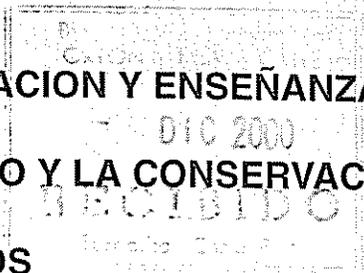


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS



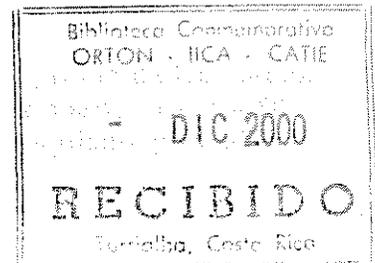
**ESTIMACIÓN DE COSTOS EXTERNOS DEBIDOS A CONTAMINACIÓN DEL AGUA
EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS CAÑAS, EL SALVADOR.**

POR

VILMA RUTH CALDERON CHINCHILLA

CATIE

**Turrialba, Costa Rica
2000**



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACION PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADUADOS**

**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EXTERNOS DEBIDOS A CONTAMINACIÓN
DEL AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS CAÑAS, EL SALVADOR.**



**Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgraduados, Programa de
Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de:**

Magister Scientiae

**Por
VILMA RUTH CALDERON CHINCHILLA**

Turrialba, Costa Rica, 2000

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

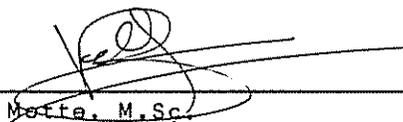
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

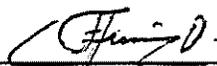


Robert Hearne, Ph.D.
Consejero Principal

Jorge Faústino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Estelle Motte, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Francisco Jiménez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Gilberto Páez, Ph.D.
Director y Decano de la Escuela de Posgraduados



Vilma Ruth Calderón Chinchilla
Candidato

DEDICATORIA

"A Dios todopoderoso, quien ilumina mi mente y alimenta mi espíritu con su sagrado amor, a quien le debo la realización de todos mis logros, mis metas y mis anhelos."

A la memoria de mis padres Juan Francisco Calderón Célis y Juana Chinchilla de Calderón, con respeto, amor y devoción.

A mis hermanos y sobrinos con especial cariño y afecto.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) y al Banco Mundial por otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Dr. Robert Hearne, profesor consejero, por guiarme y compartir sus valiosos conocimientos y recomendaciones para el desarrollo de mi trabajo de tesis.

A los miembros del comité Dr. Francisco Jiménez, Dra. Estelle Motte y Dr. Jorge Faustino por sus acertadas sugerencias y comentarios.

Al personal de las Unidades de Salud de Popotlán (Apopa) y Tonacatepeque, en especial al Dr. Valladares y a la Dra. de Aguila por su valiosa orientación y por la información proporcionada para realizar esta investigación.

A mis colegas y compañeros de trabajo del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Agencia de extensión de Tonacatepeque, en especial al Ing. Mario Mazariego y al Ing. Oscar Rolando Juárez Anzora, por toda la colaboración brindada, apoyo y buena disposición en la realización de este estudio.

Al personal de Proyecto Ambiental de El Salvador (PAES) especialmente a la Ing. Daysi López, quien tuvo la amabilidad de proporcionar información valiosa para la realización de este trabajo.

Al Dr. director CATIE-El Salvador Ing. Luis Alonso Silva, por su amistad apoyo y colaboración.

A Victor Hugo Durán Moreno por su compañía y valiosa colaboración en el logro de mis metas.

A mis compañeros de promoción, en especial a mis compañeros de maestría en Economía Ambiental: Otho, Yvette, Mirel, Solhanlle, Paty, Ixchel Guadalupe y Claudia, con quienes compartimos tantos momentos inolvidables y aprendimos en la lucha diaria a convivir, a compartir, a reír y también a llorar.

A mi hermana y amiga Hilda Luz Lezcano con mucho cariño y aprecio, por su amistad y apoyo moral.

A Dios a quién agradezco la vida, la salud, el ánimo y la perseverancia para realizar este esfuerzo.

INDICE

	PAG.
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo General	1
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Hipótesis	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Caracterización biofísica de la Subcuenca del río Las Cañas	4
2.1.1 Caracterización Fisiobiológica	4
2.1.2 caracterización socioeconómica de la población	5
2.1.3 Indicadores ambientales	8
2.2. Erosión y sedimentación	11
2.3. Prácticas agrícolas en la subcuenca	13
2.4 Conceptos económicos y métodos de valoración	15
2.4.1 El concepto de externalidad	15
2.4.2 Métodos de valoración económica	17
2.4.3 Método de costos defensivos	18
2.5 Métodos de estimación de efectos en salud humana.	19
2.5.1 Método del costo del tratamiento	19
2.5.2 Principales causas de morbilidad en El Salvador	21
2.5.3 Método del capital humano	21
2.5.4 Principales causas de mortalidad en El Salvador	24
2.5.5 Aspectos generales de legislación ambiental en El Salvador referentes a los recursos hídricos	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Descripción de la zona de estudio	27
3.2 Recolección de información	29

	PAG.
3.2.1 Información secundaria	29
3.2.2 información primaria	30
3.2.3 Tamaño y características de la muestra	32
3.3 Metodología utilizada para identificación de fuentes de contaminación en el río Las Cañas	33
3.3.1 Procedimiento estadístico para el muestreo en el río Las Cañas	33
3.3.2 Estimación de costos externos por impacto en salud humana cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad	34
3.4.1 Aplicación del método del costo del tratamiento	34
3.4.2 Aplicación del método del capital humano	36
3.5 Estimación de costos defensivos por contaminación del agua	37
3.5.1 Costos defensivos por contaminación del agua para consumo	37
3.5.2 Modelo de regresión múltiple para costos defensivos por calidad y cantidad de agua	38
3.5.3 Cálculo de costos defensivos por sedimentación del embalse de la represa Cerrón Grande	40
4. RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1 Resultados del Análisis de calidad de agua.	41
4.1.1 Contaminación agrícola, Residuos de plaguicidas	41
4.1.2 Residuos de fertilizantes	43
4.1.3 Características organolépticas de las muestras de agua	44
4.1.4 Otros parámetros físico-químicos analizados	44
4.1.5 Contaminación por desechos domésticos y aguas negras	44
4.1.6 Contaminación industrial	45
4.2 Estimación de costos Externos por impacto en salud humana	48
4.2.1 Resultados del método del costo del tratamiento	48
4.2.2 Costos de tratamiento para niños menores de 5 años	51
4.2.3 Costos de tratamiento para niños de 5 a 14 años	52
4.2.4 Costos de tratamiento para adultos	53
4.2.5 Costos de tratamiento para adultos mayores	54

	PAG.
4.3 Cambios en las tasas de mortalidad	57
4.3.1 Resultados del método del Capital Humano	57
4.4 Estimación de costos defensivos por contaminación del agua	63
4.1.1 Costos defensivos por calidad y cantidad de agua	63
4.4.2 Costos por calidad del agua	64
4.4.3 Costos por hervir	65
4.4.4 Costos por cloración del agua	65
4.5 Costos defensivos por cantidad de agua	66
4.5.1 Costos por construcción de pozos	66
4.5.2 Costos por compra de agua de pozo y camiones cisterna (pipa)	66
4.5.3 Inferencia de la muestra hacia la población rural de la subcuenca para la estimación de costos defensivos	68
4.6 Análisis econométrico	70
4.6.1 Especificación del modelo de regresión para costos defensivos	70
4.6.2 Modelo de costos defensivos por calidad de agua	70
4.6.3 Modelo de costos defensivos por calidad y cantidad de agua	
4.7. Costos defensivos por sedimentación del embalse Cerrón grande	75
4.8. Valoración total de las externalidades	79
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1 Conclusiones	81
5.2 Recomendaciones	82
6. BIBLIOGRAFIA	84
7. ANEXOS	89

LISTA DE CUADROS

PAG.

Cuadro 1.	Población urbana y rural de los municipios de Tonacatepeque Apopa, Ciudad Delgado y Soyapango, San Salvador, El Salvador.	6
Cuadro 2.	Disponibilidad de los servicios de salud en Popotlán, Apopa, El Salvador.	8
Cuadro 3.	Acceso a los servicios en los municipios de Tonacatepeque, Apopa, Ciudad Delgado y Soyapango, San Salvador, El Salvador.	9
Cuadro 4.	Población encuestada según cantones y caseríos, en la subcuenca el río Las Cañas, El Salvador.	32
Cuadro 5.	Insecticidas de uso más frecuente en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	42
Cuadro 6.	Fertilizantes más usados en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	43
Cuadro 7.	Incidencia de enfermedades hídricas para el período 95-2000 según grupo de edad. Unidades de salud de Tonacatepeque y Apopa, San Salvador, El Salvador.	49
Cuadro 8.	Costo de tratamiento médico por enfermedades hídricas, según grupos de edad. Ministerio de Salud, El Salvador.	51
Cuadro 9.	Costo estimado del tratamiento en niños de 0-4 años.	52
Cuadro 10.	Costo del tratamiento par niños no escolares en edades de 5-14 años.	53

	PAG.
Cuadro 11. Costo estimado del tratamiento para niños escolares en edades de 15-14 años	53
Cuadro 12. Costo estimado del tratamiento para adultos 15-65 años en edad productiva.	54
Cuadro 13. Costo estimado del tratamiento para adultos mayores (> 65 años)	55
Cuadro 14. Casos de fallecimiento reportados durante el período 95-2000 en La subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	60
Cuadro 15. Porcentaje de aplicabilidad y tipo de prácticas defensivas en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	64
Cuadro 16. Costos defensivos por hervir agua y fuentes combustibles usadas.	65
Cuadro 17. Costos defensivos por compra de agua de pozo y camión cisterna.	67
Cuadro 18. Costos defensivos totales por consumo de agua contaminada en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	67
Cuadro 19. Coeficiente de regresión lineal múltiple para modelo de costos Defensivos por calidad de agua	71
Cuadro 20. Coeficiente de regresión lineal múltiple para modelo de costos Defensivos por cantidad y calidad de agua	73
Cuadro 21. Costos totales de externalidades que se generan en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	79

LISTA DE FIGURAS

PAG.

Figura 1.	Mapa de ubicación de la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador	28
Figura 2.	Casos de morbilidad por enfermedades diarreicas agudas (EDAS) Período 95-2000.	62
Figura 3.	Casos de mortalidad por enfermedades diarreicas agudas (EDAS) período 95-2000.	62

LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1.	Costos de diarios de escolaridad, según Programa EDUCO, Ministerio de Educación, El Salvador.	90
Anexo 2.	Encuesta de opinión sobre externalidades, en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.	91
Anexo 3.	Resultados del Análisis de calidad de Agua. Laboratorios de control de calidad, especialidades microbiológicas e industriales, S.A. de C.V. (ESMI S.A. de C.V).	97
Anexo 4.	Datos promedio sobre actividades agrícolas y tenencia de la tierra En la población rural de la subcuenca del río Las Cañas, según Población encuestada.	100

		PAG.
Anexo 5	Análisis de calidad de aguas subterráneas. Monitoreo de calidad de agua subterránea de la cuenca del río Lempa. Estudio Ambiental CEL, 1999.	101
Anexo 6	Perfiles longitudinales y actuales que muestran pérdida de Almacenamiento en los embalses de las represas hidroeléctricas de la cuenca del Lempa.	102
Anexo 7	Pérdida de almacenamiento en los embalses hidroeléctricos de la Cuenca del río Lempa (volumen total hasta 1998).	103
Anexo 8.	Estimado de vida útil de represas hidroeléctricas de la Cuenca del río Lempa (a partir de 1998).	104
Anexo 9.	Abrasividad de aguas turbinadas en las represas hidroeléctricas de la Cuenca del río Lempa	105

RESUMEN

Calderón Chinchilla, Vilma Ruth. 2000. Estimación de costos externos debidos a contaminación del agua en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 105 p.

Palabras Claves: externalidades, métodos de valoración económica, costos defensivos, costo del tratamiento, capital humano, morbilidad, mortalidad, sedimentación.

El papel que juegan las externalidades en el impacto medioambiental determina la necesidad de que éstas sean medidas, de manera que reflejen el costo social que produce la actividad económica, lo cual es un recurso esencial para lograr una agricultura sostenible.

El propósito de esta investigación se centra en medir el valor económico de las principales externalidades que se generan debido a la producción agrícola y contaminación del agua en la subcuenca del Río Las Cañas, a través de la valoración económica de los efectos negativos que se producen en el medio ambiente y sus efectos en la salud humana.

Se utilizaron diferentes métodos de valoración económica como el método de costos defensivos para estimar los gastos en que la población incurre para evitar el consumo de agua contaminada y para tratar de estimar los costos en que incurre la compañía Hidroeléctrica del río Lempa (CEL) para evitar los daños producidos por la sedimentación en la maquinaria y equipo de generación de energía eléctrica de la represa del Cerrón Grande.

El método del costo del tratamiento y el método del capital humano fueron usados para estimar el impacto en salud humana y estimar el costo generado por cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad poblacional en la zona de estudio.

Se comprobó que la contaminación del agua en el río las Cañas, ocasionó efectos físicos en el bienestar de la población desde diversos puntos de vistas: impacto en salud, produciendo cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad poblacional, efectos biológicos y químicos debido a cambios en la calidad del agua y efectos sociales debido a

la incurrancia en costos por prácticas defensivas para evitar el consumo de agua contaminada.

No se estimaron costos debidos a sedimentación en el embalse de la represa Cerrón Grande, ya que estudios recientes de batimetría realizados por Harza Engineering Company para CEL, demostraron que no existen daños significativos en esta represa causados por sedimentación y que la vida útil del embalse se estima en 172 años a las tasas actuales de sedimentación y uso del suelo.

Los costos totales de las externalidades ascienden a un monto total de \$ 37.465.077 distribuidos de la siguiente manera:

Costos defensivos por contaminación del agua	\$ 37.073.955,3
Costos asociados a morbilidad por enfermedades diarreicas	\$ 160.817,18
Costos asociados a la mortalidad	\$ 230.304,33.

Estas cifras monetarias no solo representan un valor económico, sino altos costos sociales para la población, desde el punto de vista del sufrimiento y pérdida de bienestar las cuales no se ven compensadas. El tratamiento de los síntomas del problema del descuido ambiental que origina todos estos costos externos, necesita de soluciones sistémicas que traten las causas subyacentes de raíz, atacando las fallas sociales en el área institucional y la formulación de políticas, para poder diseñar e implementar los mecanismos para una asignación eficiente de los recursos en El Salvador.

SUMMARY

Calderón Chinchilla, Vilma Ruth. 2000. Cost estimate of external factors with due to water contamination on the sub sub-basin of Las Cañas river, El Salvador.MSc. Thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 105 p.

Key words: externalities, economic valuation methods, defensive costs, treatment costs, human resource, morbidity, mortality, and sedimentation.

The role that externalities play in the environmental impact determines the need for them to be measured in a way that to reflect the social cost that the economic activity generates which is an essential resource to achieve sustainable agriculture.

The purpose of this research is centered in measuring the economic value of the main externalities generated as a result of the agricultural production and the water contamination of the Las Cañas river, through the economic valuation of the negative effects to the environment and their effects in human health.

Different valuation methods were used, such as the defensive costs method to estimate the expenses that the population incurs to avoid the consumption of contaminated water y to try to estimate the cost in which Lempa river Hydroelectric Company (CEL) incurs to avoid the sedimentation damage produced in the machinery and equipment used for the generation of electricity in the Cerrón Grande dam.

The treatment cost method and the human resources method were used to estimate the impact in human health and estimate the cost generated by changes in the morbidity and mortality rates in the population of the area in study.

It was verified that contamination in the water of Las Cañas river, caused physical effects in the well being of the population form different points of view: health impact, morbidity an mortality rate changes, biological and chemical effects due to changes in the water quality and social effects due to costs incurred in practices to avoid contaminated water consumption.

Costs due to sedimentation in the Cerrón Grande dam were not estimated because recent studies performed in the batimetry by Harza Engineering Company for CEL, demonstrated that there are no significant damages in this dam caused by sedimentation and that the useful live of the dam is estimated in 172 years to the current sedimentation and land usage rates.

The total costs of the externalities come up to a total of \$ 37.465.077 distributed in the following manner:

Water contamination defensive costs	\$ 37.073.955,3
Morbidity costs associated to diarrheic ailments	\$ 160.817,18
Mortality associated costs	\$ 230.304,33.

These currency amounts not only represent an economic value, but also high social costs for the population from the point of view of their suffering and the loss of well being which are not compensated.

The treatment of the symptoms of the environmental carelessness problem, which originates all these external costs, need systemic solutions treating the subjacent causes from the root, attacking the social failures in the institutional area and the formulation of policies to design and implement the mechanisms for an efficient assignment of resources in El Salvador.

I. INTRODUCCIÓN

Las principales cuencas hidrográficas en que se divide EL Salvador, son zonas eminentemente agrícolas, cuya producción intensiva y altos patrones de crecimiento industrial y urbano, revelan ya la creciente pérdida de la disponibilidad de agua, altos niveles de contaminación y sedimentación, además de la destrucción sistemática de sus ecosistemas (Steiner *et al.* 1995).

Si bien el crecimiento económico genera aportes importantes para el país, también el nivel de productividad logrado produce efectos adversos al ambiente (externalidades negativas) los cuales imponen costos a la sociedad. Estos costos sociales incluyen la generación de diversos tipos de externalidades, como la producción de sedimentos, residuos de nutrientes, descargas de aguas servidas, residuos de herbicidas y plaguicidas los cuales están provocando la contaminación de mantos acuíferos superficiales y subterráneos.

Un ejemplo de ello es la subcuenca del Río las Cañas, ubicada en el Departamento de San Salvador. Se estima que esta subcuenca presenta un alto grado de erosión y sedimentación, entre 350 a 1000 t.ha⁻¹año⁻¹, debido a la explotación agrícola intensa con técnicas inadecuadas de producción y un acelerado proceso urbanístico que genera altas cantidades de contaminantes domésticos e industriales que mantienen niveles inaceptables de contaminación en los cursos del agua.

Estos niveles de contaminación causan externalidades como el impacto en la salud humana, provocando cambios drásticos en las tasas de morbilidad y mortalidad debido al consumo de agua contaminada y que representan altos costos para el Estado, tanto en costos de prevención, como el gasto en costos defensivos, así como también costos de mitigación como el gasto en tratamientos médicos.(Ferrán, 1993).

Además de los efectos en salubridad poblacional, se provocan otras externalidades negativas como es el aporte de sedimentos. Se conoce que la subcuenca del Río Las Cañas, contribuye al aporte de volumen de sedimentos que viajan hacia la represa El Cerrón Grande con cantidades 18 t.ha⁻¹año⁻¹. La descarga de sedimentos es de carácter intermitente durante un tiempo determinado, los cuales son arrastrados hasta el Embalse Cerrón Grande, a través del río Acelhuate, del cual es afluente. Todo este sedimento

depositado, puede ocasionar costos altos de mantenimiento para el buen funcionamiento del equipo generador de energía eléctrica y pérdidas sustanciales de almacenamiento de agua. (CEL, 1999).

Debido a todas las condiciones anteriormente mencionadas, esta subcuenca se considera una zona de acción prioritaria y estudio, ya que todas las externalidades que se generan debido a la contaminación del agua están ocasionando altos costos, no solamente económico sino también social, los cuales no son compensados y que es necesario cuantificar.

El papel que juegan las externalidades en el impacto medioambiental determina la necesidad de que éstas sean medidas, de manera que reflejen el costo social que produce la actividad económica, lo cual es un recurso esencial para lograr una agricultura sostenible (Cacho, 1999).

1.1 Objetivo General:

El objetivo General del presente estudio es estimar el valor económico de las principales externalidades asociadas a la contaminación del recurso agua en la subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador.

1.2 Objetivos Específicos.

- a) Caracterizar las principales fuentes de contaminación y los niveles de contaminantes que se transportan en las aguas superficiales del Río las Cañas.

- b) Estimar el costo económico derivado de la contaminación del agua y de la formación de sedimentos en la represa "El Cerrón Grande", utilizando el método de "Costos Defensivos"

- c) Estimar el costo económico de los efectos en la salud humana debido al consumo de agua contaminada, a través de métodos basados en funciones dosis-respuesta: cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad poblacional.

1.3 Hipótesis

- a) El nivel de residuos de plaguicidas y fertilizantes en el agua, provenientes de la actividad agrícola en la subcuenca, no afecta la calidad del agua del río Las Cañas.

- b) El uso de costos defensivos por la población de la subcuenca del río Las Cañas esta en función del ingreso y el nivel cultural.

- c) El reemplazo del equipo de generación de energía eléctrica y dragado del embalse implica costos defensivos por sedimentación, en la represa "Cerrón Grande".

- d) El impacto en salud humana debido al consumo de agua contaminada produce cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad poblacional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Caracterización biofísica y socioeconómica de la subcuenca del Río las Cañas.

