hídrica es de \$0.32/m³ mensual en el sector residencial metropolitano, lo cual genera una tarifa inferior a la DAP calculada, ya que el valor incremental sólo asciende a \$0.03/m³ para este sector.

La propuesta para operativizar la aplicación de la estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada para ANDA en el primer año, reduce en un 6% la tarifa ajustada del servicio para el sector metropolitano, pasando de \$0.32 m³/mes a \$0.30 m³/mes. En tanto que los sectores comercial e industrial, reducen su tarifa ajustada en un 4%, pasando de \$0.51 m³/mes a \$0.49 m³/mes y de \$0.52 m³/mes a \$0.50, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Mejorar la administración de la oferta hídrica mediante los siguientes mecanismos:
 - Protegiendo la cobertura boscosa actual en la CARL mediante Programas de conservación. En otras palabras, impedir que se siga talando el recurso forestal con que aún cuenta la zona.
 - Restaurando las zonas degradadas en la Cuenca, de modo que se regeneren las zonas boscosas en función de la protección del recurso hídrico.
 - Aplicando nuevas tecnologías con base en la reducción del consumo hídrico en los procesos productivos.
 - Implementando sistemas de reciclaje de agua en los procesos productivos que así lo permitan, de modo que se demande menos agua del sistema natural, de fuentes superficiales y/o subterráneas.
 - Uniendo esfuerzos de Instituciones Gubernamentales y ONG's en el tema de Pago por Servicios ambientales y operativizar los anteproyectos de Ley y Reformas al sector hídrico hasta ahora propuestas.

2. Mejorar el control y administración de la demanda hídrica con el desarrollo de actividades como:
 - Elaborar los inventarios de todos los aprovechamientos de agua en la CARL, para conocer su ubicación exacta y el nivel de extracción para determinar demandas actuales.
 - Completar con la instalación de medidores de aprovechamientos de agua en las zonas urbanas y rurales de la CARL, para monitorear el consumo particular del agua.
 - Control del consumo de agua en la CARL para facilitar la toma de decisiones y la reorientación del aprovechamiento hídrico.
 - Ajustar las tarifas hídricas en los distintos sectores de modo que se elimine el subsidio ambiental que prevalece.

- Realizar estudios de disposición a pagar en los demás sectores de la economía, con el objetivo de garantizar el éxito de una posible implementación de esquemas de PSA.
3. Establecer un cobro del servicio ambiental hídrico que comprenda los siguientes componentes en el ajuste de tarifas hídricas:
- Un valor de captación hídrica equivalente a $\$0.005/\text{m}^3$, como reconocimiento al bosque por su función en la regulación del servicio hidrológico, tanto en cantidad, calidad como en continuidad.
 - Un valor de restauración de bosques equivalente a $\$0.0132/\text{m}^3$ en el primero año y $\$0.0132/\text{m}^3$ para el segundo año, con el fin de aplicarlo en la recuperación de las zonas degradadas con importancia hídrica en la cuenca.
 - Un valor del agua como insumo de la producción equivalente a $\$0.0017/\text{m}^3$ en el sector industrial, $\$0.0019/\text{m}^3$ en el sector comercial, para el primer año. Posteriormente hacer el ajuste por un 30% en el segundo año y un 50% en el tercer año, en ambos sectores, sobre los montos calculados en la valoración del agua como insumo de la producción. Los montos de $\$0.0054/\text{m}^3$ en el sector agropecuario y de $\$0.033/\text{m}^3$ en el sector hidroenergético se cobrarán de acuerdo a los criterios del MAG y de la SIGET, respectivamente, pudiendo considerarse el pago de un canon o un porcentaje de los valores obtenidos en la valoración. Todos los fondos obtenidos se propone que sean aplicados en actividades de desarrollo socioeconómico.
 - Un valor de tratamiento de aguas post-servicio que incluya no sólo la tarifa de alcantarillado, sino también el tratamiento de las aguas antes de su deposición en los cauces naturales. Para obtener un valor más exacto es necesario incluir dentro del sector industrial, no sólo las grandes empresas consideradas en el Programa de Reversión Ambiental impulsado por el MARN, sino también a las pequeñas y medianas empresas que por su abundancia generan grandes volúmenes de aguas residuales; asimismo, se debe aprovechar el marco normativo existente sobre la calidad de agua y el control de los vertidos y la posible implementación de la reforma institucional, a fin de responsabilizar al

ANDA y las municipalidades en la administración de los fondos para el tratamiento de las aguas residuales.

- Un valor de margen de ahorro – inversión equivalente al 3% de los valores anteriores aplicable a cada sector.

4. Destinar los fondos que se recauden por el cobro del servicio ambiental hídrico a sustentar las siguientes actividades:

- Conservar y proteger la cobertura actual de bosques a través del cobro del valor de captación, donde se propone que se destinen \$89.21/ha/año. Este fondo puede ser utilizado en la ejecución de los planes de manejo para las Áreas Naturales Protegidas y las zonas de amortiguamiento, los cuales se encuentran en proceso de aprobación para el caso de Montecristo y Los Volcanes.
- Restaurar la cobertura boscosa en zonas degradadas de importancia hídrica a través del valor de restauración, donde se propone un pago a propietarios de \$271.73/ha/año.
- El desarrollo de obras de infraestructura social tales como plantas de tratamiento de agua, investigación y educación ambiental a través del valor del agua como insumo de la producción. En este caso se deben definir las proporciones de gasto correspondientes, de acuerdo con criterios que definan las distintas autoridades.
- Establecer un fondo de contingencia para atender emergencias relacionadas con el recurso hídrico a nivel de oferta y demanda, a través del margen de ahorro - inversión.

5. Se propone el fideicomiso como instrumento de administración de recursos, ya que representa una opción importante para garantizar la transparencia en el manejo y asignación de los fondos. Para tal fin se recomienda la creación de una Junta de fideicomiso que estipule con transparencia, en una carta de contrato, el manejo de

fondos obtenidos mediante los componentes ambientales que se han internalizado en la tarifa hídrica.

Para la estructura de recolección, administración y distribución de los fondos que se obtienen por el cobro del valor de captación y del valor de restauración, se propone que esté compuesta por varios actores, entre ellos los usuarios y los dueños de la tierra. En dicha estructura, se encuentra la empresa recaudadora (se recomienda al Ente Rector propuesto en el nivel organizacional presentado en la Reforma Institucional del Recurso Hídrico), la municipalidad, ONG o comunidad implicada, un Sistema auditor y una Junta administrativa del fideicomiso (Figura 6.1).

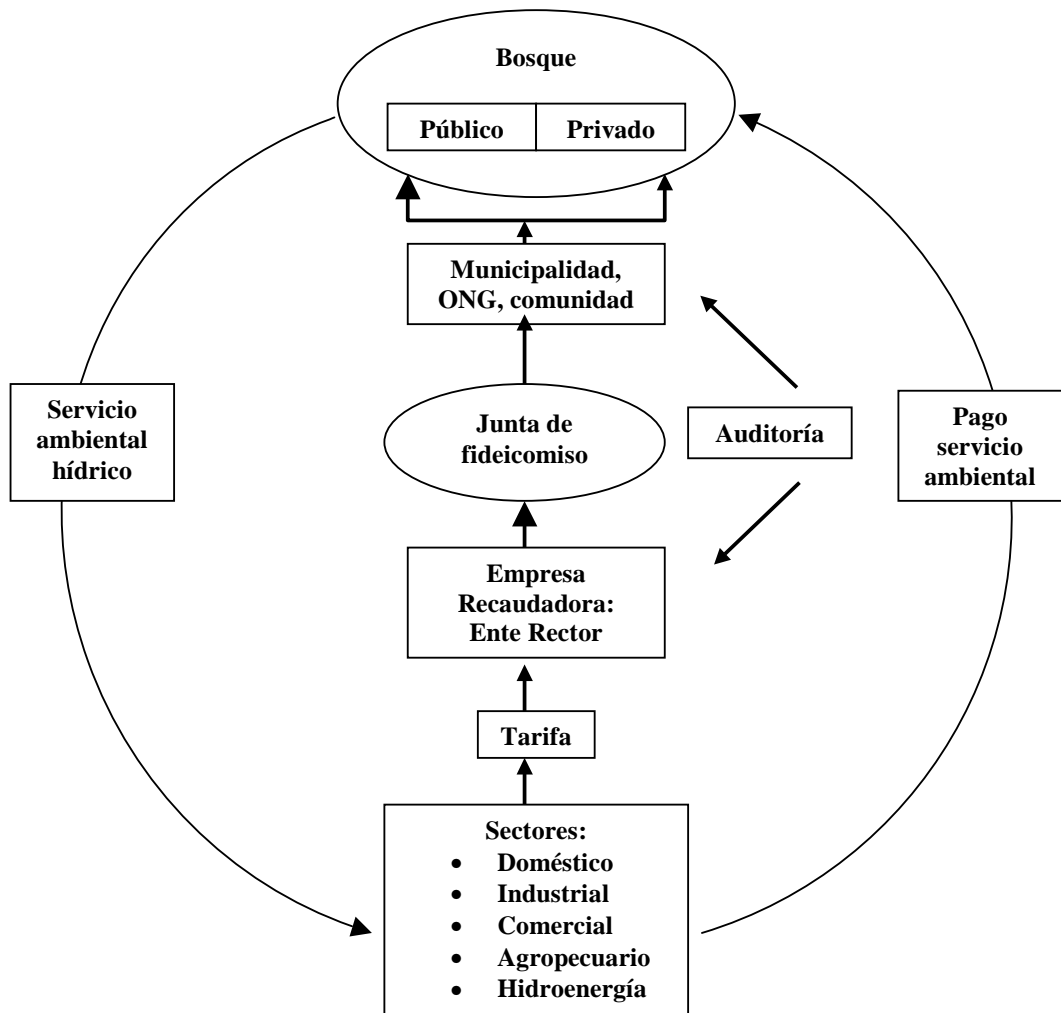


Figura 6.1. Estructura para el cobro y administración de los fondos basados en el pago del SAH, considerando el valor de captación y de restauración de bosques.

El flujo propuesto por la figura es el siguiente: el bosque provee un servicio ambiental hídrico del que se benefician los distintos usuarios. Por su parte, estos usuarios pagan un valor por ese servicio ambiental del bosque a través de la tarifa (a un Ente regulador para el caso del sector doméstico, comercial e industrial; a la SIGET para el sector hidroenergético, y al MAG para el sector agropecuario). Este monto es recaudado por el Ente Rector y cada cierto tiempo, que puede ser mensual o trimestral, éste lo deposita en un fondo de fideicomiso administrado por una institución de reconocida trayectoria. En este caso, se recomienda que el fideicomitante sea una municipalidad, ONG o la comunidad misma; y el ente financiero el fideicomiso. Por su parte, los recursos deberán tener un beneficiario claramente identificado (fideicomisario), que para estos efectos son los dueños de la tierra con importancia de conservación hídrica mediante la protección de bosques.

El beneficiario puede ser privado o público. Cualquiera que sea la condición, el acceso a los recursos del fideicomiso es posible después del estudio técnico debidamente elaborado. El ente privado recibirá el pago correspondiente de manera individual, comprometiéndose con ello a mantener la cobertura vegetal por el tiempo que establezca el contrato respectivo. Si las tierras son de administración pública, se destinarán los recursos de tal manera que se garantice la permanencia de la cobertura vegetal del área hidrográfica. De esta manera, la municipalidad o la comunidad podrán recibir ingresos por el SA que producen los bosques de las áreas naturales protegidas en administración pública.

Para que esta estructura tenga efectividad en cuanto a la conservación del bosque y a la distribución y asignación de los recursos del fideicomiso, es necesario un sistema de control y fiscalización de los fondos. Para ello se requiere la aplicación de un sistema de auditoría interna/externa que verifique el buen uso de los fondos. La transparencia del sistema es un requisito esencial para dar credibilidad al modelo de desarrollo propuesto.