2.1.1. Caracterización Biofísica

La zona se caracteriza por tener un clima tropical semihúmedo; la precipitación media es de 1998 mm, siendo la estación lluviosa muy marcada, iniciando en mayo y finalizando en octubre. Algunas veces ocurre disminución de las lluvias en julio y agosto, por la presencia de canícula, característica en el Istmo Centroamericano. La temperatura promedio es de 23 °C. y la humedad relativa promedio es de 85% durante la estación húmeda y 60% durante la estación seca (Ramakrishna, 1997).

El Sistema hídrico de la subcuenca está integrado por el caudal principal que forma el río Las Cañas y sus afluentes. En la estación seca, estos cuerpos de agua bajan sus niveles de caudal significativamente, lo que ocasiona problemas de disponibilidad de agua para los agricultores, muchos de los cuales utilizan el agua para regadíos de hortalizas en pequeña escala, a pesar de la alta contaminación que presenta este recurso. En su mayoría los productores dependen de la estación lluviosa para la realización de las siembras (CRS, 1996).

Los suelos característicos en la subcuenca de Las Cañas están constituidos por cenizas volcánicas poco consolidadas. La topografía de la subcuenca se caracteriza por poseer mesetas y colinas con poco declive y pendientes menores al 15%, las cuales constituyen un 60%. Los suelos presentan características de ser tipo pardo oscuros, espesos, sueltos y homogéneos; el otro 40% se caracteriza por poseer pendientes fuertes, mayores al 15% y presentan suelos esqueléticos con espesores débiles y materiales sueltos (Ramakrishna, citado por Granadino, 1998).

Actualmente la cobertura vegetal se limita a remanentes de bosque tipo "Tropical Caducifolio", debido a la alta tasa de deforestación que afecta al país, la cual representa un 3 o 4% de la zona y que además se ven constantemente afectados por el saqueo de leña y madera.

La fauna natural de la cuenca se ha extinguido en su totalidad y le sobreviven solo animales domésticos, criados en su mayoría con fines comerciales, tales como bovinos (15.66%), aves de corral (77.99%), cerdos (5.80%), cabras (0.3%) y caballos (0.23%). Es importante señalar que la mujer tiene una gran participación en la crianza y comercialización de animales domésticos (CRS, 1996).

Para el año de 1999 el desarrollo urbanístico de la zona alcanzó un 20% y el resto de la cuenca es dedicada a cultivos agrícolas distribuidos de la siguiente forma: un 13% cafetales y frutales, 5% de caña de azúcar, 18% de granos básicos y tabaco y un 6% de cultivo de hortalizas. Existen zonas de pastizales que abarcan un 11% y galerías forestales, incluyendo parcelas agroforestales que ocupan un 27% del territorio (CENTA, 1998).

La Subcuenca del Río Las Cañas no posee infraestructura de tipo hidroeléctrico, pero pertenece a la Cuenca del Río Acelhuate, el cual es afluente directo de la Cuenca del Río Lempa, donde está ubicada La Central Hidroeléctrica "Cerrón Grande", generadora de un 80% de la energía eléctrica del país, por lo cual es importante considerar el aporte de sedimentos y contaminantes que fluyen de la subcuenca y tomar en cuenta prácticas de manejo integrado para proteger el buen funcionamiento de la infraestructura hidroeléctrica. La infraestructura vial está constituida por carreteras pavimentadas entre municipios, puentes, calles secundarias, caminos vecinales que interconectan a los cantones y caseríos de la zona.

2.1.2 Caracterización socioeconómica de la población.

Con relación al aspecto demográfico, la población de la subcuenca se encuentra distribuida en los municipios de Tonacatepeque, Apopa, Soyapango y Ciudad Delgado y cuenta con un promedio total de 507.506 habitantes, de los cuales un total de 411.596 viven en zona urbana y 95.910 pertenecen a la zona rural. En el cuadro 1 se muestra la población de cada uno de los Municipios que conforman la subcuenca, de acuerdo a su distribución en zona rural, urbana y por sexo.

Cuadro 1. Población urbana y rural de los municipios de Tonacatepeque, Apopa, Ciudad Delgado y Soyapango, El Salvador.

Municipio	Población urbana	Población rural	Habitantes Sexo femenino	Habitantes sexo masculino
Municipio Tonacatepeque	4946	22396	13694	13648
Municipio Apopa	88827	20352	56528	52651
Municipio Ciudad Delgado	56701	53162	56922	52491
Municipio Soyapango	261122	-	137200	123922

Fuente: Censo Nacional V de Población y IV de Vivienda, 1992. San Salvador El Salvador.

Las principales poblaciones de la zona son semiurbanas y rurales. En estas últimas se carece de servicios básicos, tales como agua, luz, y dispensarios médicos. En general, los problemas económicos y sociales que afectan un alto porcentaje de los habitantes del país, inciden de igual manera en la vida de la población en estudio (CENTA, 1996, citado por Granadino, 1998).

Con relación a la ocupación y los ingresos, la población económicamente activa desde el punto de vista agrícola representa un 60 % del total, el otro 40 % se dedica a otro tipo de labores como comercio de productos (16.7 %), empleo (17%), jornales no agrícolas (26%) y otras actividades que no están consideradas en las categorías anteriores, pero que generan ingresos (6 %). Es importante recalcar que el comercio y extracción de arena de las márgenes del Río es una labor a la cual se dedica un 20% de los habitantes de la zona, como actividad extra que genera ingresos.

Existe en la zona un mercado minifundio. Del total de la tierra utilizada para cultivos agrícolas, un 47% es propia, con un promedio de 0.89 Mz. por agricultor, (32%) es arrendada y un 21% restante son otros tipos de tenencia como "colonos o cuidanderos". Algunos arrendatarios poseen tierras, cuyas áreas alcanzan solamente "una tarea" o sea (700 metros cuadrados) de terreno para realizar cultivos de subsistencia (CENTA, 1998).

El ingreso promedio familiar mensual en la zona es de 1500 a 2000 colones, (\$ 172 a 229) restringiendo la capacidad adquisitiva a bienes y servicios y condicionan la situación de pobreza de la mayoría de la población.

Los miembros del grupo familiar rural, participan en las labores agrícolas, principalmente en los cultivos de café, hortalizas, caña de azúcar y granos básicos, debido al alto costo de mano de obra, que no puede ser cubierto por los productores. Se estima que un 25% de la población masculina y un 2% de la femenina, contribuyen con mano de obra para desarrollar estas labores (CENTA, 1998).

Con respecto a las condiciones de salud enfrentadas por la población, la principal causa de consulta en las unidades de salud es debida a enfermedades respiratorias agudas, seguido por las infecciones intestinales mal definidas y enfermedades diarreicas agudas, las cuales son acentuadas debido a problemas significativos de desnutrición y a la deficiencia en la cobertura de los servicios de salud.

En la zona de estudio se cuenta con tres unidades de salud, las cuales atienden a la población rural de la subcuenca. La infraestructura de estas unidades de salud, es insuficiente debido a la creciente demanda de la población. Poseen laboratorios privados dentro de las instalaciones, los cuales ofrecen servicios no gratuitos, se cobra un estimado de 10 colones por examen diagnóstico (\$1.14).

Existe además déficit de recurso humano, específicamente al nivel de enfermeras y ayudantes de enfermería que refleja una falta de un 25 y 50% respectivamente. Los medicamentos prescritos son donados a la persona enferma que demanda la consulta, cuyos costos absorbe el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, a través del presupuesto destinado para Salud Comunitaria (MSPAS, 1999)

En el Cuadro 2 se muestra la disponibilidad de los servicios de salud en la unidad de salud de Popotlán (Apopa), los mismos son extensivos a las Unidad de Salud de Tonacatepeque.

Cuadro 2. Disponibilidad de los servicios de salud en Popotlán, Apopa. San Salvador, El Salvador.

Indicadores de estructura	Número	Por 10 000 habitantes
Disponibilidad de servicios	1	1/41 951
Disponibilidad de médicos	6 (8 horas/16 horas)	1.6/10 000 habitantes
Disponibilidad de enfermeras	3	0.7x 10 000 habitantes
Disponibilidad de auxiliares de enfermería	4	0.95x10 000 habitantes
Disponibilidad de promotores de salud	1	0.1/1000 casas

Fuente: Resultados del Taller de Epidemiología aplicada a la Programación Local, MSPAS, OPS/OMS y Gobierno de Holanda. 1999.

Según el estudio base de DIGESTYC (1992), el 27.2% de la población total de la subcuenca es analfabeta y el resto han completado el nivel básico (1º a 6º grado). Solamente un 15% de la población ha alcanzado la educación superior (técnica o universitaria), lo cual condiciona el tipo de empleo a adquirir, para los de mas bajo nivel educativo, los cuales trabajan como jornaleros o comerciantes.

2.1.3 Indicadores Ambientales

El déficit de aprovisionamiento de agua potable en la zona, es de un 50%, el nivel de recolección de desechos sólidos y alcantarillado, también presenta deficiencias altas y que de mantenerse esta tendencia, las condiciones de vida de la mayoría de los habitantes seguirán deteriorándose. A las actuales condiciones de salud hay que agregarle también el déficit de vivienda y su grado de hacinamiento, lo cual ocasiona una mayor cantidad de problemas ambientales.

En el cuadro 3 se muestran los porcentajes de población de los Municipios en estudio con acceso a los diferentes servicios.

Cuadro 3. Acceso a servicios en los municipios de Tonacatepeque, Apopa, Ciudad Delgado y Soyapango. San Salvador, El Salvador.

Municipio	Alumbrado	Combustible para cocinar	Eliminación de Basura	Agua	Alcantarillado
Soyapango	96.9%	77.3%	48.9%	74.1%	85.4%
Apopa	89.5%	64.3%	62.6%	62.5%	70.9%
Ciudad Delgado	90.7%	61.8%	43.2%	45.0%	52.7%
Tonacatepeque	67.1%	35.2%	41.1%	37.2%	40.7%

Fuente: V censo Nacional de Población y IV de Vivienda. El Salvador. 1992

Con relación a la calidad del agua, según UNES/FIAES (1997), esta se define con relación a sus cualidades básicas: sin olor, sin sabor, sin color. Pero también deben tomarse en cuenta sus usos para definir los parámetros de calidad y en consecuencia deben analizarse sus características físicas, químicas y biológicas..

El agua para consumo humano debe estar libre de microorganismos causantes de enfermedades, así como mantenerse sin sobrepasar ciertos límites de metales y elementos como el hierro, los nitratos, el plomo y otros.

Para el riego el agua deberá considerar una cantidad de sólidos disueltos que no afecte la permeabilidad de los suelos, asimismo su salinidad no debe ser mayor a 40% y deberá considerar la existencia de ciertos elementos como el boro, que afecta cultivos o el plomo que es muy dañino para toda planta.

Para sustentar la vida acuática el agua al menos debe tener al menos 5 mg/l de Oxígeno Disuelto y el contenido de Nitrógeno y Amoníaco debe ser menor a 0.5 mg/L la temperatura debe ser la adecuada para el mantenimiento de la vida y deben considerarse también la presencia de metales tóxicos.

Para determinar la calidad del agua, se han establecido normas, éstas indican las características que debe presentar el agua, estableciendo valores recomendados (concentración de sustancias sin que causen daño) y valores máximos admisibles

(concentración a partir de la cuál existe riesgo para la salud o perjuicio para la actividad que usa el agua).

Cuando las normas de calidad del agua, de acuerdo al uso de la misma, son superadas, se vuelve necesario un mecanismo de tratamiento que le devuelva la calidad requerida.

El río Las Cañas presenta altos niveles de contaminación, ya que recibe las aguas negras de la zona urbana del municipio de Tonacatepeque, Apopa y algunas zonas del Municipio de Soyapango (aguas domésticas e industriales) y además la producción agrícola en la misma, es intensa.

Estudios realizados por el proyecto UCA/FIAES, (1997) en la Cuenca del Río Acelhuate denotan que la carga más contaminante es aportada por el río Las Cañas, reportando el valor más bajo de Oxígeno Disuelto, en periodo seco, el cual fue de 0.3 mg / l.

Los niveles de contaminación son tan altos que no permiten la vida acuática, mucho menos el aprovechamiento del recurso hídrico para consumo humano, sin embargo muchas de las personas del área rural, utilizan esta agua para consumo, sin realizar el menor tratamiento a las mismas, por el hecho de carecer de servicios de agua potable.

Estudios de la calidad del agua realizados por Méndez *et al* (1995), denotan grandes cantidades de nitrito (1.19 a 1.07 mg/l) y nitratos en cantidades de 25.1 a 20.7 mg/l. También denotaron la presencia de nitrógeno amoniacal 21 mg/lit y 38.6 mg/L y fosfatos 7.4 y 6.25 mg/l, todos en cantidades que sobrepasan las normas establecidas para considerarlos tóxicas.

Las mayores cantidades de nitratos, nitrito y coliformes fecales fueron detectadas en aquellos lugares donde existe predominio de descargas orgánicas, provenientes de desechos humanos. Los fosfatos y el nitrógeno amoniacal, se concentraron en las zonas agrícolas, relacionados al uso y aplicación de plaguicidas y fertilizantes (Méndez *et al*. 1995).

Estudios de Monitoreo recientes de las aguas del Río Las Cañas, realizados por el Proyecto Ambiental de El Salvador, PAES (2000) demuestran que las cantidades de Oxígeno disuelto varían de 0.05 a 0.09 mg/l, en tres muestras tomadas en diferentes puntos del río, demasiado bajas para permitir la vida acuática, además encontraron concentraciones de sulfatos y fosfatos (235 ppm y 0.42 ppm) que están muy por encima de los límites permisibles, de la misma manera para los parámetros cloruros y nitratos y una cantidad de sólidos sedimentables de 7 ml/l.

De acuerdo a estos parámetros se concluye que el Río las Cañas es un río eutrófico en grave proceso de deterioro ambiental irreversible, si no se toman en cuenta medidas urgentes de recuperación del mismo, ya que se hace uso de esta agua polutante y contaminada para diversos usos, incluso hasta para el consumo humano, doméstico y como agua de riego, por las poblaciones aledañas debido al déficit de agua y la creciente explosión demográfica y urbanización de la zona.

Debido al rápido desarrollo poblacional que trae consigo la necesidad de más agua para consumo humano, agrícola e industrial y la generación de mayores volúmenes de desechos, se hace necesaria la creación de un sistema de monitoreo constante que permita dar seguimiento a la evolución temporal y espacial de la calidad física, química y bacteriológica de ésta y que permita tomar acciones oportunas que minimicen la contaminación de las aguas y optimicen su uso, para evitar el impacto sobre todo en la salud humana.

2.2 Erosión y Sedimentación.

Según el Perfil Ambiental de El Salvador (2000), este país presenta la situación más crítica de erosión de suelos con relación a los demás países del Istmo centroamericano. Se considera que actualmente el 80% del territorio está altamente erosionado. Datos recientes confirman que anualmente se pierden 4545 Tm de suelo fértil, producto de la erosión.

Para el caso de la Subcuenca del Río Las Cañas, Las prácticas agrícolas inadecuadas, el uso de cultivos limpios, la falta de adopción de prácticas agrícolas, la creciente urbanización de la zona y la práctica de extracción de arena, han incidido grandemente en el proceso erosivo.

Debido a la actividad intensa de extracción de arena, la tendencia del cauce del agua del río ha sido de desplazarse lateralmente, modificando el lecho, y el flujo del agua, lo cual provoca el derrumbe de grandes masas de terreno, el cual año con año y debido a la precipitación pluvial, ocasiona un lavado del material derrumbado, concentrando solo la arena y aumentando el aporte de sedimentos. Estas prácticas de explotación han provocado extensos daños en los terrenos agrícolas inmediatos al margen del río.

Se conoce que la subcuenca del Río Las Cañas, contribuye al aporte de volumen de sedimentos que viajan hacia la represa El Cerrón Grande, con cantidades de $18 \text{ tha}^{-1}\text{año}^{-1}$. La descarga de sedimentos es de carácter intermitente durante un tiempo determinado, hasta que finalmente se acumula en un embalse de agua, en este caso, los sedimentos son arrastrados hasta el Embalse Cerrón Grande, a través del río Acelhuate, del cual es afluente (Perdomo Lino, 1994).

Según estudios batimétricos realizados por Harza Engineering Company para CEL (1999), esta formación de sedimentos ha dado lugar a una pérdida de almacenamiento de un 6.6% del volumen total, cerca de 138 MMC de almacenamiento en sus 21 años de vida de operación (77-98), un promedio cerca de 6.57 MMC/ año, esto implica que 8.94 millones de toneladas métricas de material se depositan en el embalse, anualmente.

Se estima que cerca del 93% del material que entra al embalse es depositado, o sea un 6.57 MMC. El 7% es remanente, equivalente a 672.700 toneladas métricas por año son descargadas aguas abajo. El procedimiento de medir la cantidad de sedimentos tiene un costo alto, por lo que las instituciones no hacen esfuerzos para realizarlos a través del tiempo. La importancia para El Salvador de conocer los valores de sedimentación, radica en el impacto de la degradación de las cuencas hidrográficas y su repercusión en las diversas actividades económicas que sustentan el desarrollo del país, una de ellas es la generación de energía eléctrica (CEL, 1999).

El recurso hidroeléctrico en El Salvador tiene una capacidad instalada de 388 MW, representando aproximadamente el 48.7% de todo el sistema eléctrico. La represa Cerrón Grande genera 135 MW. de potencia, cerca de un 80% de la energía eléctrica del país, por lo que es importante mantener su buen funcionamiento y vida útil adecuada. (Perdomo Lino, 1994).

La vida útil de los embalses está definida como el tiempo restante antes que la acumulación de sedimentos alcance el fondo de las obras de toma de las centrales hidroeléctricas. Según las condiciones actuales, tomando en cuenta el uso actual de la tierra y otros factores que contribuyen a la sedimentación, se estima que el Embalse Cerrón Grande, tiene una vida útil restante de 172 años, o sea hasta el año 2287, año en el cual los sedimentos alcanzarán el fondo de la obra de toma con igual erosión. Esto indica que la vida útil del embalse es larga, pero a su vez implican altos costos de mantenimiento y monitoreo, los cuales incluyen actividades tales como: desgaste de componentes importantes debido a la abrasividad de las aguas, cavitación u otras causas, deterioro de componentes como rodete o paletas directrices por repetidas reparaciones. problemas con cavitación o vibraciones de las turbinas, disminución de la eficiencia de las turbinas.

Generalmente aguas con gran contenido de sedimentos dañinos en las aguas turbinadas, con partículas duras tales como cuarzo y sílice en tamaños de 0.04 a 0.05 mm o mayores, con grandes velocidades de flujo, son las que causan mayores daños al funcionamiento de la represa.

2.3 Prácticas agrícolas en la subcuenca.

Por ser la mayoría de agricultores minifundistas y arrendatarios, las prácticas agrícolas son de subsistencia y carentes en su mayoría del uso de insumos en grandes cantidades como plaguicidas y herbicidas, debido a su alto costo y difícil adquisición para los productores.

El tamaño de parcela promedio por agricultor es de 0.9 mz. En la zona predomina el cultivo de granos básicos, siendo el maíz o combinaciones de sistema maíz-frijol en laderas, las más importantes en esta categoría. Como ya se conoce estos son cultivos limpios, los cuales favorecen la erosión. Otros cultivos como Caña de Azúcar y Hortalizas, utilizan cantidades mayores de insumos agrícolas, pero la literatura no reporta datos del aporte específico de estos a la contaminación del agua en la subcuenca (CENTA, 1998).

Algunos de los análisis de suelos reportados para la zona por (CENTA, 1998) mencionan que en general, éstos se caracterizan por ser muy pobres en nitrógeno y materia orgánica y con altos contenidos de fósforo.

La práctica de quemas aún es frecuente, en su mayoría para quemar los rastrojos de cultivo de caña de azúcar y maíz, lo cual contribuye a la erosión y a disminuir la fertilidad de los suelos. Algunos de los productores, practican obras de conservación de suelos en la zona o hacen uso de abonos orgánicos como gallinaza o algún tipo de abonos verdes incorporados al suelo.

Melgar (1995) y Granadino (1998), realizaron estudios sobre la adopción de prácticas de conservación de suelos en la subcuenca y una evaluación posterior de la adopción de las mismas, respectivamente, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a la adopción, ya que de 72 productores contemplados en el estudio, 45 de ellos se encuentran en el rango de adopción mayor o igual a 91% y otros 26 se ubicaron en la categoría alta (61 a 90%), las prácticas y obras que mostraron mayor porcentaje de adopción fueron: cultivos en contorno (89%), acequias de absorción (88%), incorporación de rastrojos (81%), sistemas agroforestales (79%), terrazas individuales (50%), barreras vivas (49%) y estufas ahorradoras (49%).

Pese al alto grado de adopción de prácticas conservacionistas, el grado de erosión en la cuenca sigue siendo alto. Se desconoce, cuanto ha sido el aporte de estas prácticas de conservación a la disminución de la erosión del suelo y por ende de la sedimentación desde que se llevó a cabo el proceso de adopción, como un objetivo dentro del proyecto de rehabilitación de la subcuenca del río Las Cañas.