6. En el caso de los ingresos obtenidos por el cobro del agua como insumo de la producción, su administración deberá contar con una estructura institucional apropiada, donde se establezcan los destinos principales y los sistemas de control y

fiscalización de los fondos. El instrumento del fideicomiso planteado para la administración del valor de captación y el de protección, es también importante para administrar los ingresos por concepto del valor del agua como insumo en la producción. En la Figura 6.2 se presenta el tipo de organización institucional requerido y los distintos participantes en el proceso de cobro, administración y distribución de los recursos.

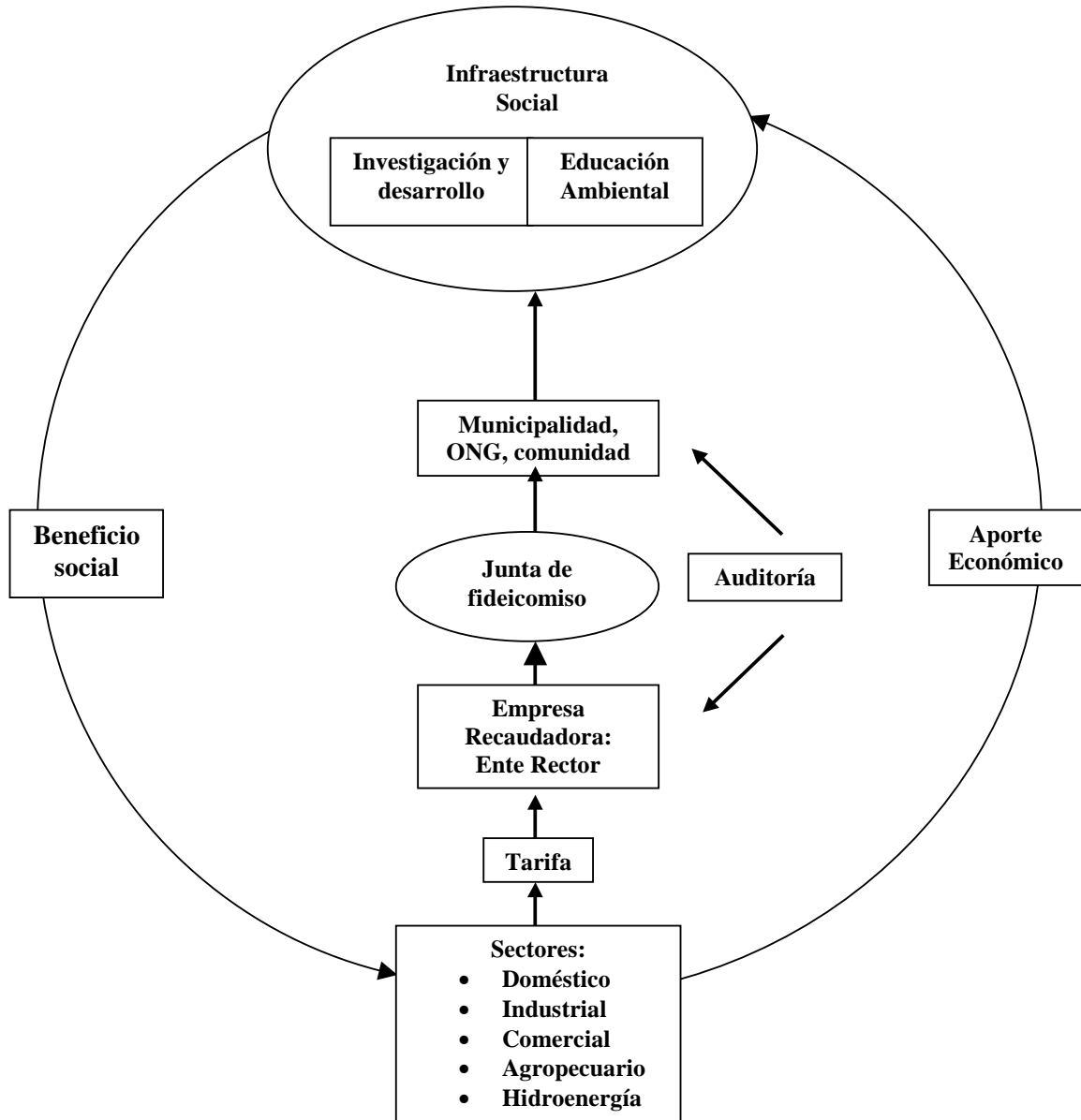


Figura 6.2. Estructura para el cobro y administración de los fondos por el pago del agua como insumo de la producción.

En términos operativos, los usuarios del agua pagarán a la empresa recaudadora a través del ente responsable en cada sector (Ente Regulador, SIGET y MAG) el monto correspondiente al valor del agua como insumo de la producción. La empresa deposita los dineros recaudados por este concepto en un fideicomiso, el cual tendrá la definición de las cláusulas o requisitos que deben cumplirse para que se destinen los fondos. Para obtener el acceso a los recursos, se presentarán los respectivos proyectos a la Junta de fideicomiso. Además de las entradas y salidas de dinero, se recomienda un sistema de control y fiscalización mediante un proceso de auditoría interna y/o externa. Todo este proceso es para asegurar que los aportes económicos hechos por las comunidades se conviertan en beneficios sociales para las mismas, a través de un mayor flujo de información, mejor educación ambiental y de un mayor nivel de infraestructura social financiada con el aprovechamiento de los recursos naturales. Como se observa en la Figura 6.2, los ingresos se destinarán a través de un fideicomiso, al financiamiento de programas de educación ambiental, infraestructura social (puentes, saneamiento, etc.) e investigación local.

7. Para la administración del margen de ahorro – inversión se recomienda que los ingresos obtenidos sean consolidados como un fondo especial que se utilizará en aquellas situaciones absolutamente necesarias, debido a imprevistos. Se espera que tengan un comportamiento creciente en el tiempo, debido a que las necesidades de uso estarían determinadas por eventos imprevistos como desastres naturales o daños provocados a la infraestructura de distribución del servicio. Por lo tanto, se requiere alcanzar una administración óptima de estos ingresos para que se garantice el uso en los fines que lo concibieron.

De cualquier manera que se defina el mecanismo de administración de los ingresos obtenidos, deben existir mecanismos apropiados de control y fiscalización en el manejo de dichos fondos. Por lo tanto, nuevamente la auditoría interna y/o externa resulta relevante para la buena gestión del proceso. Los costos de este proceso pueden ser financiados con un porcentaje de estos ingresos, de tal manera que se dé sostenibilidad a las actividades que se definan para una administración eficiente de dichos fondos.

VII. BIBLIOGRAFIA

Alarcón *et al.* 2001. Costo de prácticas agrícolas para la generación de Servicios Ambientales en El Salvador. Fundación PRISMA. San Salvador, El Salvador. 23p.

ANDA (2002). Boletín Estadístico No. 24. Dirección de Planificación. San Salvador, El Salvador.

Ander, E. 1991. El desafío ecológico. Editorial Universidad Estatal a Distancia, UNED. San José, Costa Rica.

Arce, E. y Góchez, R. 2002. Preparación del Proyecto ECOSERVICIOS. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador. Proyecto Banco Mundial/MARN. 3p.

Artiga, R. y Almendarez, R. Compiladores. 2001. Programa de Apoyo y Promoción de la Reforma del sector de los Recursos Hídricos. Red para el Desarrollo Local, REDES. San Salvador, El Salvador. 58p.

Artiga, R. y Rosa, H. 1999. La Reforma del sector hídrico en El Salvador: oportunidad para avanzar hacia la gestión integrada del agua. Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente. PRISMA No. 38. San Salvador, El Salvador. 16 p.

Barrantes, G. y E. Castro. 1999. Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: Internalización del valor de variables ambientales. Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). Heredia, Costa Rica.

Barrantes, G. y Vega, M. 2002a. El Servicio Ambiental Hídrico: aspectos biofísicos y económicos. Documento preparado para el Curso de capacitación "Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico: aspectos biofísicos y económicos, organizado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad, del 13 al 15 de noviembre del 2002.

_____. 2002b. Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico en la cuenca del Río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas. Documento preparado para la Asociación para el Desarrollo Sostenible del Área de Conservación Tempisque (ASOTEMPISQUE). Costa Rica.

Barry, D. *et al.* 1999. El Desafío del Agua en Centro América. In: Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. San José: Proyecto Estado de la Nación Capítulo 4. 101-126.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo, US). 1998. Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos. Departamento de Desarrollo Sostenible (SDS). Washington, D.C.

Bruijnzel, L.1990. Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of knowledge review. UNESCO – Free University Amsterdam. 224 p.

Carranza, C., Castaneda, F., Dimas, L., Guzmán, E.; Herrador, D.; Marín, X., Perdomo, A.; Rivas, F.; Vásquez, A. Editores. 2001. Primero Foro Nacional de Pago por Servicios Ambientales. San Salvador, septiembre del 2001. Mesa Permanente de Pago por Servicios Ambientales. San Salvador, El Salvador. 67p.

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza). 2001. Caracterización y Diagnóstico de los Recursos Naturales y los Desastres en Áreas de Alto Riesgo por Deslizamientos e Inundaciones en la Cuenca del Río Lempa. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 144p.

CCT (Centro Científico Tropical)/ CINTERPEDS (Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible). 1995. Valoración Económico Ecológica del agua: Primera aproximación para la interiorización de costos. CCT/CINTERPEDS. San José, Costa Rica.

Chávez, F. y Cañas, C. 1999. Situación Ambiental de la Industria en El Salvador. Gestión Ambiental en la Pequeña y Mediana Industria de América Central (GESTA). San Salvador, El Salvador.

Chow, *et al.* 1994. Hidrología Aplicada. Editorial McGraw Hill Interamericana. Santafé de Bogotá. Colombia.

CLACDS (Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible). 2002. La Reforma Institucional: En búsqueda de la sostenibilidad del recurso hídrico en El Salvador. Alajuela, Costa Rica.

Costanza, *et al.* 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature; Vol. 25, No.1.

Coviello, M. 2000. Estudio para la Evaluación del Entorno del Proyecto Geotérmico Binacional "Tufiño-Chiles-Cerro Negro". División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL. Santa Fe de Bogotá. 77p.

Cuellar, N. 2001. Contaminación del Agua en El Salvador: Desafíos y Respuestas Institucionales. Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA). No.43. San Salvador, El Salvador.

Dixon, *et al.* 1989. Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects. By The Asian Development Bank. London.

Espinoza *et al.*, 1999. El pago de servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA). 88 P. isbn 9968-9918-2-1.

García *et al.* 1997. Caracterización básica del área de influencia del Programa Ambiental de El Salvador. Zona: Nueva Concepción, Chalatenango. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Programa Ambiental de El Salvador, Subcomponente: conservación de suelos y agroforestería. 33 p.

GOES (Gobierno de El Salvador)/PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 1981. Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos. El Salvador, Documento Básico No. 12, Recursos y Demandas Potenciales de la Región "A" Cuenca Alta. PLAMDARH, San Salvador, El Salvador. 196p.

Herrador, D., Dimas, L. 2001. Valoración económica del agua para el Área Metropolitana de San Salvador. Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA). San Salvador, El Salvador. 59 p.

Heuveldop, J. *et al.* 1986. Agroclimatología tropical. 1era. Ed. Editorial UNED. San José, Costa Rica.

Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.

Huber A. y López, D. 1993. Cambios en el balance hídrico provocado por la tala rasa de un rodal adulto de *Pinus radiata*, Valdivia, Chile. Pag. 12.

Kunkle, S. 1975. An introduction to forest hydrology. Teaching notes. FAO. Roma. 37 p.