2.4 Conceptos económicos y métodos de valoración económica.

2.4.1 El concepto de externalidad.

Azqueta (1994), afirma que estamos en presencia de una externalidad (economía externa), cuando la actividad de una persona o empresa repercute sobre el bienestar de otra (o sobre su función de producción), sin que se pueda cobrar un precio en uno u otro sentido.

Al respecto, Cacho (1999), define el concepto de externalidad como todos los aspectos negativos que se derivan de una actividad productiva, los cuales imponen costos a la sociedad y que no se reflejan en los precios de mercado.

Para Larson y Pérez (1999), el concepto de externalidad comienza con la idea de la diferencia entre el costo social y el costo privado. La principal razón para una divergencia entre estos costos (la externalidad) es la acción que una persona, firma o grupo impone efectos físicos reales sobre otra persona, firma o grupo (i.e. externa a la persona que hace la decisión).

Existen externalidades negativas (deseconomías externas) y positivas (economías externas), lo esencial en cualquiera de estos casos, es que quien genera una externalidad negativa no tiene que pagar por ello en un sistema de mercado, a pesar del perjuicio que causa y que quien produce una externalidad positiva no se ve recompensado monetariamente. (Azqueta, 1994).

Debido a los perjuicios causados a terceros, es necesario que las externalidades negativas sean medidas e internalizadas de manera que reflejen el costo social de la actividad económica. Esto puede lograrse mediante el diseño de políticas que establezcan incentivos para que los productores tomen en cuenta el costo de generar externalidades en sus decisiones de producción. (Steiner *et al.* 1995)

El rol de las externalidades en la agricultura es muy importante, ya que se generan una gran cantidad de externalidades negativas debido a varios factores, entre ellos: la productividad intensa sin un adecuado manejo, la mala praxis del agricultor, y la ausencia de políticas e incentivos que protejan el medio ambiente (Cai y Smith, 1994).

Al respecto Steiner *et al.* (1995), citado por Cacho (1999), presenta un listado de externalidades generadas por la producción agrícola, sus efectos y costos.

a) Externalidades producidas por la fertilización química.

Estas pueden ser ocasionadas por la excesiva cantidad de fertilizantes o el tiempo inadecuado de aplicación. El fertilizante que no es capturado por las partículas de suelo, puede ser arrastrado por la lluvia o escorrentía y afectar manantiales, ríos, lagos o abastecimientos de agua potable.

Steiner *et al.* (1995) clasifica los costos de estas externalidades, como costos en salud, (causados principalmente por la exposición a nitratos) y costos medioambientales, los cuales incluyen eutroficación, turbidez, falta de oxigenación, salinidad, pérdida de vida acuática y pérdida de beneficios recreacionales.

b) Externalidades relacionadas al uso del suelo.

La pérdida de suelo es causada por el uso de cultivos limpios o erosivos y la falta de obras conservacionistas, esto representa un costo directo asociado a la pérdida del valor de la tierra y otros costos externos incluyendo: la erosión en caminos, recreación, almacenaje de agua, navegación, irrigación, pesca comercial, uso industrial y municipal del agua, y pérdida de potencial generador de energía eléctrica (sedimentación en embalses).

Cai y Smith (1994), mencionan otras externalidades derivadas de malas prácticas agrícolas como la deforestación, causada principalmente al uso de leña y carbón como combustibles y para la fabricación de cercos y barreras; la pérdida de fertilidad del suelo debido a la práctica de la quema de rastrojos, la cual ocasiona costos en salud humana por contaminación del aire y la pérdida de fertilidad del suelo.

c) Externalidades asociadas al uso de pesticidas y otros químicos.

El costo externo del uso de pesticidas y otros compuestos químicos incluyen, costos por contaminación del agua, costos por efectos en la salud humana debido al consumo de agua y alimentos contaminados con residuos tóxicos, además costos medioambientales como el incremento de resistencia en plagas agrícolas, daño a la biodiversidad acuática y terrestre, esta última es muy difícil de cuantificar, por falta de información disponible (valor de cuasi opción) para tomar decisiones económicas.

2.4.2 Métodos de valoración económica.

Desde el punto de vista antropocéntrico, lo que da valor al medio ambiente y a los recursos naturales es la relación con el ser humano: las cosas tienen valor en cuanto y en la medida que se lo dan las personas. Además el medio ambiente tiene valor porque cumple una serie de funciones que afectan positivamente el bienestar de las personas que componen la sociedad (Azqueta, 1994).

Cualquier cambio que se produzca en la calidad ambiental, provoca una reacción, por ejemplo un aumento en la contaminación trae un efecto físico y esto implica una pérdida de bienestar económico. Estas son las llamadas Funciones Dosis-Respuesta, la cual explica las relaciones biofísicas entre ser humano y medio ambiente (Field, 1995).

La valoración es la asignación de valores monetarios a bienes y servicios ambientales o a los impactos de los cambios en la calidad ambiental (Dixon *et al.* 1994).

Los gobiernos de los países en desarrollo han llegado a comprender que para calcular medidas alternativas de inversión se requiere la determinación de valores monetarios de costos y beneficios, tanto directos como indirectos de diferentes acciones, ya que de no valorar los recursos naturales y el medio ambiente, continuarán las acciones de degradación y esto amenaza el potencial de desarrollo en el largo plazo (Winpenny, 1991).

Existen varios métodos de valoración económica, tanto directos como indirectos, los cuales son altamente utilizados para valorar la calidad ambiental y estudiar efectos en la salud humana. A continuación se describen algunas características de los métodos de valoración que serán empleados en la metodología de este estudio.

2.4.3 Método de "Costos Defensivos"

Este método consiste en cuantificar los gastos que la gente hace con el propósito de evitar el daño de la contaminación y otras actividades ofensivas (Dixon *et al.* 1994).

El principio de este método explica que el valor que las personas otorgan a la preservación del medio ambiente, refiere lo que ellos están preparados a gastar para prevenir su degradación, en otras palabras los gastos de mitigación pueden ser vistos como una demanda sustituta para la protección ambiental (Winpenny, 1991).

La suma de todos los gastos defensivos en que incurren las personas, representa un mínimo estimado del valor del daño ambiental, o sea que estos costos no representan en su totalidad y utilidad, el valor de los daños medioambientales generados por la actividad económica.

Según James (1994), existen tres importantes variantes en este método:

1. Traslado, un caso donde las víctimas de un daño medioambiental, reemplazan su medio ambiente moviéndose lejos de la zona afectada (costos de reemplazo)
2. "Sustitutos medioambientales", un caso en el cual los bienes y servicios son comprados como un sustituto para el servicio deteriorado eje. compra de agua embotellada.
3. "Proyectos sombra o compensatorios", un caso de costos de reemplazo en el cuál el daño esperado de una actividad económica, es mitigado por la inclusión de un proyecto que podría evitar la pérdida de los servicios medioambientales, eje. plantar

árboles en zonas deforestadas, debido a la construcción de caminos, practicar obras de conservación de suelos en zonas con posibilidad de inundaciones etc.

En muchos casos diferentes tipos de comportamiento preventivo, pueden darse simultáneamente y no solamente involucrar gastos en dinero, sino también costos de tiempo (costos de oportunidad) y otros recursos.

En resumen los supuestos implícitos de los que parte la base de esta clase de análisis, son:

- Se dispone de datos confiables sobre los costos de mitigación
- No hay beneficios secundarios asociados con los gastos, lo cual significa que el beneficio es personal y no ambiental.

Algunas de las principales limitaciones en la aplicación de este método en los países en desarrollo son mencionadas por Winpenny (1991), el cual afirma que el ingreso puede limitar los gastos defensivos en las comunidades más pobres y hacer mucho más difícil la estimación de los costos. Además estos países se caracterizan porque en ellos se producen cambios medioambientales recientes y rápidos (eje rápida urbanización o deforestación masiva) y las consecuencias totales a corto plazo solo pueden ser medidas por las personas afectadas directamente.

2.5 Métodos de estimación de efectos en salud humana.

2.5.1 Cambios en la tasa de morbilidad. Método del costo de tratamiento

La Morbilidad es definida como la pérdida de bienestar del estado físico y mental de las personas, resultado de una enfermedad o daño, de la cuál el individuo afectado es consciente (Braden y Kolstad, 1998).

Según Freeman (1993), el estado de morbilidad, desde el punto de vista de capital humano, sugiere la pérdida de ingresos que el individuo deja de percibir como resultado de la enfermedad, producida por factores medioambientales adversos.

El enfoque de costo del tratamiento es a menudo utilizado para valorar el costo que la morbilidad ocasiona a la sociedad (costos por tratamiento médico y costos por cuidados de la salud).

Según Azqueta (1994) este método parte del supuesto que una pérdida de salud le supone a la persona afectada e indirectamente a la sociedad una pérdida de bienestar que presenta los siguientes componentes:

- a) Los derivados del costo de hospitalización y tratamiento de la misma (incluyendo los costos de diagnóstico).
- b) Los días de trabajo perdidos y de actividad restringida, con el consiguiente perjuicio económico.
- c) El no poder disfrutar del tiempo libre.
- d) El costo que el propio malestar supone para la persona enferma.
- e) El costo del sufrimiento de parientes.

El método se basa en cuantificar los dos primeros costos ya que son fácilmente computables. Una vez obtenidas las funciones dosis/respuesta, se calcula el número de personas afectadas y el carácter de la incidencia (días de trabajo perdidos), aplicando a cada una de estas categorías el costo económico correspondiente, sumando para ello la partida relativa a los costos de diagnóstico y tratamiento para cada caso y se obtiene una aproximación del valor económico que representa el cambio en la tasa de morbilidad de la población afectada.

Según Braden y Koistad, (1998) es conveniente usar este método bajo las siguientes condiciones:

- a) Una relación causa-efecto directa, puede ser establecida
- b) La enfermedad es de duración limitada, no amenaza la vida y no posee efectos de larga duración.
- c) El valor económico de la pérdida de productividad es calculable
- d) Los costos de cuidados de la salud son conocidos.

Según Winpenny (1991), para los países en vías de desarrollo algunas de las limitaciones de la aplicación de este método consisten en que los datos médicos son a menudo insatisfactorios y no pueden apoyar los estudios epidemiológicos requeridos para este caso, además los prevalentes niveles de pobreza, insalubridad y baja esperanza de vida en comunidades pobres tiene un número de causas interrelacionadas y es difícil aislar un solo agente causal. También el hecho de medir tiempos productivos e improductivos es usualmente difícil, en miembros de familias pobres, los cuales apenas contribuyen con algún tipo de actividad productiva. Otro factor importante de considerar es el difícil cálculo de costos, cuando las personas usan medicinas casera o tradicionales, debido a escasos recursos médicos, tal como sucede en muchos países pobres.

2.5.2 Principales causas de morbilidad en El Salvador.

En El Salvador la población carece de un bajo nivel de salud en general, debido a numerosas causas entre las que podemos mencionar las deficiencias nutricionales, la falta de medidas preventivas e higiénicas y la falta de atención curativa adecuada y temprana que evite el desarrollo de enfermedades.

Una de las principales causas conocidas relacionadas con pérdidas en la salud humana es el consumo de agua contaminada, a veces sin ningún tratamiento previo, lo cual predispone a los pobladores a la incidencia de enfermedades en su mayoría de tipo gastrointestinales. Datos obtenidos sobre el estado de salud de la población, reportan que el 21% de las consultas diarias son hechas por enfermedades como disenterías, diarreas, tifoidea y parasitismo intestinal, la mayoría en niños menores de 10 años (OPS, 1998)

En el año de 1996 el parasitismo intestinal fue la segunda causa de morbilidad, registrándose 233.406 casos, con una tasa de incidencia de 4.745 por 100.000, asimismo se notificaron 146.188 casos de enfermedad diarreicas, con una incidencia de 2972 por 100.000, convirtiéndose en la tercera causa de morbilidad, siendo los mas afectados los niños menores de 5 años (MSPAS, 1996).

Durante el período 96-97, en niños menores de un año el 6% de las consultas lo ocupan el parasitismo intestinal, en tercer lugar la infección intestinal mal definida, ocupando un 4%. En el grupo de 1 a 4 años el parasitismo intestinal fue la segunda causa de morbilidad aportando un 10% y la infección intestinal mal definida un 7%. En niños de 5 a 14 años un 15% de las consultas fueron debidas a parasitosis intestinales (OPS, 1988).

Se conoce que la población rural de la subcuenca del río Las Cañas, padece de un bajo nivel de salud, cuyas causas son las mismas que para la población en general, aunque esta presenta características propias. Los riesgos para esta población parecen mayores por el hecho de que la mayoría de los pobladores rurales, viven en las riberas del río y sus tributarios, por lo cual se encuentran mucho más expuestos al consumo o contacto de agua contaminada por microorganismos patógenos y parásitos, así como también al ataque de dípteros vectores de enfermedades.

Según reportes de la unidad de Salud de Popotlán, incluida en el área de influencia de estudio, perteneciente al Municipio de Apopa, Departamento de San Salvador, la incidencia de enfermedades diarreicas se incrementa durante los meses de junio a agosto y la mayor frecuencia de casos de consulta son de personas que provienen de la población peri-urbana (89%) con predominio de niños menores de 1 año y de 1 a 4 años, lo cual obedece a diferentes causas de saneamiento ambiental, en especial de la ingesta de agua contaminada y alimentos mal lavados, uso inadecuado de letrinas y baja cobertura de las mismas que ocasiona la contaminación de las fuentes de agua utilizadas para consumo y uso doméstico en la zona (MSPAS, 1996).

2.5.3 Cambios en la tasa de mortalidad. Método del Capital Humano

La Mortalidad es la medida de un cambio en la salud, que tiene como resultado la muerte, o más específicamente, es el cambio en la probabilidad condicional de morir a esa edad, para un grupo identificado de individuos bajo riesgo(Azqueta,1994)

Cuando la pérdida de ingresos es utilizada para valorar el costo asociado con mortalidad, a este se le denomina el enfoque del capital humano. Según el principio de este método, las personas son tratadas como unidades de capital económico y sus ingresos como una inversión, ya que cada persona se mide de acuerdo a su productividad (Freeman, 1993).

Según Freeman (1993) la medida del capital humano parte de dos supuestos básicos:

- a) Que el valor de un individuo esta dado por lo que él produce y su productividad es medida sobre la base de sus ingresos.
- b) Con la muerte de un individuo, el ingreso se pierde.

Este método en esencia es una valoración exógena, en post de la vida de un individuo en particular, utilizando como una aproximación el valor presente de la pérdida (bruta o neta) de las ganancias del fallecido en el mercado. En otras palabras esto puede expresarse como cuales serían los beneficios que obtendría la sociedad si esa persona siguiera viviendo, o sea lo que produzca en esos días menos lo que consuma (Dixon *et al.* 1994).

Este método ha tenido a lo largo del tiempo muchas críticas, debido que a mucha gente le parece cruel e inhumano valorar la vida desde el punto de vista del ingreso y la productividad.

Además algunos economistas como Freeman (1993) y Winpenny (1991) refieren muchas limitaciones a la aplicación de este método, como por ejemplo que cuando esta valorándose la mortalidad infantil o de adultos jóvenes, es particularmente sensitivo escoger una tasa de descuento adecuada, ya que ellos empiezan a ser participantes productivos en la economía, entonces el capital humano asigna valores mucho menores a la vida de los niños que a la de los adultos.

El mismo caso se produce cuando dependiendo del nivel cultural de un país determinado, por efectos de raza y edad se le asigne valores mayores a la vida de los hombres que a la de las mujeres. Otro caso especial que vale la pena mencionar es el de personas deshabilitadas física o mentalmente, donde el capital humano, les asigna valores de cero (Dixon *et al.* 1994).

2.5.4 Principales causas de mortalidad en El Salvador.

La situación actual de la población salvadoreña, reporta bajos niveles de salud, debido a la alta incidencia de enfermedades causadas por diversos factores, en su mayoría de tipo externos, accidental y ocupacional que pueden causar altas tasas de mortalidad.

En el período 1990–1995 se estimaron unas 36 000 defunciones por año, lo que implica una tasa bruta anual de mortalidad de 7,0 por 1.000 habitantes. De este total, un 10% se debió a enfermedades transmisibles con un predominio de las enfermedades infecciosas intestinales. La esperanza de vida estimada para el período 95-99 fue de 67.1 años aumentando a 63 años en varones y a 71 años en mujeres. (OPS, 1998).

Entre las causas que generaron mayor mortalidad en el grupo de niños de 0 a 4 años destacan las infecciones intestinales con un 57%, en el grupo de 10 a 14 años un 25%, sin figurar como principal causa en los grupos de jóvenes, adultos y un solamente un 15% en adultos mayores (MSPAS, 1996).

Las altas tasas de mortalidad en los países pobres, producen una escasez de capital humano que se ve reflejado en los cambios en la productividad y altos costos de oportunidad para las economías, lo cual denota la importancia de asignar un valor económico que represente la importancia de tomar medidas que ayuden a preservar la vida humana.

2.6 Aspectos generales de la legislación ambiental en El Salvador, referentes a los recursos hídricos.

En la Constitución de la República de El Salvador, figuran normativas y competencias en lo referente a los recursos hídricos, sin embargo, aún no se dispone de un plan maestro para el aprovechamiento racional, uso eficiente y protección del recurso hídrico.

Existe una diversidad de normas y leyes, las cuales generan una dispersión de responsabilidades ya que son varias las instituciones que tiene mandato para la administración del recurso, sin un organismo que las vincule y que pueda ejecutar a escala nacional las decisiones pertinentes. Por lo general es el Estado el que ha actuado como administrador del recurso, determinador de políticas sectoriales y como un regulador y mediador para dirimir los derechos sobre el recurso hídrico. (CEL, 1999).

En el país las instituciones involucradas con los recursos hídricos son el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) y la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Con respecto a las leyes y regulaciones solo existe el Decreto Ejecutivo No. 50 publicado el 16 de octubre de 1987 y reformado el 10 de marzo de 1989, que establece el Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección. No existe un Marco Jurídico específico para el cumplimiento de las normas ambientales, por lo que su aplicación se ha convertido en objeto de análisis y recomendaciones.

La Fiscalía General de la República ha creado la Unidad de defensa del Medio Ambiente con funciones de representación del estado en aspectos relacionados al medio ambiente. Dicho Ente desempeña un papel muy importante, tomando en cuenta que la regulación de los recursos naturales sigue una orientación del dominio público, por ello las actividades de explotación de los recursos deben ser objeto de concesión, permiso o licencia.

El sistema Jurídico aún enfrente muchas situaciones ambientales, las cuales no se encuentran suficientemente o adecuadamente reguladas, sin embargo con la vigencia de la ley del Medio Ambiente, se han creado las condiciones para el establecimiento de un marco jurídico que sea coherente con la estrategia de desarrollo sostenible.

A pesar de todas estas normativas, las causas principales del problema de contaminación en El Salvador se agrupan en cinco aspectos, entre ellos los de tipo institucional como lo son la falta de políticas programas y planes de control, falta de responsabilidad o competencia entre las instituciones del estado. Sectoriales, donde el sector industrial no se ha incorporado formalmente a un plan de ecoeficiencia y reconversión legales, ya que

el marco regulatorio es insuficiente y falta de mecanismos para la aplicación del cumplimiento de la ley. Informativos como la falta de programas de vigilancia y por último los de tipo económicos, donde los agentes emisores no pagan las externalidades negativas que causan.

Si el gobierno decide mejorar los aspectos en cuanto a la regulación de las normativas y leyes en relación al medio ambiente, estas debe responder a las siguientes propuestas para solucionar estos problemas:

1. Regular las emisiones de contaminantes en un programa gradual de manejo de la contaminación que considere la aplicación de normas viables, gestión de apoyo financiero, la capacidad institucional del país y un proceso de sensibilización.
2. Incentivar la reducción de la contaminación ambiental mediante la transferencia de tecnologías limpias de producción y manejo de los desechos peligrosos.
3. Prohibir el ingreso de desechos peligrosos y establecer mecanismos para el control de los productos producidos localmente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La subcuenca del Río Las Cañas se extiende al norte del Lago de Ilopango y nordeste de la ciudad de San Salvador. Tiene un área de 7605 hectáreas y un perímetro de 615.3 kilómetros y pertenece políticamente al departamento de San Salvador, posee buen acceso y se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros y 40 minutos de la ciudad capital.

La Subcuenca se encuentra entre los municipios de Tonacatepeque, Apopa, Soyapango y Ciudad Delgado, extendiéndose al norte del lago de Ilopango y de la capital, San Salvador. Esta posee como afluente principal al Río Las Cañas, el cuál consta de un drenaje integrado por seis vertientes que forman los Ríos nombrados como: Mistancingo, Izmatapa, Chamulapa, Agua Caliente y el Sillero. (Ramakrishna, citado por Melgar, 1995). (Figura 1).