Leyton, 1980. Manejo y utilización del bosque húmedo tropical latinoamericano. Conferencia: Consulta Técnica sobre los Bosques Latinoamericanos. México, D.F. 11-15 Feb 1980. FAO, Roma. 33 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2002. Costos de Producción de productos agrícolas 2001 – 2002. Dirección General de Economía Agropecuaria. Volumen 12. Nueva San Salvador, El Salvador. 63p.

_____. 2003. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2001 – 2002. Dirección General de Economía Agropecuaria. Volumen 41. Nueva San Salvador, El Salvador. 91p.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Informe Nacional: Estado del Medio Ambiente. MARN, El Salvador. 46 p.

_____. 2003a. Lineamientos para la elaboración de los Diagnósticos Ambientales (DA) y los Programas de Adecuación Ambiental (PAA). MARN, San Salvador, El Salvador.

_____. 2003b. Memoria de Labores Junio 2002 a Mayo 2003. MARN, San Salvador, El Salvador. 32p.

_____. 2000. Informe Nacional, Estado del Medio Ambiente 2000. San Salvador, El Salvador. 46 p.

Mejía, *et al.* 2002. Identificación de empresas agroindustriales generadoras de aguas residuales y/o desechos sólidos en El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Oficina de Políticas y Estrategias/ Unidad Ambiental Sectorial. Nueva San Salvador, El Salvador. 20p.

Milliet, A. 2000. Lineamientos de Política, normativa e institucionalidad para la gestión de los recursos hídricos en El Salvador. Red de Agua y Saneamiento-Red para el Desarrollo Local (REDES)/ Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (PHI-UNESCO).

Mora, S., Valverde, R. 1998. La geología y sus procesos. 1era ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Ocampo *et al.* 1997. Productos no maderables del bosque en Baja Talamanca, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central (OLAFO). Center for International Forestry Research (CIFOR). Asociación San Migueleña de Conservación y Desarrollo (ASACODE). Turrialba, Costa Rica.

Odum, E. 1986. Fundamentos de Ecología. Editorial Interamericana. México D.F.

Otárola, M., Vanegas, I. 1999. Propuesta de un sistema de compensación de Servicios Ambientales para los Robledales de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Costa Rica.

Panayotou *et al.* 1997. El Desafío Salvadoreño de la Paz al desarrollo sostenible. Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social. 138p.

PNODT (Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial). 2001a. Primer Informe Parcial: Sistema Biofísico – Biodiversidad. Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. San Salvador, El Salvador. 298p.

_____, 2001b. Primer Informe Parcial: Sistema Socioeconómico – Sectores económicos basados en los Recursos Naturales: Agricultura. Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. San Salvador, El Salvador. 256p.

_____, 2001c. Primer Informe Parcial: Sistema Biofísico – Clima, Problemas y Riesgos Climáticos. San Salvador, El Salvador. 82p.

_____, 2001d. Primer Informe Parcial: Sistema de Infraestructuras – Infraestructura Hidráulica. Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. San Salvador, El Salvador. 149 p.

Reynolds, J. 1997. Evaluación de los Recursos Hídricos en Costa Rica: Disponibilidad y utilización. Documento preparado para el proyecto de cuentas ambientales coordinado por el Centro Internacional

de Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE-UNA) y el Centro Científico Tropical (CCT). Heredia, Costa Rica.

Rodríguez, A. 1983. Evolución indirecta de los Recursos Hídricos de una cuenca. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Departamento de Estudios Especiales (DPE). San José, Costa Rica.

Schosinsky, G., Losilla, M. 2000. Modelo Analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. En la Revista Geológica de América Central. Escuela Centroamericana de Geología. Número 23. Diciembre del 2000. Universidad de Costa Rica.

SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Comunicaciones). 2003. Boletín de Estadísticas Eléctricas No.4. 2002. Gerencia de Electricidad. San Salvador, El Salvador. 129p.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2002. Propuesta de descontaminación del canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Servicio Hidrológico Nacional, SNET. San Salvador, El Salvador. 68p.

Söderberg, A. 2002. Proceso de modernización y liberación del subsector energía eléctrica en El Salvador. Estudios Centroamericanos, ECA. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador. 639-640. ISSN 0014-1445. Pág.: 79 – 94.

Stadmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Informe técnico No.10. 62 p.

Villegas, F. 1998. Situación Del Recurso Hídrico En Centroamérica. UICN - Mesoamerica Área de Conservación de Bosques y Áreas Protegidas. Consultado en www.poam.org/articulos-estudios/rnaturales/agua-ca.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo 4.1. Registros de precipitación (en mm) de 87 estaciones meteorológicas en la Cuenca Alta del Río Lempa (2001)

COD	NOMBRE	DEPARTAMENTO	ELEV	AÑOS	TOTAL
A6	Santa Ana	Santa Ana	640	31	1823
A8	Coatepeque	Santa Ana	840	31	1520
A11	San Cristobal	Santa Ana	655	0	1355
A12	Santa Ana, El Palmar	Santa Ana	725	1958	1779
A14	Guarnecia	Santa Ana	310	1960	1507
A16	El Desague-FIC	Santa Ana	460	1960	1144
A2	Hacienda Montecristo	Santa Ana	2230	1952	2331
A20	La Majadita	Santa Ana	1626	1966	1909
A21	Finca San José	Santa Ana	880	1967	1647
A27	Candelaria La Frontera	Santa Ana	700	1970	1569
A28	San Miguel Ingenio	Santa Ana	880	1967	1730
A29	Sierra Morena	Santa Ana	380	1970	1643
A3	Metapán	Santa Ana	480	1931	1475
A30	Santa Rosa Guachipilín	Santa Ana	425	1970	1529
A31	Los Planes de Montecristo	Santa Ana	1851	1971	2036
A32	Hacienda San José	Santa Ana	863	1971	1655
A33	Hacienda Las Palmas	Santa Ana	700	1972	1584
A34	Cantón Montenegro	Santa Ana	1220	1972	1887
A4	Texis Junction	Santa Ana	400	1932	1577
A5	Santa Ana, San	Santa Ana	640	1927	1688
A7	Santa Ana, FEN	Santa Ana	645	1912	1679
A9	Santa Ana CLES	Santa Ana	645	1955	1622
B1	Chorrera del Guayabo	Cabañas	190	1953	1982
B10	Cerrón Grande	Cabañas	600	1974	1859
B7	Llano Largo	Cabañas	220	1972	1587
B9	Cínquera	Cabañas	380	1973	1988
C10	Tenancingo	Cuscatlán	580	1970	1528
C11	Oratorio de Co	Cuscatlán	620	1971	1745
C3	Suchitoto	Cuscatlán	400	1956	1998
C5	Hacienda La As	Cuscatlán	320	1966	1732
C8	Ingenio San Francisco	Cuscatlán	285	1969	1693
C9	Cojutepeque	Cuscatlán	880	1969	1702
G10	Dulce Nombre de María	Chalatenango	440	1970	2053
G11	Agua Caliente	Chalatenango	360	1970	1936
G15	Plan del Horno	Chalatenango	1160	1974	2172
G2	Chalatenango	Chalatenango	290	1956	2201

G3	Nueva Concepción	Chalatenango	320	1956	1599
G4	La Palma	Chalatenango	1000	1956	2275
G5	El Paraíso	Chalatenango	270	1956	1845
G6	Ojos de Agua	Chalatenango	640	1960	2045
G7	Arcatao	Chalatenango	500	1961	2144
G8	La Reina	Chalatenango	410	1968	1891
G9	Citalá	Chalatenango	715	1969	1504
L1	Tepecoyo Finca	La Libertad	960	1949	1863
L17	Jayaque, Beneficio	La Libertad	920	1964	1884
L18	El Boquerón	La Libertad	1800	1965	2111
L2	P. de FES	La Libertad	480	1937	1502
L20	Ateos	La Libertad	475	1965	1620
L23	Hacienda Norma	La Libertad	580	1967	1737
L24	Finca El Jabalí	La Libertad	1080	1967	1696
L25	Finca Santa Lucía	La Libertad	1140	1967	1923
L26	San Matías	La Libertad	450	1967	1624
L28	Finca Las Quebradas	La Libertad	775	1940	1961
L29	Finca Los Cedros	La Libertad	820	1946	2039
L3	Sitio el Niño	La Libertad	450	1937	1620
L30	Finca San Fernando	La Libertad	900	1946	2118
L31	Santa. Tecla, Bf	La Libertad	930	1942	2176
L32	Finca Aruba	La Libertad	600	1948	1737
L34	Beneficio Cura	La Libertad	530	1940	1860
L37	Finca Bonaire	La Libertad	710	1959	1813
L38	Finca San Agustín	La Libertad	500	1958	1763
L39	Zapotitán	La Libertad	453	1971	1616
L4	San Andrés	La Libertad	460	1947	1688
L42	Hacienda Atiocoyo	La Libertad	270	1971	1620
L6	Beneficio Talc	La Libertad	325	1948	1571
L7	Colon, Finca	La Libertad	650	1949	1802
L8	Santa Tecla	La Libertad	965	1942	1858
S1	La Toma de Agua	San Salvador	300	1931	1884
S12	Nueva Concepción	San Salvador	240	1960	1750
S13	Nejapa	San Salvador	450	1956	1875
S15	Hacienda San R	San Salvador	260	1960	1571
S17	Apopa INSINCA	San Salvador	420	1955	1618
S18	Guazapa ANDA	San Salvador	440	1966	1881
S2	Ingenio la Cabaña	San Salvador	270	1938	1593
S20	Tonacotepeque	San Salvador	620	1967	1751

S21	Finca Santa Ma	San Salvador	1200	1967	2047
S23	Finca Altamira	San Salvador	890	1942	1787
S25	Finca Navarra	San Salvador	830	1964	1792
S26	Finca Aragón	San Salvador	885	1964	1793
S27	Estación Matri	San Salvador	650	1971	1849
S3	San Salvador F	San Salvador	420	1928	1890
S4	San Salvador ITIC	San Salvador	710	1952	1773
S5	San Salvador-O	San Salvador	700	1912	1766
S7	San Salvador F	San Salvador	635	1912	1890
S8	San Salvador F	San Salvador	635	1912	1837
S9	Soyapango	San Salvador	650	1929	1919
T18	Armenia	Sonsonate	565	1965	1673

Anexo 4.2. Valores mensuales y anuales de Evapotranspiracion potencial según Hargreaves (en mm) en la Cuenca Alta del Río Lempa para el periodo 1970 - 2001.

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Santa Ana El Palmar	136	138	173	177	173	150	164	159	138	142	132	130	1812
Güija	146	151	189	192	186	153	161	161	144	140	138	139	1900
Los Andes	97	103	133	138	136	120	124	121	111	102	90	90	1365
Cand. De La Frontera	140	143	179	183	180	159	168	164	144	148	138	134	1880
Planes de Montecristo	96	98	127	129	127	111	124	121	102	102	90	89	1316
La Hachadura	152	151	183	189	189	165	173	168	153	152	144	145	1964
San Andrés	130	134	167	171	165	144	152	151	132	133	123	124	1726
Santa Tecla	118	120	146	144	140	129	143	140	123	121	114	112	1550
Chiltiupán	136	135	161	159	151	138	149	142	123	127	123	127	1671
Aeropuerto Ilopango	133	135	167	165	158	141	152	148	129	133	123	124	1708
Hacienda Astoria	149	148	177	183	177	159	173	164	141	146	138	142	1897
Nueva Concepción	152	156	192	195	186	156	162	161	144	146	141	142	1933
La Palma	115	121	152	156	152	129	142	139	123	124	114	111	1578
Las Pilas	86	89	114	117	121	108	115	112	99	96	87	83	1227
Puente Cuscatlán	140	143	177	183	180	162	167	164	147	145	132	133	1873
Chorrera del Guayabo	152	157	196	198	186	159	164	161	144	145	138	143	1943
Sensuntepeque	137	140	170	174	162	144	152	146	129	130	126	127	1737
Cerrón Grande	145	151	192	192	186	162	170	167	150	146	138	136	1935
Cojutepeque	130	134	161	159	149	135	148	142	120	121	120	121	1640

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET (2002)

Anexo 4.3.