El Río Las Cañas recorre en extensión los siguientes Municipios: Tonacatepeque: 10.7 km., Apopa: 7.5 km. Soyapango: 5.5 km. y Ciudad Delgado: 2 km. Este río es afluente del río Acelhuate, el cuál a su vez desemboca en el Lempa, que es el más importante del país, ya que en él se encuentra la red generadora de energía eléctrica., la cual consta de cuatro Represas o Embalses importantes: Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre, Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, Central Hidroeléctrica Cerrón Grande y la Central Hidroeléctrica Guajoyo.

Esta subcuenca fue seleccionada como zona de estudio, por presentar un alto grado de contaminación, siendo un área eminentemente agrícola, con predominancia de cultivos de granos básicos y hortalizas, además el crecimiento urbanístico e industrial en la zona alcanza ya un 40%, lo cual origina altas descargas de sedimentos y vertidos de aguas residuales, así como también residuos de plaguicidas y fertilizantes que ocasionan la contaminación de mantos acuíferos y sus consecuentes efectos sobre el medio ambiente y la salud humana.

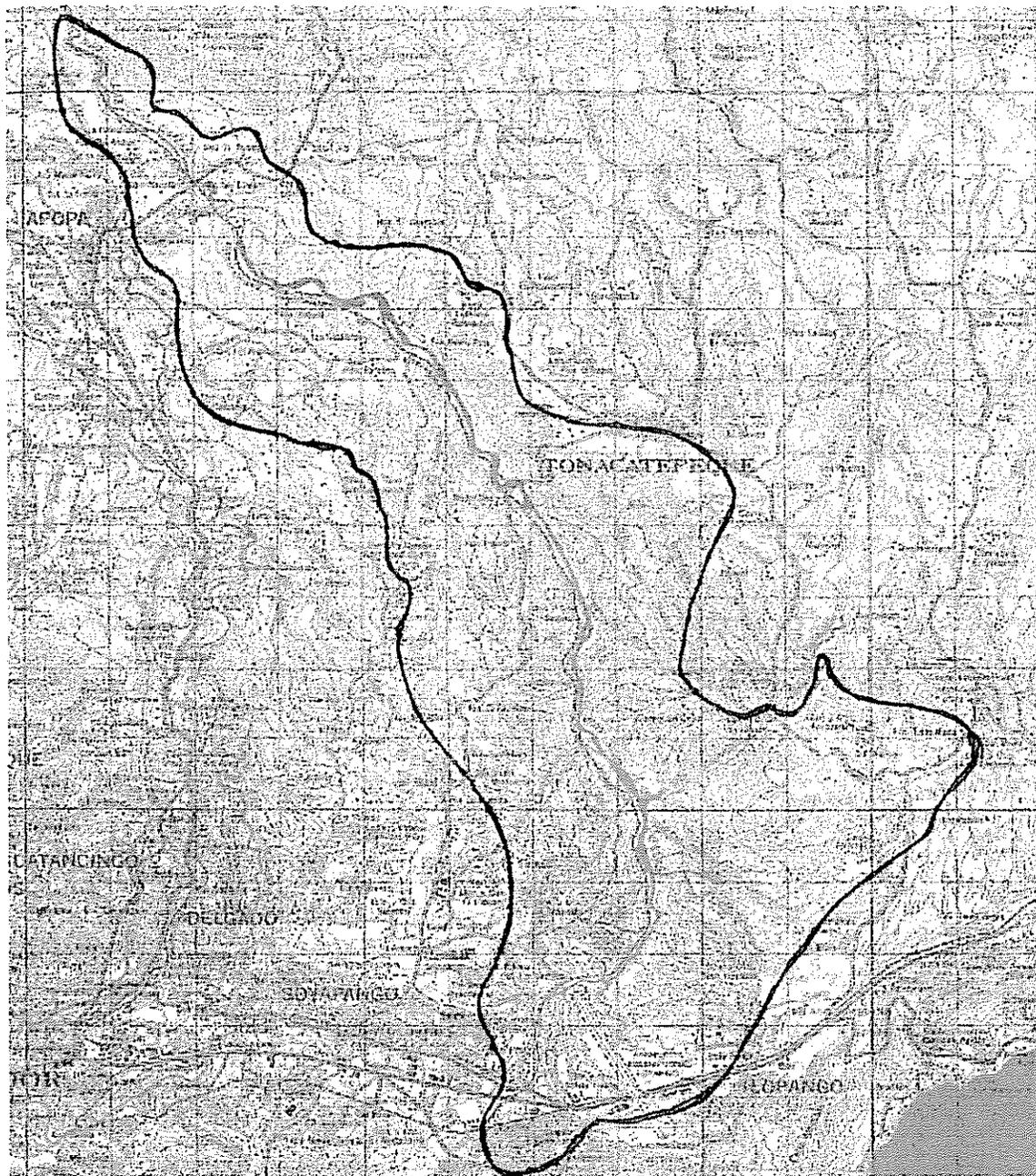


Figura 1. Mapa de Ubicación de la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador. Centro Nacional de Registros, Raíz e Hipoteca, 1998.

3.2. Recolección de Información.

3.2.1 Información secundaria.

La recolección de datos secundarios, se basó fundamentalmente en estadísticas de los Ministerios de Salud, Educación y las Alcaldías Municipales de los municipios de las localidades de Tonacatepeque, y Apopa (Popotlán) durante los últimos cinco años, (período 95-2000), además se recolectaron mapas de fuentes cartográficas e hidrográficas, análisis de calidad de agua superficial y subterránea e información sobre actividades económicas generales y específicas de la subcuenca del Río Las Cañas.

De las estadísticas obtenidas en las Unidades de Salud de Los Municipios de Tonacatepeque y Apopa (Unidad de Salud de Popotlán) se recolectaron los datos epidemiológicos específicos de la población rural, en cuanto a número de casos de enfermedades diarreicas, costos de tratamiento médico por las mismas y días de incapacidad médica otorgados por cuadros de morbilidad, así como datos de ocupación, edad y ubicación de vivienda de la persona que consultó por enfermedad. No se consultaron registros de la Unidad de Salud del Centro de Apopa, debido a que la misma atiende mas que todo a los pobladores de la zona urbana del Municipio.

Además el Ministerio de salud, proporcionó cotizaciones sobre los precios de los medicamentos que son donados a las personas enfermas, para mitigar los síntomas de las enfermedades gastrointestinales, estos fueron usados para realizar los cálculos de costos de tratamiento.

En las alcaldías de las Municipalidades de Tonacatepeque, Apopa y Ciudad Delgado se recolectaron específicamente cifras sobre las tasas de mortalidad debidas a enfermedades diarreicas o enfermedades relacionadas, para la población rural de la subcuenca, las cuales fueron registradas durante los últimos cinco años (95-2000), consultando además, ocupación, edad y sexo de la persona fallecida.

El Ministerio de Educación a través del programa denominado EDUCO, proporcionó datos sobre costos de días de escolaridad para el gobierno de El Salvador, basados en cotizaciones deflactadas, sobre el salario mensual de maestros, utilización de recursos y

material didáctico, uso de mobiliario y uso de infraestructura y equipo audiovisual (Anexo 1). Estos costos se encuentran vigentes y son efectivos para la escuela primaria, y secundaria (1º a 9º grado escolar).

CEL proporcionó también alguna información referente a estudios batimétricos y ambientales realizados en la cuenca del río Lempa, información que fue completada por el Proyecto Ambiental de El Salvador (PAES), información que fue utilizada como base para el análisis de costos defensivos por sedimentación en la represa Cerrón Grande.

3.2.2 Información primaria.

La recolección de información primaria, se realizó mediante una encuesta directa. El cuestionario fue validado a través de una encuesta piloto, la cual se usó para indagar sobre el uso de prácticas defensivas para evitar el consumo de agua contaminada, sobre el acceso a servicios de salud, agua potable y algunos aspectos de saneamiento ambiental en la zona, así como también para averiguar acerca de la disponibilidad de respuesta, de la población encuestada. A partir de esta encuesta piloto, fue modificada la encuesta titular, cambiando algunas preguntas y sustituyéndolas por otras de mayor objetividad y claridad.

La encuesta constó de varias preguntas relacionadas a tres aspectos: a) uso de medidas defensivas por la población b) aspectos socioeconómicos c) aspectos relacionados con la salud. (Anexo 2).

La primera sección indaga sobre el uso de medidas o prácticas defensivas en que la población incurre para evitar el consumo de agua contaminada (hervir, clorar, filtrar, comprar agua embotellada y otras etc.), así como también el costo que representa para la población su uso.

La segunda parte se refiere específicamente a los aspectos socioeconómicos que caracterizan la población, ingreso familiar mensual, tipo de actividades que realiza para obtener ingresos, número de miembros que integran el grupo familiar, nivel educativo, ocupación y edad.

La tercera y última sección indaga sobre aspectos de salud, como la incidencia de enfermedades diarreicas o relacionadas, la frecuencia de las mismas en los miembros del grupo familiar, la asistencia a las Unidades de Salud y su acceso a las mismas.

También se incluyó una sección acerca de pérdida de días de actividad laboral parcial o total, ocasionadas por cuadros de morbilidad, pero se invalidó debido a que no hubo respuesta por parte de la población encuestada sobre este particular.

Lo anterior se debe a que las secciones en la encuesta sobre aspectos de salud (enfermedades y muertes) no arrojaron datos confiables, ya que se presentaron muchos casos de no-respuesta o de respuestas débiles o inseguras por parte de la población encuestada.

Los encuestados en su mayoría fueron agricultores o comerciantes, los cuales se han visto en el pasado amenazados por el Ministerio de Salud, debido al problema de brotes de cólera en El Salvador durante los años 95 y 99, cuya diseminación se atribuía en su mayor parte a las siembras y comercialización de hortalizas, particularmente de rábanos, berros y ayotes, cultivados en las orillas del río Las Cañas, por lo que dicho Ministerio quería prohibir las siembras de hortalizas en las riveras del río y evitar regadíos de las mismas con ese tipo de agua, si se continuaban presentando casos de cólera en la zona.

Esta situación infundió temor a las personas para responder confiadamente a las preguntas sobre incidencia de enfermedades y mortalidad por enfermedades diarreicas, causando problemas de confiabilidad de datos obtenidos en esta sección de la encuesta, por lo que hubo que recurrir a datos secundarios ya levantados por el Ministerio de salud para realizar las estimaciones.

En cuanto al uso de estos datos secundarios, se tuvo el cuidado de seleccionar la información de población proveniente de los mismos cantones y caseríos donde fue realizada la encuesta, para evitar levantar información sobre poblaciones con características diferentes.

3.2.3 Tamaño y características de la muestra.

La población meta a la cual se dirigió la encuesta fue el estrato que representa a la población rural de la subcuenca, por carecer de servicios básicos como agua potable, electricidad y dispensarios médicos. Se excluyó la población de las áreas urbanas, ya que podrían sesgar los resultados de la investigación, por el hecho de que la población urbana tiene acceso inmediato a los servicios básicos de salud y agua potable.

La población fue seleccionada mediante un muestreo estratificado. Los estratos fueron definidos como población rural de la parte alta y población rural de la parte baja de la subcuenca. El tamaño de la población (N) en cada uno de los estratos mencionados fue obtenido mediante asignación proporcional.

En total se aplicaron en forma aleatoria dentro de los estratos 150 encuestas durante los meses de mayo y junio del corriente año. La encuesta fue dirigida a los jefes de familia de las zonas rurales de los Municipios de Tonacatepeque, Apopa y Ciudad Delgado. No se tomó en cuenta el Municipio de Soyapango, debido a que carece de población rural, aún cuando pertenece geográficamente a la Subcuenca del río Las Cañas. El Cuadro 4 muestra el total de cantones y caseríos donde se realizó la encuesta.

Cuadro 4. Población Encuestada según cantones y caseríos en la subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador.

Municipio	Cantón	Caserío
Tonacatepeque	La Fuente	El Carmen, El Calvario, La fuente, Zacamil
	Las Flores	Valle Nuevo
	Veracruz	Veracruz
	El Rosario	Rosario Abajo, Rosario Arriba
	La Unión	La Unión
Apopa	San Nicolás	Las Cañas, San Nicolás
	Delicias	Las Delicias
Ciudad Delgado	La Cabaña	La Cabaña

3.3 Metodología utilizada para la identificación de las principales fuentes de contaminación en la subcuenca del Río Las Cañas.

Fundamentalmente la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, está determinada por el aporte de afluentes y por la actividad que se realiza en la subcuenca.

Para verificar las principales fuentes de contaminación del agua superficial y poder estimar el volumen de contaminantes, se realizaron análisis de calidad, durante el mes de Mayo del corriente año, al inicio de la época lluviosa. Se tomaron tres muestras de agua en diferentes puntos de la subcuenca distribuidos en los municipios de recorrido del cauce del río, principalmente en puntos aledaños a zonas urbanas, rurales e industriales. Los puntos de muestreo fueron los siguientes:

- La muestra 1 recolectada en Cantón el Rosario, Jurisdicción del Municipio de Tonacatepeque.
- La muestra 2 recolectada en el cantón San Nicolás, Jurisdicción del Municipio de Apopa.
- La muestra 3 fue recolectada en el cantón la Fuente, Jurisdicción del Municipio de Tonacatepeque.

Las muestras fueron recolectadas en frascos previamente esterilizados y luego de recolectadas se enviñetaron y se trasladaron a una hielera portátil para evitar que la temperatura extrema altere el contenido físico-químicos y microbiológicos de las mismas.

Se analizaron en cada una de las muestras, un determinado número de parámetros organolépticos, físico-químicos, detergentes, grasas, parámetros microbiológicos y residuos de plaguicidas. Los resultados se compararon con criterios para aguas superficiales dulces, utilizando la Norma Salvadoreña, publicada en el diario oficial, el día 13 de agosto de 1998, editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Ministerio de Economía.

Es necesario mencionar que se realizaron solo un número de tres análisis de calidad de agua debido al alto costo de los mismos, lo cual impidió además el análisis de un mayor contenido de parámetros indicadores, que permitieran realizar mayores inferencias acerca de la calidad del agua del río.

3.3.1 Procedimiento estadístico para el muestreo de agua en el río Las Canas.

Se hizo uso de muestreo sistemático para efectuar la recolección de muestras a lo largo del cauce del río. La longitud total del río en kilómetros es de 25, desde el punto de entrada del caudal principal hasta el caudal de salida. La longitud total se dividió en segmentos, tomando en cuenta, todos los afluentes como vertientes y quebradas que drenan sitios urbanos, agrícolas e industriales. Se recolectaron muestras cada 8.3 km. haciendo un total de tres muestras. Para tener diferentes parámetros de comparación, se utilizará información secundaria de instituciones competentes que hayan realizado análisis de contaminantes en la zona de estudio, por lo que hubo que apoyarse en información secundaria.

3.4 Estimación de costos externos por consumo de agua contaminada. Cambios en las tasas de Morbilidad y Mortalidad poblacional.

Para estimar los costos externos del consumo de agua contaminada, se realizaron valoraciones de la vida humana por medio de métodos dosis-respuesta que establecen cambios en las tasas de mortalidad y morbilidad, el método del capital humano y el método del costo del tratamiento respectivamente.

3.4.1 Cambios en las tasas de morbilidad poblacional. Aplicación del método del costo del tratamiento.

Para llevar a cabo este estudio se recogieron estadísticas o expedientes médicos correspondientes a los últimos cinco años, en las unidades de salud que se encuentran

ubicadas en los Municipios de Tonacatepeque y Apopa, para obtener la siguiente información:

- a) Incidencia de enfermedades cuyo diagnóstico sea determinado por consumo de agua contaminada o enfermedades relacionadas.
- b) Número de casos reportados mensualmente y anualmente.
- c) Edad, sexo y ocupación de la persona enferma.
- d) Días de tratamiento médico y/o incapacidad por enfermedad.
- e) Días de hospitalización (si la enfermedad requirió ser hospitalizado).
- f) Cantón o caserío al que pertenece la persona enferma.

Para complementar la información obtenida en las Unidades de Salud, se llevó a cabo una encuesta que contribuyó a detectar la incidencia y número de casos de enfermedades más comunes, las cuales no se encuentran registradas en las unidades de salud (Anexo 2).

Los resultados obtenidos en costos para este estudio fueron calculados a partir de una estimación de costos de tratamiento médico (medicamentos y exámenes de diagnóstico); costos por cuidados a la persona enferma y costos por pérdidas de productividad (según déficit de ingresos por días de incapacidad médica otorgados).

En niños en edad escolar se calculó la pérdida de días de escuela a partir de los costos asignados por el Ministerio de Educación para un día de escolaridad, los cuales incluyen salario de maestros, material didáctico, uso de mobiliarios y uso de infraestructura. Se asignó además un costo por cuidados de la salud de la persona enferma, mientras duraba la enfermedad, el cual es un 40% del salario mínimo promedio (\$ 231). Este costo se asignó únicamente para los niños de 0 a 15 años y para adultos mayores (> 65 años).

Los datos socioeconómicos como la ocupación, o el tipo de empleo o trabajo de las personas enfermas, así como también los datos sobre población infantil escolar, fueron proporcionados por la Unidad de Salud a través de sus promotores cantonales.

3.4.2 Cambios en la tasa de mortalidad poblacional. Aplicación del método del "Capital Humano".

Para estimar las pérdidas de vidas humanas se utilizó el método del Capital Humano (Azqueta, 1994). Para su aplicación se accedió a las estadísticas del Ministerio de Salud y de las Municipalidades, donde se obtuvieron los siguientes datos correspondientes a los últimos cinco años (período 1996 – 2000).

- Número de casos de muertes registradas por diagnóstico de enfermedad producida por el consumo de agua contaminada.
- Edad, sexo, ocupación de la persona fallecida.

Para poder realizar el cálculo de ingresos perdidos, de un total de 56 personas con edades comprendidas entre el rango de 0 a 99 años, fallecidas durante el período 95-2000, se seleccionó a las personas en edad productiva (12 a 65 años) según FUSADES, (1998) y económicamente activas durante el año de muerte, además de los niños, entre los 0 y 12 años de edad, cuya expectativa de vida posee un alto valor económico.

De acuerdo a estas características, se seleccionaron un total de 42 defunciones de los registros de las municipalidades, entre hombres y mujeres, cuyos rangos de edades oscilan entre los 0 y 65 años y se discriminaron del estudio los fallecidos que por haber pasado la edad productiva, ya no percibían ningún tipo de ingresos.

Según el tipo de actividad productiva que la persona llevaba a cabo en vida, se dedujo la remuneración laboral en cada caso y se estimaron las pérdidas en productividad individual y colectiva por la pérdida de ingresos futuros.

Para la población económicamente activa (12-65 años), se calcularon salarios diarios sobre la base de jornales agrícolas y actividades no agrícolas con un incremento anual del 3%, según información de la primera encuesta para hogares rurales (FUSADES, 1998).

Se utilizó una tasa social de descuento de 8.96% y la esperanza de vida fue de 69.1 años en promedio para ambos sexos.

Se seleccionó un rango de población de 15%, como promedio para la población rural que alcanza estudios superiores y sus ingresos fueron calculados con base en el salario promedio para profesionales universitarios (MIPLAN, 1988).

Para niños menores de 12 años, los costos de la muerte se calcularon basándose en el ingreso promedio nacional, según población económicamente activa.

El estimado asociado a costos y datos secundarios obtenidos, se realizó mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$q = \sum_{t=N} P_{tn} (W_t - C_t) (1 + \delta)^{-(t-n)}$$

Donde:

q = costo para la sociedad que la muerte de dicha persona a la edad "t" implicaría.

P_{tn} = probabilidad en el año "n" de que la persona siga viva en el año "t".

W_t = su salario durante ese año.

C_t = su consumo personal.

δ = tasa social de descuento.

3.5 Estimación de costos defensivos por contaminación del agua y por sedimentación en la represa hidroeléctrica Cerrón Grande.

Para estimar los costos de externalidades como la sedimentación generada en el embalse de la represa El Cerrón Grande y la contaminación del agua, se utilizó el método de Costos Defensivos.

3.5.1 Costos defensivos por contaminación del agua.

Uno de los más grandes problemas que sufre la población salvadoreña: es el deficiente abastecimiento de agua potable. Solamente un 18% de las familias rurales disponen de abastecimiento de agua potable ANDA (1996).

Se conoce que en la subcuenca del río Las Cañas, los pobladores de las zonas rurales para resolver su problema de agua, recurren a tomarla directamente de pozos construidos por ellos mismos en lugares bastante cercanos a los ríos, también ha podido observarse entre algunas familias rurales, la práctica de medidas defensivas para evitar el consumo de agua contaminada, como el hervir el agua, clorarla, filtrarla, o incluso recurrir a la compra de agua embotellada. El uso de todo este tipo de medidas, hace que la población incurra en costos, los cuales deben ser cuantificados, para valorar la percepción del daño ambiental por los pobladores de la zona.