Anexo 4.3.1 Población Urbana y Rural con servicio de agua potable por Departamento en la Cuenca Alta del Río Lempa, 2002.

Departamento	Población		Total
	Urbana	Rural	
Santa Ana	254,549	322,469	577,018
Chalatenango	44,066	132,094	176,160
La Libertad	306,405	403,888	710,293
San Salvador	1,633,623	455,018	2,088,641
Cuscatlán	74,954	128,216	203,170
Total	2,313,597	1,441,685	3,755,282

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.3.2 Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Santa Ana, 2002.

No.	Municipio	Número de Servicios	Nuevos Servicios	Consumo mensual (miles m ³)	Población Urbana
1	Santa Ana	37,640	1,558	1,564	171,394
2	Coatepeque	911	21	33	5,751
3	Chalchuapa	6,373	260	235	33,578
4	Metapan	5,175	134	181	17,928
5	El Congo	1,500	79	52	8,638
6	Candelaria de la Frontera	828	57	30	7,486
7	Texistepeque	931	82	35	2,305
8	San Sebastian Salitrillo	173	39	6	1,699
9	Santiago de la Frontera	156	0	5	1,977
10	Masahuat	60	0	0	625
11	Santa Rosa Guachipilin	69	0	2	1,189
12	San Antonio Pajonal	532	10	18	1,979
		54,348	2,240	2,161	254,549

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.3.3 Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Chalatenango, 2002.

No.	Municipio	Número de Servicios	Nuevos Servicios	Consumo mensual (miles m³)	Población Urbana
1	Chalatenango	2,313	121	110.5	16,024
2	La Palma	464	5	17.2	3,334
3	Nueva Concepcion	1,866	53	17.3	8,451
4	Arcatao	130	0	0.0	1,144
5	San Miguel de Mercedes	95	0	0.0	1,567
6	San Antonio Los Ranchos	79	0	0.0	657
7	San Luis del Carmen	138	4	3.7	528
8	San Jose Cancasque	175	0	4.1	1,155
9	Ojos de Agua	55	0	0.0	1,375
10	La Laguna	122	0	0.0	1,835
11	Agua Caliente	225	1	7.9	2,015
12	El Paraiso	679	1	20.1	3,692
13	Comalapa	300	209	0.1	980
14	San Fernando	15	0	0.0	521
15	Santa Rita	139	5	4.8	788
		6,795	399	185.7	44,066.0

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.3.4. Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de San Salvador, 2002.

No.	Municipio	Número de Servicios	Nuevos Servicios	Consumo mensual (miles m³)	Población Urbana
1	San Salvador	100,387	1,663	4,982.3	494,923
2	Mejicanos	34,898	469	1,072.2	181,388
3	Soyapango	64,363	745	1,979.3	289,553
4	Ciudad Delgado	16,465	400	590.2	83,804
5	Tonacatepeque	4,556	99	156.8	8,037
6	Ilonpango	37,785	2,521	1,207.1	124,723
7	Guazapa	3,068	189	95.6	13,336
8	San Martín	3,770	-413	140.7	66,731
9	Apopa	26,789	780	865.2	154,091
10	Nejapa	1,483	175	79.7	6,042
11	Aguilares	739	3	27.9	26,873
12	Ayutuxtepeque	6,241	117	179.9	37,179
13	Panchimalco	845	6	62.7	7,732
14	San Marcos	9,934	302	329.1	52,700
15	Cuscatancingo	12,030	337	369.7	62,935
16	Santo Tomás	1,905	114	88.1	18,477
17	Santiago Texacuangos	1,552	141	56.3	5,099
		326,810	7,648	12,282.8	1,633,623

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.3.5 Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de La Libertad, 2002.

No.	Municipio	Número de Servicios	Nuevos Servicios	Consumo mensual (miles m³)	Población Urbana
1	Nueva San Salvador	31,697	82	1,307.3	149,192
2	La Libertad	1,978	76	103.9	18,886
3	Quezaltepeque	6,344	381	244.1	29,546
4	San Juan Opico	2,001	71	91.5	7,213
5	Ciudad Arce	1,744	318	63.9	10,467
6	Antiguo Cuscatlan	7,624	392	148.1	48,790
7	Huizucar	314	-19	10.7	2,328
8	Zaragoza	1,515	208	56.8	17,691
9	San Jose Villanueva	403	13	12.1	4,227
10	Colon	1,760	-918	105.9	2,383
11	San Matias	304	0	11.4	2,347
12	Sacacoyo	964	338	30.9	3,967
13	Teotepeque	281	-3	11.8	2,350
14	Jicalapa	34	-1	2.4	1,551
15	Chiltiupan	324	-1	16.2	2,037
16	San Pablo Tacachico	1,757	64	54.6	3,490
		59,044	1,001	2,271.6	306,465

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.3.6. Municipios atendidos por ANDA con servicios de acueducto en el Departamento de Cuscatlán, 2002.

No.	Municipio	Número de Servicios	Nuevos Servicios	Consumo mensual (miles m³)	Población Urbana
1	Cojutepeque	6,635	188	253.7	46,061
2	San Rafael Cedros	502	-1	22.3	4,520
3	Suchitoto	1,082	155	37.1	5,359
4	San Bartolome Perulapia	1,158	409	42.0	3,565
5	San Pedro Perulapan	183	6	8.9	1,328
6	Tenancingo	239	60	8.6	987
7	Candelaria	764	18	29.9	1,891
8	Santa Cruz Michapa	306	33	11.8	3,156
9	San Ramon	168	4	7.6	1,381
10	El Carmen	155	2	6.5	1,185
11	Santa Cruz Analquito	148	11	5.8	1,581
12	San Jose Guayabal	369	-1	13.1	3,940
		11,709	884	447.3	74,954

Fuente: Elaboración propia con base al boletín estadístico de ANDA 2002.

Anexo 4.4. Encuesta de disposición de pago en el sector residencial del AMSS (2001).