Se utilizó la encuesta como herramienta (Anexo 2) para obtener la información acerca de cuales son los gastos defensivos o medidas en que la población incurre para evitar el consumo de agua contaminada, como por ejemplo:

1. el uso de filtros caseros
2. clorar el agua
3. hervir el agua
4. compra de agua embotellada,
5. compra de agua de pozo o de camión cisterna (pipa)
6. construcción de pozos, etc.

Se le asignaron los respectivos costos a cada una de las categorías anteriores y se analizo la inversión en costos de acuerdo a calidad y cantidad del agua, según datos obtenidos en la encuesta de opinión, incluyendo costos por transporte del agua desde la fuente de obtención hasta las viviendas para calcular el gasto total.

3.5.2 Modelo de regresión lineal múltiple con variables ficticias (Dummy) para costos defensivos por calidad y cantidad de agua.

Para analizar los distintos factores que influyen en la toma de decisión de la población al aplicar un costo defensivo y su relación con una serie de factores socioeconómicos influyentes, se especificaron dos tipos de modelos de Regresión Lineal Múltiple, de corte transversal, con la inclusión de variables cualitativas ficticias que representan costos defensivos y el tipo de práctica defensiva que la gente prefiere usar.

Los pobladores de la zona están invirtiendo tanto en gastos defensivos que implican calidad (hervir, clorar, comprar agua embotellada etc.) como en gastos defensivos que implican cantidad de agua (compra de agua de pozo o camión cisterna, construcción de pozos en los hogares), por lo cual se especificaron varios modelos que implican el análisis de gastos defensivos para la inversión en los dos tipos de costos y poder observar de esta manera la influencia de las variables socioeconómicas sobre los mismos.

Los modelos especificados consideran el costo en medidas defensivas como una función de un conjunto de variables independientes. Así :

$$Y = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \mu$$

Donde la variable dependiente (**Y**) está definida como la sumatoria de los costos defensivos en que la población incurre, (hervir, clorar, comprar agua de barril, construir pozos etc.), α es el intercepto, **D** representa variables tipo Dummy, las cuales representan observaciones pasivas, a las cuales se les asigna un valor de cero y observaciones activas, a las que se les asigna un valor de uno en el modelo. Las variables independientes (**X₁, X₂, X₃, X₄**) representan una serie de atributos socioeconómicos como el nivel educativo de los jefes de familia, nivel educativo de los hijos, ingreso familiar promedio, número de hijos por hogar y μ es el error.

Para analizar los modelos se realizaron análisis de Regresión Lineal Múltiple y así poder verificar cuales son los atributos socioeconómicos más influyentes sobre la variable costos defensivos tanto para calidad como cantidad de agua .

3.5.3 Cálculo de costos defensivos por sedimentación del embalse de la Represa "El Cerrón Grande".

Para prevenir los daños producidos en el funcionamiento de la represa, debidos a la sedimentación, lo cual implica costos que tienen que ser cuantificados, la Compañía Hidroeléctrica del Lempa (CEL), tiene que tomar en cuenta el uso de una serie de medidas como dragados, monitoreos, reemplazos e inspección del deterioro de equipo, por ejemplo:

- Desgaste de componentes importantes debido a la abrasividad de las aguas, cavitación u otras causas.
- Deterioro de componentes importantes por repetidas reparaciones.
- Problemas con cavitación o vibraciones de las turbinas.
- Disminución de la eficiencia de las turbinas.
- Reemplazo de equipo deteriorado por abrasividad de aguas.

Para aplicar el método de costos defensivos se accesó a datos de CEL para valorar económicamente las medidas defensivas en que esta compañía incurre para tratar de mantener la capacidad del embalse de la Represa Cerrón Grande. Según CEL (1999), los costos principales en que la empresa incurre debido a daños por sedimentación en los embalses, se encuentran basados en las siguientes actividades.

- a) Dragar o limpiar el embalse (cuando se haga necesario).
- b) Frecuencia de dragado del embalse.
- c) Reemplazo y/o reparación de equipo deteriorado por abrasividad de aguas turbinadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del Análisis de calidad de agua. Identificación de las principales fuentes de contaminación.

En esta parte del estudio se presentan los resultados del análisis diagnósticos de calidad de agua y las principales fuentes de contaminación (Anexo 3).

Es necesario definir principalmente que un río se encuentra contaminado cuando la composición o el estado de sus aguas son directa e indirectamente modificadas por la actividad humana, en una medida tal que disminuye la facilidad de utilización para todos aquellos fines, o algunos de ellos, a los que podrían servir en su estado natural (UCA/FIAES, 1997).

4.1.1 Contaminación Agrícola. Residuos de plaguicidas y herbicidas.

Debido al sistema de cultivos predominantes en la subcuenca del Río Las Cañas y a la intensidad de uso de la tierra, se favorece la incidencia de plagas y enfermedades que afectan los cultivos, lo cual requiere un uso intensivo de productos para el control de éstas, entre ellos insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas.

Algunas de las plagas de importancia económica, que han sido reportadas en la zona según datos obtenidos en la encuesta, son las siguientes: Crisomélidos, Mosca blanca (*Bemisia Tabaci*), Gusano cortador (*Agrotis sp.* y *Feltia sp.*) Mosca minadora (*Liriomyza sp.*) y Zompopos (*Formidae sp.*).

Debido a la presencia de estas plagas, se ha generalizado el combate químico, ya que es el método más eficaz a corto plazo para el combate de las plagas, no obstante, el uso inadecuado de estos productos implica riesgos al humano y al ambiente.

Según resultados obtenidos en la encuesta, de una muestra de 150 personas, 90 dijeron dedicarse a actividades agrícolas exclusivamente. De esos 90 productores, un total de

54% dijeron usar algún tipo de plaguicidas. Se mencionan los siguientes insecticidas en el cuadro 5, como los reportados de uso más frecuente, según datos obtenidos en la encuesta dirigida a los agricultores de la zona.

Cuadro 5. Insecticidas de uso mas frecuente en la subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador.

Nombre genérico	Nombre Comercial	Composición Química	Porcentaje de uso	Tolerancia en agua (Ug/L)
Volaton	Volaton	Organo Clorado	9.3%	0.025
Thiodan	Endosulfán	Organo Clorado	8%	0.035
Lannate	Lannate	Organo Fosforado	3.3%	3.2
Mancozeb	Manzate	Carbamato	16%	85
Metamidofos	Tamarón	Organo Fosforado	42%	5
Paraquat	Gramoxone	Bipiridilo	22%	31.5

La muestra No. 1, correspondiente a la zona del Municipio de Tonacatepeque, cantón El Rosario, contenía restos de Paraquat en concentraciones 62.5 Ug/l, cantidades que sobrepasan las normas establecidas de tolerancia en agua, no detectándose ningún otro residuo en las muestras restantes.

Es importante mencionar que en esta zona predomina el cultivo de granos básicos, por lo que el uso inapropiado de estos productos y aplicaciones cerca de las fuentes de agua, causa que sus residuos sean transportados como moléculas absorbidas en la arcilla suspendida y en coloides orgánicos hasta los cauces de agua.

Además el hecho de carecer de mano de obra, ya sea familiar o de contrato, obliga al agricultor a usar productos químicos para la poda o quema, la cuál consume tiempo y dinero y es necesaria para el establecimiento de los cultivos.

Otros datos importantes referentes al desarrollo de actividades agrícolas para la zona de la subcuenca, según información obtenida en la encuesta, se presentan en el Anexo 4.

4.1.2. Residuos de fertilizantes

En lo que respecta a los fertilizantes, los cultivos de granos básicos y hortalizas, predominantes en la zona, demandan el uso de fertilizantes, ya que ha perdido su fertilidad natural debido a la erosión y otros factores preponderantes.

Datos obtenidos en la encuesta, demuestran que un 68.7% de los productores de la subcuenca están usando fertilizantes esto se ilustra mejor en el cuadro 6.

Cuadro 6. Fertilizantes más usados en la Subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador

Tipo de Fertilizante	Porcentaje de Uso en suelo Agrícola
Fórmula N-P-K 16-20-0	43%
Fórmula Triple 15-15-15 Fósforo	12.7%
Sulfato de Amonio	57%
Urea	6.7%

Los parámetros que se utilizaron para medir los residuos de fertilizantes en el agua fueron nitratos, nitritos, sulfatos, y fosfatos.

Para la muestra No. 1, las concentraciones de nitratos (NO_3) encontradas fueron de 1.7 mg/l, los nitritos (NO_2) no fueron detectables. En cuanto a los sulfatos (SO_4) se reportó una concentración de 94 mg/l.. Con excepción de la concentración de fosfatos totales (PO_4), los cuales alcanzaron 28 mg/l. superando el valor máximo permitido, todos los parámetros antes mencionados se encuentran dentro de los valores máximos permisibles según las normas de calidad de agua.

En las muestras 2 y 3 se presentan las mismas características para nitritos, nitratos y sulfatos, exceptuando fosfatos totales (PO_4), los cuales alcanzaron 23.3 y 34.7 mg/l. en las muestras respectivamente, superando las concentraciones con valores fuera del rango de permisibilidad establecido.

4.1.3 Características organolépticas de las muestras de agua.

Los parámetros organolépticos encontrados en el análisis de las muestras de agua para el Río Las Cañas, denotan un agua totalmente contaminada con olor desagradable, color amarillento, y sabor salobre, debido a todos los vertidos realizados en ella y con valores de turbidez que oscilan entre los 35.8 y 72.5 unidades NTU, siendo el valor máximo admisible de 5 unidades, lo cual la convierte en un agua desagradable a la vista y no apta para ser consumida. El grado de turbidez además, está relacionado con la concentración de sólidos disueltos.

4.1.4 Otros parámetros fisico-químicos analizados.

Los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) reportados en el análisis fueron los siguientes: Para la muestra No.1, 168.8 y 180.6 mg/l, respectivamente, para la muestra No. 2, 240.8 y 600.0 mg/l, y para la muestra No. 3, 153.0 y 303.4 mg/l respectivamente, demuestran que este ya es un río muerto, sin oxígeno disuelto, en el que los niveles de contaminación son tan altos que no permiten la vida acuática y que ha iniciado un proceso lento, no revertido de degradación total, si se mantienen las condiciones actuales de niveles contaminantes.

4.1.5 Contaminación por desechos domésticos y aguas negras.

En esta subcuenca se localizan varias poblaciones en su mayoría rurales y urbanas, las zonas rurales de los municipios de ciudad Delgado, Tonacatepeque y Apopa, carecen de servicios de alcantarillado, este servicio solo es cubierto para algún porcentaje de la población que vive en las zonas urbanas o semiurbanas. Otro aspecto importante, la cobertura de letrinas, la cual es baja o ausente, por lo que todos los desechos líquidos domésticos, excretas humanas, desechos animales y otras sustancias orgánicas son arrastrados por la escorrentía y vertidos en los cauces del río, provocando su contaminación.

Como indicadores de descargas orgánicas en los cauces del agua se emplearon parámetros como el Nitrógeno Amoniacal, el cual es producto de la descomposición de descarga de aguas negras, Los Cloruros, el cual es indicador de residuos y desechos de origen animal, y los parámetros Microbiológicos como la presencia de bacterias coliformes fecales, bacterias coliformes totales y recuento total bacteriano.

En cuanto a la presencia de cloruros en el agua, todas las muestras presentaron concentraciones de 24.5, 22.7 y 24.3 mg/l respectivamente, estas concentraciones muestran niveles permisibles en el agua, ya que el rango máximo es de 250 mg/l para aguas de uso doméstico y consumo humano.

Las concentraciones de Nitrógeno Amoniacal (NH_4^+), para las muestras recolectadas alcanzaron las concentraciones de 51.8, 40.3 y 40.3 mg/l respectivamente, todas superan el valor máximo admisible ya que este se encuentra por debajo de 0.50 mg/l, esto denota la presencia de altas cantidades de Nitrógeno orgánico proveniente de la descomposición de vertidos orgánicos, como excretas humanas, animales y otros componentes orgánicos.

Los parámetros microbiológicos analizados, presentaron en todas las muestras recolectadas, altas cantidades de coliformes fecales, que van desde 110×10^6 hasta 210×10^6 NPM/100mL, presencia de coliformes totales cuyo rango oscila entre los 240×10^6 hasta 460×10^6 , NPM/100mL, y Recuento total de Bacterias con números de 25×10^6 , 82×10^6 y 43×10^6 ufc/ml. para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, denotando altas cantidades de microorganismos patógenos peligrosos para la salud humana, producto de excretas humanas y animales.

4.1.6 Contaminación Industrial. Vertidos de Fuentes Industriales.

En esta zona existen un total de 5 fábricas e industrias que vierten sus desechos hacia las causas del río, sin efectuar ningún tipo de tratamiento a las aguas residuales. Según PAES(2000) estas son:

- > CONELCA
- > Rayones de El Salvador

- Café Listo
- Industrias Metálicas IMSA S.A. de CV.
- Destilería Salvadoreña

Se utilizaron en este estudio, los parámetros de turbidez, sólidos sedimentables, detergentes y la presencia de grasas y aceites en el agua como indicadores de contaminación por fuentes industriales.

La presencia de indicadores de estos vertidos en el agua mostró un alto contenido de grasas y aceites en el agua, cuyos valores fueron 76.0 mg/L en la muestra N° 1, 29.5 mg/L en la muestra 3 y no detectados en la muestra 2. La presencia de estos elementos debe de estar ausente totalmente en agua de buena calidad.

Se detectó la presencia de detergentes en el agua, en cantidades de 0.97, 0.77 y 13.6 mg/l para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente. Según las normas de calidad de agua los detergentes deben estar ausentes en el agua de buena calidad.

El contenido de sólidos sedimentables en las muestras, los cuales son provenientes de aguas residuales crudas, excede las cantidades permisibles en todas las muestras, siendo los valores reportados de 4.3, 4.0 y 4.3 mg/L respectivamente. En este caso podemos decir que las aguas se encuentran contaminadas por diferentes tipos de sólidos que vuelven su utilización nociva para el consumo humano y en especial este tipo de partículas disueltas en el agua, se depositan en el fondo de los embalses provocando asolvamiento, posterior eutroficación y problemas de abrasividad.

Según los análisis de calidad de agua realizados, las concentraciones de parámetros organolépticos, microbiológicos, detergentes, aceites y grasas, demuestran que la contaminación de aguas superficiales proviene principalmente de la actividad industrial y descargas orgánicas y sépticas con origen en los núcleos urbanos y rurales localizados en la subcuenca, más que por contaminantes agrícolas, lo cual aprueba la hipótesis planteada en el presente estudio.

Las concentraciones de coliformes fecales y totales, denotan altas concentraciones de excretas humanas y animales y que hacen que el uso humano del recurso pueda producir

problemas graves de salud. La Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno demuestran que el sistema acuático presenta agotamiento del oxígeno disuelto por capacidad agotada de absorción de materia orgánica y nutrientes, además por altas concentraciones de material sedimentable proveniente de suelos erosionados y descargas orgánicas. Las grasas, aceites y detergentes no deben estar presentes en agua de buena calidad y sin embargo, las cantidades encontradas por muestra son altas.

Los indicadores de contaminación agrícola en su mayoría, (Nitratos, Nitritos, Sulfatos) se encuentran en niveles permisibles, exceptuando los fosfatos, los cuales son indicadores de residuos de fertilizantes fosforados, esto puede provenir del uso de grandes cantidades de Fórmula NPK 16-20-0 en los suelos agrícolas de la subcuenca, con un porcentaje de uso de 43% y en dosis de 700 a 900 kg/ha. Otro indicador de contaminación agrícola encontrado fue el Paraquat, indicador del uso de Gramoxone, el cual esta muy generalizado por los agricultores de la subcuenca..

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el estudio ambiental de la cuenca del Río Lempa, realizado por CEL(1999), los cuales reportan que el problema de contaminación para aguas superficiales se refleja principalmente en los niveles de coliformes fecales y totales, provenientes de descargas orgánicas y en los niveles de Oxígeno Disuelto que demuestra alto grado de eutroficación.

Asimismo, estudios de monitoreo realizados por el PAES, (2000) reflejan altos niveles de contaminación industrial y por desechos de aguas negras. Todos los parámetros indicadores de contaminación agrícola exceptuando fosfatos se encuentran en niveles admisibles.

Estudios realizados por UNES/FIAES (1997) afirman que las principales causas que han provocado el deterioro y la contaminación de las aguas de la subcuenca de Río Las Cañas, son el crecimiento progresivo de los núcleos urbanos, el aumento de la densidad poblacional, el cultivo intensivo de la tierra sin medidas adecuadas y el desarrollo industrial de la zona.

La mayoría de industrias descargan las emisiones no tratadas a los cuerpos de agua, alcantarillas terrenos vecinos o en las calles. El 90% de las industrias ubicadas en el

Municipio de San Salvador, no tratan sus emisiones (Banco Mundial, 1994) Aparte de que no se les cobra a estos usuarios por sus emisiones o emanaciones, generalmente también el agua se les subsidia, promoviendo así el desperdicio y el uso excesivo de este recurso y la generación de grandes volúmenes de aguas de desecho.

Esto significa que se deben de tomar medidas pertinentes, con relación al manejo integrado de cuencas, que involucre actividades para evitar y reducir la erosión, el tratamiento de descargas industriales, agroindustriales y domésticas en la zona, en beneficio de las comunidades que usan este recurso para usos diversos, así como un plan de prevención y control de enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada.

4.2. Estimación de costos externos por efectos de consumo de agua contaminada.

4.2.1 Resultados del Método del costo del tratamiento.

Las enfermedades Diarreicas agudas (EDAS), contribuyen a la pérdida de productividad laboral, tanto en días perdidos por trabajador, como en la pérdida general de productividad de las personas crónicamente enfermas, además puede impedir el aprendizaje y desarrollo en niños y adolescentes causando una pérdida de productividad difícil de cuantificar.

La aplicación del método del costo del tratamiento se basó en los datos obtenidos en una encuesta realizada a 150 familias de la zona rural de la Subcuenca del Río Las Cañas y en la revisión de datos epidemiológicos de los años 95-2000, de las Unidades de Salud de los Municipios de Ciudad Delgado, Apopa y Tonacatepeque.

Según datos reportados en la encuesta relacionadas al aspecto Salud, el 79% de la población muestreada reportó haberse enfermado de diarrea, por lo menos una vez al mes, además un 44% de las personas encuestadas coincidieron en que los miembros de la familia más afectados eran los niños, seguido por los adultos y en tercer lugar los jóvenes.

Un 87% confirmó su asistencia a las Unidades de salud más cercanas cuando se enfermaban y solamente un 4% manifestó que no lo hacía por falta de recursos económicos o por encontrarse la Unidad de Salud demasiado lejos de su hogar (5%). Del porcentaje que no asistían a las Unidades de salud, solamente un 29% dijo que hacía uso de la medicina casera para curarse.

Según estadísticas de Las Unidades de Salud de los Municipios de Tonacatepeque y Apopa, el número de casos de enfermedades hídricas reportados durante los últimos cinco años, asciende a 12.293, atribuidas a las siguientes enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada: amibiasis, parasitosis intestinales (bacterianas y otras), tifoidea, diarrea común y disentería bacilar.

La frecuencia de enfermedades hídricas es mayor en el grupo de niños de 1 a 4 años, seguido del grupo de 5 a 14 años y en tercer lugar los niños menores de 1 año, quienes reportan el mayor número de casos para cada grupo de edad, con predominancia de la incidencia de enfermedades diarreicas comunes en su mayoría, lo cual puede apreciarse en el cuadro 7.

Cuadro 7. Incidencia de Enfermedades Hídricas por Grupo de Edad. Unidades de salud de Tonacatepeque y Apopa, para el período 95-2000. San Salvador, El Salvador.

Enfermedad	Grupo Edad	Grupo Edad	Grupo Edad	Grupo Edad	Grupo Edad	Grupo Edad
	< 1 año	1-4	5-14	15-45	45-64	>65
Parasitosis	127	1761	2010	1217	354	191
Diarrea	1231	1664	498	538	263	166
Disentería	49	41	7	11	4	1
Tifoidea	1	4	30	18	5	2
Cólera	0	0	0	2	2	2
Amibiasis	48	410	615	635	286	100
Total	1456	3880	3160	2421	914	462

Los costos de tratamiento médico varían según el tipo de enfermedad infecto-contagiosa, incluyendo los costos de diagnóstico. El costo del tratamiento médico incluyendo medicinas y exámenes de laboratorio diagnósticos (exámenes de heces, isopado rectal y sangre), antibióticos, terapias de rehidratación oral, etc. se realizó basándose en los precios que otorga el Ministerio de Salud a las Unidades de Salud y otras dependencias de salud comunitaria.

Estos costos también difieren según el grupo de edades y representan mayores costos para la población infantil de 0 a 14 años debido a la prescripción de medicamentos de tipo más específico, para el uso de los infantes, esto se ilustra de mejor manera en el cuadro 8.

Los días de actividad restringida fueron determinados en todos los casos por prescripción médica facultativa y de acuerdo al tipo de enfermedad y su severidad, con variantes de prescripción de 3 a 8 días de incapacidad laboral parcial o total. No se obtuvo información sobre este rubro en la encuesta dirigida a los hogares, por muchos casos de no-respuesta en cuanto a datos sobre morbilidad se refiere, por lo que hubo que recurrir a datos confiables como las prescripciones médicas, las cuales según encuestas de MIPLAN (1998) son cumplidas en un 90% por la persona enferma.

Todos los casos de costos de tratamiento para algunas enfermedades como cólera y tifoidea, que se registraron en las unidades de salud, fueron remitidos a hospitales nacionales, e incluyen además de los costos por tratamiento (medicinas, exámenes de laboratorio etc.) los costos de atención médica diarios, calculados en base a un salario de 6.000 colones mensuales en concepto de salario para médicos empleados por el Gobierno en hospitales nacionales. (MIPLAN, 1998).

Cuadro 8. Costos de Tratamiento médico (colones salvadoreños) por enfermedades según grupo de Edad, San Salvador, El Salvador.

Enfermedad	Costos	Costos	Costos	Costos
Grupo Edad	0-4	5-14	15-64	65>
Parasitosis	101	86	86	86
Diarrea	40	25	25	25
Disentería	236,1	218,7	251,1	251,1
Tifoidea **	1870,1	1.865,1	169,6	169,6
Cólera**	1870,1	1.865,1	209,6	209,6
Amibiasis	239,7	224,7	117,6	117,6

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1998.

** Estas enfermedades requieren hospitalización, por lo tanto los costos incluyen atención médica diaria.

4.2.2 Costos de tratamientos para niños menores de cinco años

El costo del tratamiento para los niños menores de cinco años se basó en la incidencia de enfermedades diarreicas e infecto contagiosas (No. casos reportados anualmente) y el costo del tratamiento médico. Se adicionó además el costo por cuidados en salud del niño enfermo, partiendo del supuesto de que debido al cuadro de morbilidad, el niño presenta días de actividad restringida y debe ser atendido por una persona a su cargo, por lo que se le atribuyó un 40% del salario mínimo promedio mensual basándose en jornales (Ø 35 diarios) Azqueta (1994).

Los días de actividad restringida fueron calculados sobre la base de recomendaciones médicas, por falta de información en la encuesta sobre este rubro, tal como se especificó anteriormente. Los resultados obtenidos para el costo del tratamiento en niños menores de cinco años fueron de **459.890,1** colones y su equivalente en dólares **\$ 52.860,9**

Cuadro 9. Costo estimado del tratamiento en niños de 0- 4 años (colones salvadoreños).

Enfermedad	Total casos	Costo tratamiento Médico	Costo Cuidados	Días incapacidad	Costo total (C)
Parasitosis	1888	101	420	7	193.628
Diarrea	2895	40	420	3	117.060
Disentería	90	236.1	420	5	23.349
Tifoidea	5	1870.1	420	8	12.710,5
Cólera	0	0	0	0	0
Amibiasis	458	239.7	420	8	113.142,6

4.2.3 Costos de tratamiento para niños de 5-14 años

Para niños de 5 a 14 años, el cálculo se basó en las mismas categorías anteriores, con la diferencia de que se adicionó un costo más, el de la pérdida que representa para el Gobierno de El Salvador los días en que el niño no asiste a la escuela debido a enfermedad, para ello se enumeró los casos de niños que asisten a la escuela y que presentaron cuadros de morbilidad. Se obtuvieron un 60% de niños escolares y un 40% que no asiste a la escuela. A los niños que perdieron días de escuela, se les adicionó el costo que el Ministerio de Educación atribuye a un día de escuela, este costo adicional es de 350 colones diarios.

Los costos de tratamiento para niños escolares ascienden a la suma de **Ø 239.341,2** colones y su equivalente en dólares **\$27.510,48**. En cambio para niños no escolares (40% de la población de la subcuenca), la suma monetaria asciende a **164.803,4** colones y su equivalente en dólares **\$ 18.942,9**.

Cuadro 10. Costo estimado de tratamiento para niños no escolares en edades de 5 a 14 años (colones salvadoreños).

Enfermedad	Total casos	Costo tratamiento Médico	Costo Cuidados	Días incapacidad	Costo total (C)
Parasitosis	804	86	420	7	72.084
Diarrea	200	25	420	3	6.260
Disenteria	3	2187	420	5	2.756,1
Tifoidea	12	1865.1	420	8	2.5741,2
Cólera	0	0	0	0	0
Amibiasis	243	224.7	420	8	5.7962,1

Cuadro 11. Costo estimado del tratamiento para niños escolares en edades de 5 a 14 años (colones salvadoreños).

Enfermedad	Total casos	Costo tratamiento Médico	Costo Cuidado	Costo días de escolaridad	Días incapacidad	Costo total (C)
Parasitosis	1206	86	420	350	7	109.106
Diarrea	298	25	420	350	3	9.760
Disenteria	4	2187	420	350	5	4.724,8
Tifoidea	11	1865.1	420	350	8	2.6676,1
Cólera	0	0	0	0	0	0
Amibiasis	369	224.7	420	350	8	89.074,3

4.2.4 Costos de tratamiento para adultos.

Los costos de tratamiento en el caso de los adultos, fueron calculados partiendo del supuesto de que la población económicamente activa de la subcuenca, inicia su actividad productiva a los 15 años y termina a los 65 años y en los datos que proporcionaron los promotores cantonales sobre ocupación e ingresos de los adultos enfermos.

Los cálculos se basaron en la incidencia de diarrea reportada por las Unidades de Salud, el costo de tratamiento médico por enfermedad (el cual es un 32% más bajo que el de los niños), la pérdida de productividad y un promedio de días de actividad restringida.

El cálculo de pérdida de productividad se basó en un salario jornal promedio de 35 colones diarios, obteniendo el déficit, o sea los ingresos que la persona deja de percibir durante los días de actividad restringida y no puede trabajar (ver cuadro 12).

Los costos de tratamiento para personas adultas en edad productiva ascienden a un monto de **232.072,1** colones y su equivalente en dólares de **\$26.674,9**. Estos estimados no dan cuenta de la productividad perdida en los hogares y otras actividades generadoras de ingresos, no incluidos en la definición de "empleo o jomales", por lo tanto constituyen una subestimación significativa de las pérdidas verdaderas en productividad.

Cuadro 12. Costo estimado del tratamiento para adultos 15-65 años en edad productiva (colones Salvadoreños)

Enfermedad	Total casos	Costo tratamiento Médico	Costo Días de actividad económica perdidos	Días incapacidad	Costo total (C)
Parasitosis	1217	86	105	3	104.767
Diarrea	538	25	105	3	13.555
Disenteria	11	251.1	105	3	2.867,1
Tifoidea	18	1769.6	280	8	32.132,8
Cólera	2	1809.6	280	8	3.899,2
Amibiasis	635	117.6	175	5	74.851

4.2.5 Costos de tratamiento para adultos mayores.

Para el caso de los adultos mayores o de la tercera edad, que son las personas mayores a 65 años y que ya no son activas desde el punto de vista económico ya que no perciben un salario, el cálculo de los costos de tratamiento se basó en la incidencia de casos de diarrea reportados en la Unidad de Salud, los costos de tratamiento médico, costos por cuidados durante el cuadro de morbilidad, partiendo del supuesto de que existe una persona a cargo del anciano enfermo, deduciendo un 40% del salario promedio mensual basado en un jornal de 35 colones diarios como valoración económica. Los días de actividad restringida también fueron determinados por prescripción médica, de acuerdo al tipo de enfermedad hídrica y por la severidad de la misma (Ver Cuadro 13). El costo de tratamiento para adultos mayores es de **96.724,2** colones y su equivalente en dólares de **\$ 11.117,7**.

Cuadro 13. Costo estimado del tratamiento para adultos mayores (colones Salvadoreños)

Enfermedad	Total casos	Costo tratamiento Médico	Costo Cuidado	Días incapacidad	Costo total (C)
Parasitosis	354	86	420	3	33.384
Diarrea	263	25	420	3	7.835
Disenteria	4	251.1	420	3	22.644
Tifoidea	5	1769.6	420	8	12.208
Cólera	2	1809.6	420	8	6.979,2
Amibiasis	286	117.6	420	5	35.733,6

En resumen, los costos agregados de las enfermedades diarreicas e infecto contagiosas son aproximadamente de **1.192,831** colones para el quinquenio 95-2000 y su equivalente en dólares de es **\$ 137:107**

Aunque sería ideal tratar de tener datos exactos sobre los costos de las enfermedades diarreicas, este análisis se basó en datos confiables aún con estimaciones muy conservadoras, ya que los costos de la diarrea son probablemente mucho más altos, ya que no se consideran en el análisis otros tipos de costos como el sufrimiento de la persona enferma y de parientes, el costo de oportunidad del tiempo de enfermedad etc.

Las estimaciones sobre morbilidad, para asignarles un verdadero costo económico deben visualizar, no solo los costos económicos, sino los psicológicos, también las valoraciones en cuanto a la pérdida de bienestar del individuo mismo y de los miembros de su familia.

Los daños a la salud en niños por enfermedades diarreicas, tal como se aprecia en este estudio, son mucho más perniciosos que el puro costo económico de los mismos, ya que impactan su desarrollo mental y capacidad de aprendizaje o roban su juventud y vitalidad. El futuro desarrollo económico y crecimiento nacional se comprometen cuando los niños de la nación no pueden alcanzar su desarrollo potencial pleno, lo cual influye grandemente en la economía de los países en desarrollo.

Al tratar de analizar el origen de todos los problemas de morbilidad en El Salvador, se deduce su atribución principalmente al inadecuado abastecimiento de agua potable y

saneamiento ambiental, al poco acceso a los servicios de salud debido a los bajos ingresos o a la falta de los mismos, lo cual no permite que estas personas tengan acceso a servicios de aseguranza médica a través del Seguro Social y también a la debilidad de la legislación en materia de protección de los recursos hídricos.

Los costos de la degradación ambiental, afectan mucho más a las personas de bajos ingresos en las áreas rurales que a las personas que viven en los núcleos urbanos, ya que la mayoría en las zonas rurales obtienen su agua de ríos y pozos que están contaminados con desechos agrícolas, industriales y municipales y en consecuencia son víctimas de la acción de microorganismos patógenos como coliformes fecales, causantes de enfermedades gastrointestinales (especialmente la diarrea).

Este tipo de enfermedades, prevalece mucho más entre los grupos de bajos ingresos, ya que estos hogares tienen menos acceso a educación, poseen pocas fuentes alternativas de energía para descontaminar los recursos por sus propios medios al carecer de energía eléctrica y poseen recursos monetarios limitados para utilizar medidas o prácticas defensivas que eviten los cuadros de morbilidad que los aquejan.

Las pérdidas en productividad quizás sean el problema más grande que ocasiona la morbilidad diarreica en los países en desarrollo, ya que los ingresos que dejan de generarse afectan grandemente a las economías, ya que contribuye aun más a aumentar la pobreza y a generar desempleo. Así como también aumentan los elevados presupuestos gubernamentales designados a medicamentos y los gastos en ingresos hospitalarios para la población.

Existen muy pocos estudios relacionados a estimar costos de morbilidad en El Salvador, estudios recientes realizados por Panayotou y Faris, (1997), acerca de los costos económicos de las enfermedades gastrointestinales relacionadas al consumo de agua contaminada en El Salvador, muestran que el costo anual de tratamiento de la diarrea para la población económicamente activa, asciende entre 14 y 21 millones de colones anuales, realizando los cálculos en base a una población de 9000 personas encuestadas pertenecientes a la zona del Municipio de San Salvador.

Para estimar las pérdidas de productividad crearon un rango de 1.5 a 2 días perdidos al mes por enfermedades diarreicas. Los autores afirman que estos valores aun son una subestimación de las pérdidas verdaderas de productividad por cuadros de morbilidad ya que estos costos no incluyen la productividad perdida en los hogares debido a la enfermedad de un miembro de la familia y los costos de oportunidad.

Las cifras de costos obtenidos por Panayotou y Farís (1997), son mucho mas altas que los obtenidos en el presente estudio, debido a que las poblaciones en cuestión son totalmente diferentes en cuanto a la incidencia y frecuencia de enfermedades diarreicas en núcleos urbanos, los cuales cuentan con servicio de agua potable y mejores condiciones de saneamiento y en cuanto al nivel de ingresos el cual es mayor en las ciudades, ya que las actividades económicas tienen mayor remuneración salarial que en las zonas rurales. Además los costos de tratamiento estan calculados basándose en los precios de mercado y en asistencia médica particular o por Aseguranza del Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

Muchos de estos altos costos en salud podrían evitarse, si se tomaran las medidas adecuadas por los funcionarios del Medio ambiente, así como para funcionarios del Ministerio de Salud, ya que tal y como este estudio lo demuestra, se presentan cambios sustanciales en las tasas de morbilidad poblacional debido las dosis de contaminación ambiental en la zona de estudio a través de los años y debido a los efectos dosis respuesta. (Figura 2).

4.3 Cambios en las tasas de Mortalidad poblacional

4.3.1 Resultados de Aplicación del Método del Capital Humano.

El objetivo de este capitulo es cuantificar, los costos económicos de la mortalidad por enfermedades diarreicas en la subcuenca del Río Las Cañas.

Las enfermedades gastrointestinales son responsables de una tremenda pérdida en vida humanas, especialmente de niños. Aproximadamente 12.000 niños mueren cada año

debido a las enfermedades diarreicas. Lo cual constituyen una enorme carga para la sociedad salvadoreña.

La estimación de costos en este estudio, se basó en los reportes de mortalidad de las Municipalidades de Apopa, Ciudad Delgado y Tonacatepeque para los años 95-2000 y en los registros de mortalidad de las Unidades de Salud de los mismos, la cual incluye informes sobre número de casos de muerte por enfermedad ocasionada por el consumo de agua contaminada o relacionada, causas de la muerte, datos de vida de la persona fallecida, su ocupación y fecha de fallecimiento.

El enfoque consistió en calcular a través del método del capital humano, los ingresos que deja de percibir la economía salvadoreña debido a la productividad perdida por individuo (aproximada por ganancias vitelicias perdidas) por una muerte prematura.

Cumpliendo con la aplicación de la fórmula del capital humano el cálculo se basó en un salario promedio de $\text{Q} 35$ colones diarios, con un incremento anual del 3% para las personas en edad productiva (12 a 65 años) que realizan actividades de índole agrícola (jornales agrícolas) y en un salario promedio de $\text{Q} 58,4$ colones diarios para hombres y $\text{Q} 50,24$ colones diarios para mujeres, en concepto de ingreso promedio para actividades no agropecuarias, según datos obtenidos de la primera encuesta de hogares rurales (FUSADES, 1999).

La figura 3 ilustra los casos de mortalidad en la subcuenca que fueron seleccionados para realizar el cálculo del capital humano, o sea la población económicamente activa durante los años 95-2000 para la zona en estudio.

Este cálculo también se realizó con base en la información obtenida en la encuesta dirigida a la población de la zona de influencia para el estudio, en la cual se reportan el tipo de actividades generadoras de ingresos (jornales agrícolas, comercio de productos agrícolas y otros, extracción de arena, jornales no agrícolas, oficios domésticos etc.).

Para los niños menores de 12 años el cálculo fue basado en el ingreso Nacional promedio, según población económicamente activa, debido a que existe una mayor

expectativa económica con relación a la vida de los niños. Este ingreso es equivalente a 24.230,27 colones anuales (UCA, 2000).

Según Estadísticas del Ministerio de Educación solamente un 15% de la población en zonas rurales alcanza un grado universitario, por lo tanto, se seleccionó un 15% de los casos de mortalidad como casos de personas que pudieron haber obtenido un grado académico universitario y para esa muestra, los cálculos se basaron en un ingreso promedio de Ø 6.000 colones mensuales para el profesional trabajador del sector gubernamental en El Salvador (MINED, 1998).

Partiendo del supuesto que los hogares de esta zona rural sean de bajos ingresos, según las líneas de pobreza propuestas por la DIGESTYC (1996) y que los ingresos obtenidos apenas son suficientes para cubrir las necesidades nutricionales básicas de las familias promedio, en este sentido, el consumo personal anual descontado, se basó en el costo de la canasta básica familiar rural, el cual para el año de 1998, se estimaba en Ø 900 colones mensuales para un hogar con cinco miembros (el tamaño promedio de los hogares rurales).

La tasa social de descuento empleada fue de 8.96% y una esperanza de vida de 69.1 años, para hombres y mujeres. (UCA, 2000).

De acuerdo a los cálculos realizados, el costo ocasionado por muertes debidas a enfermedades diarreicas asciende a un monto de **2.003.647** millones de colones anuales (**\$ 230.304,33**).

Cuadro 14. Casos de fallecimiento y costos de mortalidad (colones salvadoreños) subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador.

Año	Grupo de Edad	Nº		Total fallecidos	Costo Anual (C)
		Hombres	Mujeres		
1995	0 a 12 años	3	4	7	428.964
	12 a 65 años	2	0	2	
1996	0 a 12 años	3	4	7	400.299,13
	12 a 65 años	1	0	1	
1997	0 a 12 años	2	3	5	344.908,6
	12 a 65 años	0	2	2	
1998	0 a 12 años	2	3	5	197.989,04
	12 a 65 años	1	5	6	
1999	0 a 12 años	1	5	6	335.355,85
	12 a 65 años	0	0	0	
2000	0 a 12 años	1	1	1	296.131.11
	12 a 65 años	0	1	1	
Total					2.003.647,7

Los costos asociados a la mortalidad tal y como podemos apreciar en este estudio, son altos y afectan mas que todo a la población infantil, especialmente a los niños menores de cinco años, por ser mucho más vulnerables a las acciones contaminantes, debido a una mayor exposición y menor capacidad para luchar contra la enfermedad por su mala salud, educación y nutrición. Debido a esta situación los niños pertenecientes a las familias rurales, pobres se ven afectados desproporcionadamente por la contaminación interna y externa lo cual los hace mucho más vulnerables a la muerte.

Las pérdidas cuantificadas en este estudio, ascienden a **2.003.647,7** millones de colones anuales e incluyen la pérdida de 31 niños menores de 12 años y 12 adultos con edades entre 12 y 65 años, en edad productiva, lo cual constituye una gran pérdida de capital humano, tanto a presente como a futuro.

Las pérdidas de capital humano, disminuyen la productividad, lo cual a su vez afecta el Producto Interno Bruto del país y ocasiona pérdidas futuras de recurso humano capacitado y capital intelectual, lo cual afecta el desarrollo presente y futuro en materia

económica y social del país, ya que se desconoce cuales serán las potencialidades (educacionales, económicas y sociales etc.) de los seres que mueren debido a los efectos de la contaminación ambiental y que dejaran de ser percibidas por el gobierno en materia de ingresos (Panayotou y Farís, 1997).

La incapacidad gubernamental, por establecer derechos de propiedad sobre el recurso agua ocasiona aun más la degradación del recurso y con ello problemas de morbilidad y mortalidad asociados a los mismos, los cuales ocasionan gastos que son altos para el Estado y que pudieran evitarse si se tomaran las acciones pertinentes.

Con respecto a estudios acerca de los efectos de la degradación ambiental y su impacto en la salud humana, no se han realizado en El Salvador, estudios recientes debido a su controversialidad, ya que la valoración económica de la mortalidad como tal, no es bien vista por muchos sectores de la sociedad, ya que esto implica ponerle un precio a la vida humana y valorarla en función de sus ingresos.

Estudios realizados en El Salvador por Panayotou y Farís (1997), acerca de los costos económicos de las enfermedades gastrointestinales, encontraron que la mortalidad ocasiona costos anuales que ascienden a 1.270 millones de colones. Para llegar a estas cifras, ellos estimaron un rango variando los porcentajes de muertes atribuibles a factores ambientales, donde el nivel inferior incluye únicamente el 75% de las muertes cuya causa principal es la diarrea y un 33% que enumeraron la diarrea como una causa secundaria. Para estimar los costos usaron un salario promedio de 35 colones diarios y se basaron en una vida productiva de 45 años. El Monto de 1270 millones de colones, no incluye los costos de las muertes de niños mayores de 5 años de edad, por no disponer de datos confiables.

No todas las personas estan de acuerdo en ponerle un precio al medio ambiente o a su impacto en la salud humana, pero la degradación ambiental impone costos a la economía y la sociedad que podría ser significativa y que generalmente no se cuantifica, perdiendo las entidades Gubernamentales correspondientes, la oportunidad de formular políticas acerca de aspectos tan importantes, como la valoración económica de vidas humanas, que permite estimar las altas pérdidas en capital humano en un país, por permitir el descuido ambiental.