Boleta No. _____



ENCUESTA SOBRE EL VALOR ECONOMICO DEL AGUA PARA CONSUMO EN EL ÁREA METROPOLITANA SAN SALVADOR

A. Introducción

Buenos días/ Buenas tardes.

Mi nombre es _____, de la Fundación PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente).

La Fundación está haciendo un estudio sobre el servicio de agua potable que recibe la población del Área Metropolitana de San Salvador 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.

Lugar Entrevista

Municipio _____

Colonia / Barrio _____

Fecha

Hora Inicio

Hora Final

Entrevista ____/____/2001 Entrevista ____ AM / PM Entrevista ____ AM / PM

PARTE I

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

- 1. ANDA
- 2. Chorro público
- 3. Camión cisterna
- 4. Pozo
- 5. Otros _____

(si la respuesta es ANDA pase a la No. 2, de lo contrario pase a la No. 7)

2. ¿Recibe usted un servicio normal de agua en su casa?

SI _____ NO _____

(si la respuesta es NO, pase a la No. 3) (si la respuesta es SI pase a la No. 6)

3. ¿Cuántos días de la semana recibe Usted el servicio de agua en su casa? _____ días

4. Durante los días que recibe el servicio de agua, recibe el servicio: (leer opciones)
(Marque con X solo una respuesta)

- a. Todo el día
- b. Solamente por la mañana
- c. Solamente por la tarde
- d. Solamente por la noche

- e. Todo el día excepción de la hora de almuerzo
- f. Solamente por la mañana y por la noche
- g. Otros _____

5. Durante los días que Usted recibe agua en su casa, ¿Cuántas horas al día recibe agua?
_____ horas al día

6. ¿Tiene Usted tanque o cisterna en su casa? SI _____ NO _____

7. 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 del uso, MOSTRAR Actividades y Tabla de Calificación).

- a. Para tomar y cocinar
- b. Baño
- c. Lavar ropa
- d. Aseo casa
- e. Lavar carro
- f. Regar jardín
- g. Otros _____

<i>Intensidad de Uso</i>	<i>Calificación</i>
La uso mucho	5
La uso regularmente	4
La uso pocas veces	3
La uso ocasionalmente	2
Nunca la uso	1

8. ¿Si le pudiera calificar del 1 al 5 la importancia que tiene el recurso a agua para el desarrollo de su vida diaria, qué calificación le pondría? (Mencione escala)

5.Valioso____4.Muy importante____3.Importante____2.Poco importante____1.No es importante _____

9. ¿Sabe usted de donde extrae ANDA el agua que se consume en los hogares de San Salvador? Especifique.

10. ¿Si le pudiera calificar del 1 al 5 la importancia de los bosques y 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 _____

11. Quién debería velar por los bosques en El Salvador:

- a. Empresa Privada_____ b. Gobierno_____ c. Municipalidades_____ d. Todos los ciudadanos_____
- e. Combinación de las anteriores_____ f. Otros_____

PARTE II.

- A continuación le voy a mostrar y explicar unos esquemas sobre la importancia de los bosques en la protección del agua. (Mostrar esquemas de escenario 1 y 2, leer explicación).
 - Después de esta explicación, le haré dos breves comentarios para responder a la siguiente pregunta.
 - a. Actualmente, San Salvador obtiene agua para consumo de tres fuentes distintas. Una de las principales fuentes es el río Lempa.
 - b. El río Lempa atraviesa las montañas del norte del país y desemboca en el mar (Explicar mapa).
12. Tomando en cuenta lo anterior ¿Estaría usted dispuesto a pagar € ___ colonos mensuales, para que se protejan y desarrollen los bosques y agroecosistemas del norte del país, de tal manera que esto le asegure el suministro de agua proveniente del río Lempa para su familia?
1. Si _____ 0. No _____
(Si el entrevistado está dispuesto a pagar pase a la No. 14) (Si el entrevistado NO está dispuesto a pagar pase a la No. 13, saltando la No. 14 y prosiga)
13. ¿Porqué motivos no esta dispuesto a pagar?
- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. No le interesa. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Razones económicas | <input type="checkbox"/> |
| 3. El gobierno debería pagar | <input type="checkbox"/> |
| 4. Otros _____ | <input type="checkbox"/> |
| _____ | |
| _____ | |
14. ¿Qué institución cree Usted es la más apropiada para recibir el pago?
- a. ONG encargada del proyecto _____
 - b. ANDA _____
 - c. Alcaldía _____
 - d. Otros _____

PARTE III.

Las siguientes preguntas son muy importantes para el estudio. De nuevo, le recuerdo, todas sus respuestas son estrictamente confidenciales.

15. El entrevistado es: 1. Mujer _____ 0. Hombre _____
16. ¿En cuál rango se encuentra su Edad?
- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. 17 años o menor _____ | 6. 50 a 59 años _____ |
| 2. 18 a 19 años _____ | 7. 60 a 69 años _____ |
| 3. 20 a 29 años _____ | 8. 70 a 79 años _____ |
| 4. 30 a 39 años _____ | 9. 80 o mayor _____ |
| 5. 40 a 49 años _____ | |
17. Estudios realizados
- | | |
|---------------------|-------|
| 1. Educación básica | _____ |
| 2. Universitario | _____ |
| 3. Postgrados | _____ |
18. ¿Cuál es su Ocupación? 1. _____
0. No tiene empleo _____
19. Número de miembros en su familia _____
20. ¿Cuál rango es el más cercano a sus ingresos familiares totales por mes? Por favor incluya todas las fuentes de ingreso. (Mostrar rangos para selección)
- | | |
|----------------------------------|-------|
| 1. Menos que 1,260 colonos | _____ |
| 2. Entre 1,261 y 5,000 colonos | _____ |
| 3. Entre 5,001 y 15,000 colonos | _____ |
| 4. Entre 15,001 y 25,000 colonos | _____ |
| 5. Entre 25,001 y 35,000 colonos | _____ |
| 6. Más de 35,001 colonos | _____ |