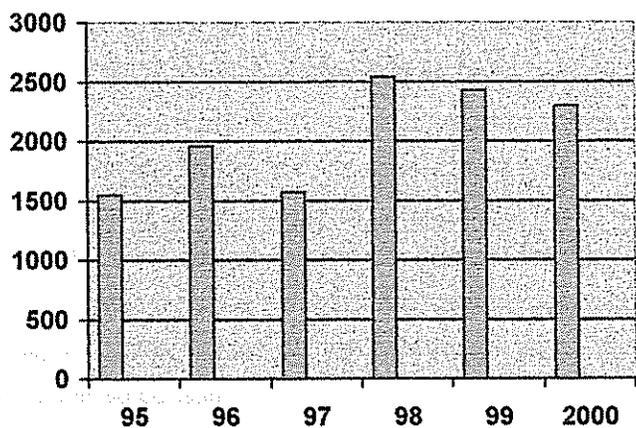


Figura 2. Casos de morbilidad por enfermedades diarreicas agudas (EDAS), para la población rural de la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador, durante el periodo 95-2000. MSPAS,2000.

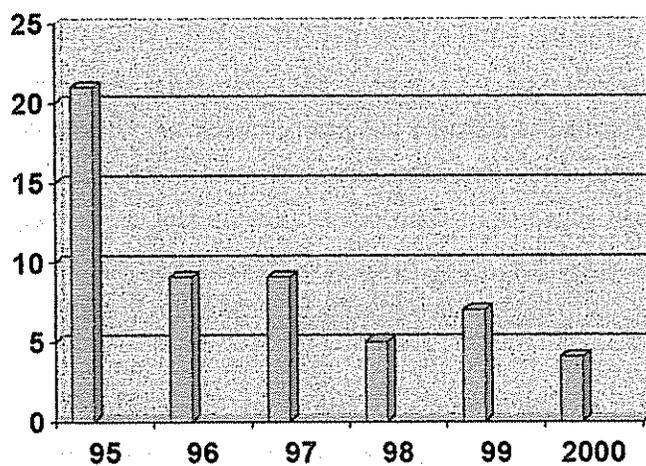


Figura 3. Casos de mortalidad por enfermedades diarreicas agudas (EDAS), para la población rural de la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador, durante el periodo 95-2000. MSPAS,2000.

4.4 Costos defensivos por contaminación del agua para consumo.

4.4.1 Costos defensivos por cantidad y calidad del agua.

Los Costos Defensivos son las acciones necesarias para evitar la enfermedad, que varían desde hervir, clorar y filtrar el agua, hasta el costo agregado de sustituir las fuentes de agua contaminadas, como por ejemplo comprar agua embotellada o construir pozos. (Panayotou y Farís, 1997).

La población rural de la subcuenca del Río Las Cañas, debido a la calidad del agua, la falta de acceso al servicio de agua potable y las fallas en la distribución de la misma por entidades correspondientes dentro de los cantones, incurre en una serie de costos defensivos para evitar su consumo.

En su mayoría, las prácticas defensivas en que incurre la población son: hervir el agua, clorarla, compra de barriles de agua de pozo, compra de barriles de agua en Camión Cisterna o Tanques de abastecimiento particular (pipa particular), compra de agua de camión Cisterna de la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA (pipa de ANDA) y la construcción de pozos en los hogares, según datos reportados en la encuesta.

Estos datos muestran que un total de 62% de la población encuestada (93 personas) aplican algún tratamiento al agua antes de tomarla y un 38% (57 personas) dijo que consumía agua directamente de: pozo o Pipas, sin aplicarle tratamiento alguno. Además un total de 8 personas dijo que usa obtiene el agua para consumo y uso doméstico directamente del agua del río o quebradas sin aplicarle tratamiento alguno. En el cuadro 15 se muestran las prácticas defensivas que la gente utiliza, según los datos obtenidos en la encuesta y su porcentaje de uso por los pobladores de la zona.

Enfocaremos este estudio al calculo de los costos de las prácticas en que mayormente incurre la población como hervir, clorar, compra de agua de pipa particular y construcción de pozos y se realizará un análisis y cálculo de los costos defensivos para calidad y cantidad de agua.

Cuadro 15. Porcentaje de Aplicabilidad de Practicas Defensivas en la Subcuenca Río las Cañas, El Salvador.

Practica defensiva	Porcentaje de aplicabilidad
Construcción de Pozos	34.7 %
Compra de agua de Pipa particular	61.3%
Hervir el agua	22.0%
Compra de agua embotellada	0.3%
Compra de agua de PIPAS de ANDA	0.5%
Uso de Filtros caseros	0.0
Cloración	50.7%

Fuente: Encuesta propia

4.4.2 Costos defensivos por calidad del agua.

La inversión en costos defensivos esta en función tanto de la calidad y de la cantidad del agua de que disponen los pobladores como de ambas. Un 40% de la población estan comprando agua de camión cisterna y clorandola, un 19% estan hirviéndola y un 25% estan extrayendo agua de pozos y usando cloro o hiriviéndola. Esto quiere decir que existen combinaciones del uso de prácticas buscando mejorar tanto la calidad como la cantidad de agua de que se dispone, ya que la inversión en costos defensivos no necesariamente implica efectividad en mejorar la calidad del agua.

Los costos en que la gente incurre para mejorar la calidad del agua son costos por hervir, costos por clorar y costos por compra de agua embotellada. Los costos en que la población incurre para mejorar la disponibilidad de agua son la compra de agua en camión cisterna particular y del ANDA y la construcción de pozos en los hogares.

4.4.3 Costos por hervir.

En primer lugar la práctica de hervir el agua, no esta muy generalizada en la población de la subcuenca, de una muestra de 150 viviendas, solamente los jefes de familia de 33 viviendas, reportaron que hierven el agua que consumen.. De ese total, 28 personas usan

leña como combustible para hervirla y 6 personas usan cocinas de gas. El promedio de litros hervidos semanalmente en los hogares es de 21.9 litros de agua y el consumo de leña promedio es de 38.25 manojos (1 manojo son 5 rajas delgadas de leña, aproximadamente con un diámetro aproximado de 6 cm.).

En cuanto a las personas que usan gas, el promedio de consumo de gas en los hogares es de un recipiente, mensualmente. El cálculo total de costos defensivos para hervir el agua tiene un monto de 6.287,6 colones mensuales 75.451.2 anuales(\$ 8.671,7) (Ver Cuadro 16).

Cuadro 16. Costos por hervir agua y fuentes combustibles usadas en la subcuenca del Río Las Cañas, El Salvador.

Cantidad Litros Hervidos/semana	Hogares Usan leña	Consumo de leña semanal	Personas usan gas	Consumo gas mensual	Costo anual Hervir
21.9	28	1071	6	1 tambo	75.444

Fuente: encuesta propia.

4.4.4 Costos por cloración del agua.

En cuanto a la practica de clorar el agua, la encuesta confirmó un número de 76 personas que usan cloro o lejía para descontaminar el agua, usando un promedio de 2.5 bolsas de cloro semanalmente. La solución que usan es Hipoclorito de Sodio al 0.5% en dos presentaciones, la comercial, que comúnmente tiene el nombre de Lejía y la proporcionada por los promotores de Salud a las comunidades gratuitamente, llamada Puriagua, cuyo costo para el Ministerio de Salud es de ø 1.10. El costo promedio del cloro comercial es de ø 1.5. Los costos totales en clorar el agua fueron de 1.067 colones mensuales, anualmente 12.804 colones (\$ 1.471,72).

4.5 Costos defensivos por cantidad del agua.

4.5.1 Costos por construcción de pozos.

Otra de las practicas defensivas utilizadas es la construcción de pozos en los hogares, debido a que las personas se ven obligadas a buscar nuevas fuentes de extracción de agua por la contaminación evidente del río.

De un total de 150 viviendas muestreadas, 52 afirmaron tener un pozo construido. Los pozos son de 10 mts de profundidad como promedio. El metro de excavación tiene un costo de 350 colones, como tarifa fija, haciendo un costo total de 3.500 colones por pozo excavado. Para fines de cálculos de costos, el precio total de construcción se dividió entre los años de vida útil de un pozo (25 años aproximadamente) y se deflactó usando una tasa de descuento de 10%, de esto se deduce una tarifa anual de 126 colones anuales. Los costos defensivos por construcción de pozos ascienden a la cantidad de **185.500** colones o sea **\$ 21.321,8**

4.5.2 Compra de agua de pozo y camiones cisternas (pipas de agua).

Otro de los costos defensivos en que incurre la población es la compra de agua en barriles, esta agua algunas veces es extraída de pozos aledaños a las comunidades o es vendida por pipas (camiones cisternas) la cual es recolectada en diversas fuentes o cuerpos de agua, y luego es transportada hasta los caseríos y comunidades. Se asume que el agua de cisterna es potable, pero a veces puede ser de calidad dudosa.

El costo de esta agua lleva incluido el costo de transporte, ya que muchas de las personas viven lejos de donde esta ubicado el pozo de extracción o tambien el camión cisterna no tiene acceso hasta los caseríos y comunidades debido a la falta de caminos adecuados, por esta razón las personas tienen que recurrir a transportar el agua en carretas, vehículos o buses que circulen por las vías de acceso principal.

Un total de 92 personas manifestaron que compran agua de cisterna o de pozo, 28 usan la carreta como transporte del agua hasta sus hogares y solamente 14 usan como

vehículo carro propio o pick-up para transportar el agua. Los usuarios de esta práctica defensiva están comprando un promedio de 7.6 barriles de agua semanalmente, a un costo promedio de 6 colones. El costo total de compra de barriles de agua, asciende a un monto de **4.806,2** colones semanales, con un promedio mensual de **19.225** colones lo cual significa un costo anual de **230.700** colones (\$ 26.517,2). (Cuadro 17.)

Cuadro 17. Costos Defensivos por Compra de agua de Pozo y Camión Cisterna, subcuenca del río Las Cañas. El Salvador.

Numero Promedio Barriles/semana	Costo promedio Barril	Usan Carretas Transporte agua	Usan Vehículo transporte agua	Costo defensivo total anual
7.6	6 colones	28	14	230.700

Fuente: encuesta propia

El total de costos defensivos de las prácticas de hervir, clorar, construcción de pozos y compra de agua de pipa, para el área de la Subcuenca, según la muestra poblacional, asciende a un monto de **504.448** colones mensuales y su equivalente en dólares \$ **57.982,5**. (Cuadro 18).

Cuadro 18. Costos Defensivos Totales por consumo de agua Contaminada para la muestra poblacional, en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.

Costos Hervir	Costos Clorar	Costos Pozo	Costos Pipa	Costo Defensivos Totales (C)	Costos Totales(\$)
1.571,9	266,75	343.000	4.806,25	504.448	57.982,5

Fuente: encuesta propia.

4.5.3 Inferencias de la muestra, hacia la población rural total de la subcuenca para la estimación de costos defensivos.

La estimación de costos defensivos se realizó basándose en la muestra poblacional de 150 personas encuestadas. En vista de que la estimación para valorar costos sobre morbilidad y mortalidad se basó en la población total rural de la subcuenca y no en la muestra, es necesario extrapolar los costos defensivos para toda la población rural y poder uniformizar la estimación total de costos externos.

La población rural total de la subcuenca consta de 95.910 habitantes, para hacer la inferencia, se dividió la población total entre la muestra y la cifra resultante se usó como un multiplicador para los costos defensivos obtenidos para la muestra. Extrapolando para la población total, los costos nos indican un estimado de 322.543.411,8 colones salvadoreños y su equivalente en dólares de \$ 37.073.955,3.

De las cifras anteriores puede deducirse un costo real per cápita de 3362.9 colones anuales (\$386.5) en concepto de costos defensivos, aproximadamente 280.24 colones mensuales. Estos altos costos nos indican que la población está consciente de que debe asumir una actitud defensiva ante la contaminación del agua para tratar de evitar deterioros en su salud, por lo que la población está usando una o varias medidas defensivas simultáneamente. Según cálculos realizados en este estudio, un total de 103 personas de 150 realizan más de dos prácticas defensivas simultáneamente, como comprar agua de pozo y hervirla o obtener agua de pozo y clorarla, etc.

Se estima que la población rural de la subcuenca, están invirtiendo hasta un 10% mensual de sus ingresos en costos defensivos y cuando no lo hacen pagan con el deterioro de su salud, incurriendo en otros tipos de costos mucho más altos.

Muchos de estos daños, aunque no todos, se pueden evitar a un costo que es únicamente una fracción de los beneficios potenciales. Muchas de las encuestas y observaciones sobre comportamiento, indican que los pobres están dispuestos a pagar por el agua (y realmente pagan) a menudo más que las personas pudientes, en términos absolutos y relativos a sus ingresos, ya que estas personas tienen que buscar formas de

evitar el uso de estos recursos contaminados a través de métodos defensivos, incurriendo en costos mayores que las personas que gozan del servicio de agua potable.

Cuando las personas no tienen acceso al servicio de agua potable, se ven obligados a obtener el recurso a un costo mucho más alto de vendedores (3 a 8 veces más) o de vecinos (5 a 11 veces más) o buscan agua de calidad cuestionable de fuentes distantes, con costos de oportunidad altos en términos del tiempo que las mujeres u otros miembros de la familia, tienen que invertir en estas actividades de transporte y recolección del vital líquido.

La práctica de clorar el agua está muy difundida entre los pobladores de la subcuenca, ya que es una técnica muy barata y efectiva, además es de alta difusión por los promotores de salud en la zona, quienes en ocasiones abastecen gratuitamente los hogares, de una solución llamada Puriagua, que es una solución de Hipoclorito de Sodio al 20% y que se usa para descontaminar los alimentos y el agua.

La compra de agua de pipa (agua de camión cisterna) es otro costo comúnmente incurrido, pero este costo puede ocasionar mayores problemas de salubridad a la población, ya que el agua a veces es obtenida de fuentes que no cumplen los requisitos de potabilidad como por ejemplo lagos, pozos, tanques u otras fuentes que no están controladas, como fuentes de agua potable y apta para el consumo humano, la que a veces es consumida sin un tratamiento previo de hervir o clorar.

Asimismo sucede con el agua de pozos, algunas personas están construyendo pozos en sus hogares para abastecerse del vital líquido, con la convicción de que el agua subterránea es de mejor calidad que el agua superficial, por lo que están poniendo en juego su salud, ya que estudios recientes realizados por CEL (1999) demuestran que el agua de pozo se encuentra altamente contaminada, mucho más que las de pozos cercanos a los cuerpos de agua, esto se ilustra con los análisis de calidad de agua subterránea realizados en la Cuenca del Río Lempa (Anexo 5).

En la zona del Río Las Cañas la problemática se agudiza, ya que la contaminación del río, la falta de saneamiento ambiental y los rellenos sanitarios cercanos, entre otros, son fuentes de contaminación del agua subterránea, ya que los contaminantes se movilizan a

través del subsuelo y llegan hasta los depósitos y flujos subterráneos, contaminando las aguas profundas y haciendo incurrir a la gente en mayores costos y a un consumo de agua contaminada.

El rechazo a tratar el recurso agua como un activo económico, causa que se le siga menospreciando como tal y que no se tomen acciones o se formulen políticas pertinentes al respecto para evitar que siga deteriorándose su calidad y por ende las pérdidas de salud y vidas, además se incrementan el uso de acciones preventivas para evitar el consumo de agua contaminadas, las cuales causan también costos adicionales los cuales se pueden evitar con mejores servicios de agua y saneamiento.

4.6 Análisis econométrico.

4.6.1 Modelos de regresión para costos defensivos.

Después de numerosas pruebas con variables socioeconómicas, se ajustaron varios modelos de regresión lineal múltiple que incluyeron a la variable Costos defensivos como variable dependiente, algunas variables tipo ficticias (Dummys) y algunos atributos socioeconómicos como variables independientes. Se especificaron dos modelos analizando las variables de respuesta desde el punto de vista de la inversión en costos defensivos por calidad y cantidad.

4.6.2 Modelo para costos defensivos por calidad del agua.

El modelo de costos defensivos para calidad de agua queda establecido de la siguiente manera:

$$\text{Costos defensivos} = \alpha_1 + \beta_1 \text{ Ingreso} + \beta_2 \text{ nivel educativo del padre} + \beta_3 \text{ nivel educativo de madre} + \beta_5 \text{ hervir} + \mu$$

Para este modelo, la variable dependiente, es explicada a través de algunos atributos socioeconómicos, como el ingreso familiar mensual, además por la variable Dummy (dicotómicas) hervir, que representa la decisión de la población de invertir o no, en gastos defensivos para mejorar la calidad de agua.

Se obtuvo un r cuadrado de 0.81 al realizar el análisis, lo cual significa que el modelo es explicado en un 81% por las variables seleccionadas. Los parámetros resultantes del modelo de regresión se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Coeficiente de regresión lineal múltiple para modelo de costos defensivos por calidad de agua.

VARIABLES	PARAMETRO ESTIMADO	ERROR ESTANDAR	PROB >0.05
INTERCEPTO	9.970538	2.54042336	0.0002**
INGRESO	0.003652	0.00149876	0.0017**
NIVEL EDUC. PADRE	-0.163476	0.28760873	0.5713 NS
NIVEL EDUC MADRE	-0.338653	0.36360180	0.3544 NS
HERVIR	44.204306	2.36280571	0.0001**

NS no significativo ** significativo al 0.05%

Según los parámetros analizados en el modelo, la variable ingreso resultó estadísticamente significativa, esto implica que el nivel de ingreso es determinante para que la gente realice gastos que implican inversión para obtener o mejorar la calidad del agua que emplean para consumo y otros usos. En este caso las personas están invirtiendo 3.65 colones por cada cien de ingreso para invertir en costos defensivos como hervir o clorar.

Para este modelo la variable Dummy hervir, indica que los pobladores de la subcuenca están invirtiendo un total de 44.2 colones por cada cien de ingresos por actividades como hervir el agua, la cual incluye además el costo del combustible empleado (leña, carbón o gas).

Las variables nivel educativo del padre y de la madre, obtuvieron coeficientes negativos y no son significativas, lo cual nos indica que la educación del jefe de familia no es determinante para que las personas tomen la decisión de usar costos defensivos que involucren actividades para mejorar la calidad de agua, por lo que se deduce que independientemente del grado de educación la población está consciente de que el agua que está usando, presenta un alto grado de contaminación visible y que es necesario tomar acciones para mitigarlo.

4.6.3 Modelo para costos defensivos por cantidad y calidad del agua.

Los pobladores de la zona están invirtiendo tanto en gastos defensivos que implican calidad como en gastos defensivos que implican cantidad de agua, por lo que se especificó también un modelo que abarque el análisis de ambos tipos de costos, para observar la influencia de las variables socioeconómicas sobre el mismo.

El modelo quedó establecido de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costos defensivos} = & \alpha_1 + \beta_1 \text{ Ingreso} + \beta_2 \text{ nivel educativo del padre} + \\ & \beta_3 \text{ construcción de pozo} + \beta_4 \text{ clorar} + \beta_5 \text{ hervir} + \\ & \beta_6 \text{ compra de agua de pipa} + \mu \end{aligned}$$

La variable dependiente, en este caso el uso de Costos defensivos, es explicado a través de algunos atributos socioeconómicos, como el ingreso familiar mensual, el nivel educativo del jefe de familia, las variables Dummy (dicotómicas), definidas para las prácticas defensivas empleadas, entre ellas construcción de Pozo, hervir, clorar y comprar agua de cisterna (pipa particular), para comprobar los costos por el uso de una u otra tecnología.

Al hacer el cálculo de la regresión podemos observar que el modelo es explicado significativamente por las variables, ingreso familiar mensual, y por las variables Dummies, obteniendo un R^2 de 0.71 lo cual significa que las variables seleccionadas explican en un 0.71% el empleo de costos defensivos en la zona (cuadro 20).

El modelo se sometió a las respectivas pruebas de Correlación y Colinealidad, las cuales resultaron negativas.

Cuadro 20. Coeficiente de regresión lineal múltiple para modelo de costos defensivos.

VARIABLES	PARAMETRO ESTIMADO	ERROR ESTANDAR	PROB >0.05
INTERCEPTO	-12.187073	14.03178198	0.3867 NS
INGRESO	0.009484	0.00549757	0.0868 **
NIVEL EDUC. PADRE	-2.350479	1.14062090	0.0413 NS
AGUA POZO	140.505885	8.90633874	0.0001**
AGUA PIPA	29.620708	7.87875274	0.0003**
HERVIR	64.798214	8.87310554	0.0001**
CLORAR	17.851688	7.24180152	0.0321**

NS no significativo ** significativo al 0.01%

Según los resultados obtenidos en el modelo, la hipótesis se acepta en cuanto a que el ingreso de la población en estudio influyen en el uso de prácticas defensivas, ya que este parámetro fue significativo, no así para el nivel educativo.

Estos resultados nos muestran que aún cuando la población de la subcuenca en su mayoría son personas de bajos ingresos, los cuales se dedican a labores agrícolas de subsistencia (40%), jornales no agrícolas (26%) o comercio de otros productos (5%), con niveles de ingreso oscilando entre los 750 y 2000 colones mensuales (\$ 86 a 229), son conscientes del peligro de consumir agua contaminada y están haciendo una inversión en prácticas defensivas para proteger su salud.

Según resultados estadísticos del modelo, las personas están invirtiendo, en costos defensivos 9.48 colones por cada cien colones de ingreso para el uso de prácticas defensivas en general que implican tanto calidad como cantidad.

Los datos obtenidos, demuestran que el nivel educativo del jefe de familia, no influye en la toma de decisiones hogareñas para invertir en uno u otro tipo de costos defensivos, ni en la disposición a pagar por consumir recursos de mejor calidad.

En cuanto a las variables Dummies incluidas en el modelo, estas tienen significancia con relación al gasto y preferencia por el uso de una u otra práctica defensiva o varias simultáneamente, incrementando los costos. Así para las personas que construyen pozos, el costo mensual defensivo aumenta en 140.50 colones, para las que compran agua de pipa, incrementa en 29.62 colones, para las que hierven el agua en 64.79 y para las personas que cloran el agua los costos mensuales se incrementan en 17.85 colones mensuales.

Para las combinaciones más empleadas que son compra de agua de pozo y clorar o compra de agua de pipa y clorar, los costos se incrementan en 47.47 colones y 158.35 colones respectivamente.

La cantidad invertida por los pobladores por aumentar la disponibilidad de agua en sus hogares, es mucho mayor que la invertida en costos por calidad, aunque la inversión en costos por cantidad, no necesariamente implica calidad también, ya que por ejemplo el agua obtenida de pozos subterráneos está mucho más contaminada que el agua superficial, según lo demuestran análisis de calidad de agua de pozo realizados en la zona. Así mismo el agua obtenida de camiones cisterna puede ser de calidad mala o dudosa y a veces se desconoce el lugar de extracción de la misma.

El valor total de costos defensivos tanto de calidad como de cantidad podría ser representativo del costo por abastecimiento de agua potable en la zona, la cual cubriría la demanda y disminuiría también los altos costos sociales asociados a los mismos.

Es indispensable mencionar además que todos los pobladores de la subcuenca están conscientes de que existen problemas graves de contaminación con el recurso agua y que deben de usar algún tipo de práctica defensiva para proteger la salud familiar, de tal manera que un 62% de la población muestreada afirmó emplear algún tratamiento para descontaminar el agua, preferiblemente los de más bajos costos, independientemente de su efectividad.

4.7 Costos defensivos por sedimentación del embalse de la represa Hidroeléctrica Cerrón Grande.

La sedimentación en los embalses es ocasionada principalmente por las actividades que se realizan en la cuenca, relacionadas a la desprotección y remoción del suelo, proveniente de las fincas, pastizales, caminos, áreas de construcción y la escorrentía urbana, lo cual con el movimiento lento del agua favorece que parte del material erosionado que ingresa al embalse, se depositen en el fondo (CEL, 1999).

El flujo de sedimentos hacia los reservorios como los embalses o represas tiene un impacto sustancial, tanto en la capacidad de electricidad producida por el sistema hidroeléctrico, como en el tiempo de servicio efectivo de las represas, ya que aumenta el costo de electricidad para la industria y los consumidores en el largo plazo (Perdomo Lino, 1994).

Se conoce que la subcuenca del Río Las Cañas, contribuye al aporte de volumen de sedimentos que viajan hacia la represa El Cerrón Grande con cantidades $18 \text{ tha}^{-1}\text{año}^{-1}$. La descarga de sedimentos es de carácter intermitente durante un tiempo determinado, los cuales son arrastrados hasta el Embalse Cerrón Grande, a través del río Acelhuate, del cual es afluente. Todo este sedimento depositado, puede ocasionar costos altos de mantenimiento para el buen funcionamiento del equipo generador de energía eléctrica y pérdidas sustanciales de almacenamiento de agua. (CEL, 1999).

Según estudios realizados por Harza Engineering Company (1999) para Central Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) durante el año de 1999, se realizaron muestreos de sedimentos, estimaciones del volumen de agua, balance de sedimentos, distribución de Sedimentos, vida útil restante de los embalses e inspecciones de desgaste de las

Turbinas, en los cuatro embalses pertenecientes a la Cuenca del Río Lempa: Cerrón Grande, 5 de Noviembre, 15 de septiembre y Guajoyo,

De acuerdo a lo anterior estudios batimétricos recientes demuestran que el Embalse Cerrón Grande ha acumulado 138 MMC. de sedimento en 21 años de operación desde 1977 hasta el año de 1988, o sea un promedio de 6.57 MMC. por año. Esto implica que 8.94 millones de toneladas métricas de material se depositan en el embalse anualmente y la reducción en el volumen total es de 6.6 % en 21 años de operación (Anexo 6 y 7).

Según las condiciones actuales, tomando en cuenta el uso actual de la tierra y otros factores que contribuyen a la sedimentación, se estima que el Embalse Cerrón Grande tiene una vida útil restante de 172 años, hasta el año 2287, año en el cuál los sedimentos alcanzarán el fondo de la obra de toma con igual erosión (Anexo 8).

Se realizaron además estudios de granulometría para observar el tamaño de las partículas que componen el sedimento y respaldar estudios acerca de la necesidad del dragado de las obras de toma, demostrándose que el porcentaje de sedimentos encontrado no ocasiona desgastes apreciables en las turbinas y estas no están sujetas a abrasión por sedimentos en las aguas turbinadas. (Anexo 9)

Basándose en estos datos reportados por Harza, (1999) para CEL, se puede concluir que la central Hidroeléctrica Cerrón Grande se encuentra actualmente en buenas condiciones de funcionamiento.

Según los datos de batimetría proporcionados, se deduce que el embalse no necesita ser dragado en las condiciones actuales y nunca en 21 años de operación de la represa, se ha realizado una actividad de dragado.

Por otro lado CEL (1999), realizó un estudio sobre los costos y beneficios de realizar el dragado al terminar la vida útil del embalse y se establece que la actividad del dragado no es económicamente viable, ya que los costos de dragar son aproximadamente de \$ 3.8 a 4.3 / m³ por metro cúbico dragado, por concepto de adquisición de equipo de dragado, mantenimiento del mismo, tratamiento de los desechos dragados y otros.

Los beneficios consistentes de esta actividad nada más ascienden de \$ 0.2 a 0.04 m³, por concepto de aumento de la vida útil del embalse y aumento de la capacidad de generación de energía eléctrica.

En cuanto a las actividades de mantenimiento del equipo de generación de energía eléctrica, se comprobó, según inspecciones y la determinación de las características abrasivas del agua de los embalses, que los trabajos futuros en las turbinas para reparar daños por abrasión de los sedimentos en las aguas turbinadas, seguirán siendo menores y que los costos en los que se ha incurrido actualmente por disminución de la eficiencia de las turbinas, no se ha debido a abrasividad por sedimentación. De acuerdo a lo anterior, puede definirse que:

- No existen problemas significativos de sedimentación en el embalse, por lo que no es necesaria la acción del dragado.
- No existen daños de consideración por abrasividad en las unidades inspeccionadas.
- La vida útil del embalse es mayor a 50 años.

Estudios realizados por Perdomo Lino (1994), acerca de la sedimentación y su impacto en el Cerrón Grande, los cuales parten de análisis predictivos en cuanto a las cantidades de sedimentos y vida útil del embalse, concuerdan con los obtenidos por CEL (1999), en que si el embalse muerto tiene cabida para un volumen de sedimento de 750 millones de metros cúbicos y la aportación de sedimentos fuera de 1.960.245 m³ por año, entonces la vida útil del embalse según sus cálculos sería de 382.6 años, sin pérdida de generación de energía eléctrica.

El mismo autor afirma en cuanto a la influencia de la sedimentación en las turbinas de generación de energía eléctrica, que debido al origen volcánico de los suelos en El Salvador, las partículas de sedimento son livianas y porosas, lo cual da lugar a velocidades de asentamiento bajas, por lo que el potencial de transporte de sedimentos en suspensión es alto (el dato promedio de los ríos tributarios al Río Lempa es de 81.624 toneladas/día).

Muestreos realizados por Yanes (1980), citado por Perdomo Lino (1984), en las proximidades del Cerrón Grande, se encontró que sólidos disueltos y alcalinidad

expresada, los valores varían de 119 a 400, siendo por lo tanto aguas duras que dan lugar a la formación de incrustaciones y corrosión en la maquinaria hidráulica. Caso contrario a lo que afirma CEL (1999) según estudios batimétricos, en los que menciona que no hay daños por abrasividad en la represa Cerrón Grande.

Por su parte Perdomo Lino (1994), menciona, que las cuatro centrales hidroeléctricas construidas en serie en el Río Lempa, tienen daños en los radiadores y tuberías de enfriamiento, debido a los sedimentos y sustancias contaminantes, lo que obliga a realizar limpiezas y reparaciones correctivas, dejando de generar energía eléctrica a un costo de millones de colones.

Panayotou y Farís (1997), basándose en los cálculos de Perdomo Lino (1994), realizaron un estimado de los costos de la sedimentación en el Cerrón Grande en términos de capacidad de almacenamiento perdido, vida económica reducida, depreciación del equipo y pérdida de electricidad debido a la paralización por reparación o renovación. Ellos estimaron costos aproximados entre 17.5 y 36.3 millones de colones al año, de los cuales dos tercios de estos se deben al mayor costo de la producción eléctrica y el resto a la depreciación de equipo y menor vida útil de la represa. Estas estimaciones se basan en probabilidades de ocurrencia de daños, por ejemplo los costos por depreciación de equipo se aproximan en un 2.19 a 3.06 millones de colones si los daños ocurrieran, así como también el aumento en costos de producción de energía eléctrica los cuales ascienden a 1.14 a 4.38 millones de colones.

Analizando la información anterior, es necesario mencionar que no se estimaron costos en este estudio debido a que CEL (1999), afirma que no existen daños significativos por abrasividad en el equipo generador de energía eléctrica, que por lo tanto no se ha incurrido en ningún tipo de costos debido a daños por sedimentos y que no ha habido necesidad de realizar dragados en todo el tiempo de operación de la represa.

A pesar de esto, existe una verdad que es ineludible y es que el embalse Cerrón Grande recibe grandes descargas de sedimentos anualmente, en los cuales además de suelo van grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos altamente contaminantes, producto del mal manejo de la Cuenca hidrográfica, por lo que puede ser que en un futuro no lejano si se haga necesario incurrir en costos de este tipo.

Estos costos presentan mínimos beneficios a la sociedad, si no se toman las medidas adecuadas y se establece un Plan de Manejo de la Cuenca del Río Lempa que sea exitoso, de lo contrario será la misma población demandante del servicio, la que sufrague los costos por pérdidas de producción de energía eléctrica.

4.8 Valoración total de las externalidades.

La definición económica de la contaminación depende tanto del efecto físico de los residuos sobre el medio ambiente como de las pérdidas de bienestar frente a esos efectos físicos (Pearce & Turner, 1995).

La contaminación en la subcuenca del Río las Cañas, ocasionó efectos físicos en el bienestar de la población desde diversos puntos de vistas: impacto en salud, produciendo cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad poblacional, efectos biológicos y químicos debido a cambios en la calidad del agua y efectos sociales debido a la incurrencia en costos por prácticas defensivas para evitar el consumo de agua contaminada. Los costos se resumen en el cuadro 21.

Cuadro 21. Costos totales de externalidades generadas en la subcuenca del río Las Cañas, El Salvador.

<i>Costos defensivos por Contaminación del agua</i>	<i>Costos por Morbilidad</i>	<i>Costos por Mortalidad</i>	<i>Costos Totales</i>
\$ 37.073.955,3.	\$ 160.817,18	\$ 230.304,33	\$37.465077.4

Estas cifras monetarias no solo representan un valor económico, sino altos costos sociales para la población, desde el punto de vista del sufrimiento y pérdida de bienestar las cuales no se ven compensadas.

El tratamiento de los síntomas del problema del descuido ambiental que origina todos estos costos externos, necesita de soluciones sistémicas que traten las causas subyacentes de raíz, atacando las fallas sociales en el área institucional y la formulación de políticas, para poder diseñar e implementar los mecanismos para una asignación eficiente de los recursos.

El gobierno falla en establecer derechos de propiedad sobre los recursos, en introducir leyes de débil implementación y en no corregir la deficiencia de los mercados que no dan el adecuado valor a los recursos.

Además existen muchas fallas institucionales las cuales consisten en duplicidad de funciones, pobre coordinación y deficiente seguimiento, evaluación y monitoreo de actividades, los cuales vuelven su trabajo poco confiable, de altos costos y poco efectivo.

El Salvador debe formular una política ambiental nacional integrada con la política económica y social, lo cual es indispensable para lograr el desarrollo sostenible y evitar de esa manera que el crecimiento económico y sus actividades ocasionen perjuicios a terceros, atendiendo al llamado que dice "que el crecimiento económico y la protección ambiental **NO son mutuamente excluyentes**". (Panayotou y Farís, 1997).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las principales externalidades identificadas en la Subcuenca del río Las Cañas, provienen principalmente de actividades económicas debidas al creciente proceso de urbanización y desarrollo industrial que ha alcanzado la zona, siendo los vertidos provenientes de estas actividades los que aportan una gran cantidad de contaminantes a los cursos del agua, provocando su contaminación y deterioro.

El aporte de la contaminación agrícola es mínimo, aun cuando existe una agricultura intensiva en la zona, ya que la mayoría de productores son pequeños, desarrollando cultivos de subsistencia y usando bajas cantidades de insumos debido a sus altos costos y a los bajos ingresos percibidos.

Las concentraciones de parámetros indicadores de calidad de agua usados para el análisis físico-químico y biológico, demuestran que la contaminación de aguas superficiales del Río "Las Cañas", proviene principalmente de la actividad industrial y descargas orgánicas y sépticas, más que del uso de insumos agrícolas, lo cual prueba la hipótesis planteada en el presente estudio.

Los casos de morbilidad identificados en la zona de estudio, son mucho más numerosos en niños que en adultos y ocasionan costos económicos y sociales muy altos, lo cual influye grandemente en la economía de los países en desarrollo.

Los costos asociados a la mortalidad, son altos, ya que ocasionan pérdidas de recurso humano capacitado y capital intelectual, lo cual afecta el desarrollo presente y futuro en materia económica y social del país.

Se estimó que la población de la subcuenca, están invirtiendo hasta un 9.48 % mensual de sus ingresos en costos defensivos y cuando no lo hacen pagan con el deterioro de su salud, incurriendo en otros tipos de costos mucho más altos, como lo es el gasto en tratamientos médicos y pérdidas de capital humano.

Los parámetros obtenidos en los modelos especificados para cantidad y calidad de agua, demuestran que la población está invirtiendo mayor porcentaje de sus ingresos en gastos para obtener mayor disponibilidad y cantidad de agua, que por calidad de la misma, invirtiendo un monto de 9.48 y 3.65 colones por cada cien colones de ingresos, respectivamente.

El gasto en costos defensivos está en función del ingreso, según lo demuestran los coeficientes de regresión múltiple obtenidos para los modelos especificados, aceptando la hipótesis planteada en el presente estudio.

El valor total de costos defensivos tanto para calidad como cantidad de agua, es un valor representativo del costo por abastecimiento y cobertura de agua potable en la zona, lo cual cubriría la demanda y disminuiría también los altos costos sociales asociados a los mismos.

De acuerdo a los estudios batimétricos realizados por HARZA para CEL (1999) no se pudieron realizar cálculos de costos defensivos por sedimentación en la represa "Cerrón Grande", ya que estos estudios determinaron que no existen problemas significativos de sedimentación en el embalse.

5.2 RECOMENDACIONES

Se deben de tomar medidas pertinentes, con relación al manejo integrado de cuencas, como la creación de organismos o autoridades en las mismas e implementar una legislación adecuada, que fortalezcan la práctica de actividades para evitar el deterioro de la calidad del agua, en beneficio de las comunidades que emplean este recurso para usos diversos.

El Salvador debe formular una política ambiental nacional integrada con la política económica y social, lo cual es indispensable para lograr el desarrollo sostenible y evitar de esa manera que el crecimiento económico y sus actividades ocasionen perjuicios a terceros.

El recurso agua debe ser visto como un activo económico, para estimular acciones o políticas pertinentes, evitando que continúe su deterioro, de lo contrario, se seguirán incrementando los costos económicos externos asociados a los mismos.

Los costos asociados a la morbilidad y mortalidad podrían reducirse si el Estado toma las medidas pertinentes para ampliar la cobertura y disponibilidad de agua potable en las comunidades rurales de la subcuenca.

El Estado debe de ampliar la cobertura de servicios de salud y el número de promotores de salud cantonales que visitan las comunidades rurales, a fin de instruir y educar a la población sobre el uso de medidas y prácticas defensivas para evitar el consumo de agua contaminada, con lo cual se reduciría la incidencia de enfermedades diarreicas en niños y adultos en la zona de estudio.

Si bien es cierto que CEL (1999), afirma que no existen daños significativos por abrasividad en el equipo generador de energía eléctrica, puede ser que en el futuro sea necesario incurrir en costos por daños debidos a sedimentación en la represa Cerrón Grande, por esta razón, sería ventajoso el establecimiento de un Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Lempa que pueda contrarrestar los problemas actuales sobre el uso del suelo, previniendo de esta manera un aumento sustancial en las tasas de erosión y sedimentación que puedan ocasionar problemas serios de generación de energía eléctrica.

6. BIBLIOGRAFIA

AZQUETA, D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Universidad de Alcalá de Henares. España. Editó. MC Graw Hill Interamericana. España, 299 p.

ASOCIACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. 1996. Estudio socioeconómico para potabilización de aguas. Gobierno de El Salvador. DGRN. 77 p.

BANCO MUNDIAL. 1994. El Salvador Rural Development Study. A World Bank Study. Washington D.C. pp 221

BRADEN, J.B. & KOLSTAD, C.D. 1991. Measuring the demand for environmental quality. North Holland, Elsevier Science B. V., Netherlands. 370 p.

CAI, L. & SMITH, B. 1994. Sustainability in agriculture-a general review. Agriculture, Ecosystems and Environment, 49,199-307p.

CACHO, J. 1999. Dynamic models, externalities and sustainability in agriculture. Working Paper Series, Agricultural and Resources Economics, University of New England. Australia. 10 p.

CATHOLIC RELIEF SERVICE. 1996. Programa de agricultura sostenible para las laderas de América Central. Resultados de taller sobre diagnóstico rural participativo DRP, San Salvador, El Salvador, 77p.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGRICOLA Y FORESTAL INSTITUTO, INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA. 1998. Diagnóstico agrosocioeconómico del GyTT-01 Aguilares. Generación y transferencia de Tecnología. CENTA CDT-02, San Andrés. El Salvador

COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA DEL RIO LEMPA. 1993. Plan de acción. Proyecto Contrapartida CEL/CATIE Rehabilitación de la subcuenca del río Las Cañas. Unidad de Recursos Naturales y medio Ambiente. Superintendencia Protección de Cuencas Hidrográficas. San salvador, El Salvador, CA.

COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA DEL RIO LEMPA. (CEL). 1999. Estudio Global de la Sedimentación en la Cuenca del Río Lempa. Estudio Ambiental, Apéndice "C". Preparado para CEL HARZA, Engineering Company International L.P. San Salvador, El Salvador. 1999.

COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA DEL RIO LEMPA. (CEL). 1999. Estudio Global de la Sedimentación en la Cuenca del Río Lempa. Estudio Batimétrico, Apéndice "D". Preparado para CEL HARZA, Engineering Company International L.P. San Salvador, El Salvador. 1999.

DIXON, J., FALLON, L., CARPENTER, R., SHERMAN, P.1994. Análisis económico de impactos ambientales. Banco Asiático de Desarrollo, 2ª Edic. Latinoamericana, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 247 p.

DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS.(DYGESTIC).1992. San Salvador, Monografías del Departamento y sus Municipios. MOP-GTZ, 144 p.

DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS.(DYGESTIC).1996. Censo Nacional V y IV de Vivienda. El Salvador.

EL SALVADOR, PERFIL AMBIENTAL. 1999. Programa de Investigación sobre el Medio Ambiente, PRISMA.-DGNR San Salvador, El Salvador. 74 p.

FREEMAN, M. 1993. The measurement of environmental and resource values. Resources For the Future, Washington, D.C. United States of America. 516 p.

FERRAN, F. 1993. Entre la guerra y la conservación: estudio de caso de los antecedentes a la rehabilitación de la microcuenca del Río Las Cañas, El Salvador, Turrialba, C.R. CATIE. 44p.

- FIELD, B. 1995. Economía ambiental. Una introducción. Department of Resources Economics, University of Massachusetts. Edit. McGraw Hill Interamericana. Colombia. 587 p.
- FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL (FUSADES). 1996. Primera Encuesta para Hogares Rurales. 46 p.
- FUNDACION SALVADOREÑA PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL BANCO MUNDIAL. 1998. Dinámica del Ingreso de las Familias Rurales en El Salvador. Estudio de Panel 95-97 (FUSADES BASIS) 58 p.
- GRANADINO, M. 1998. Evaluación de los procesos de apropiación y difusión de prácticas de conservación de suelos promovidas por el proyecto "Rehabilitación de la subcuenca del río Las Cañas", El Salvador, utilizando enfoques econométricos y sociológicos. Tesis Magister Scientiae. CATIE, Turrialba, 1998. 123 p.
- JAMES, D. 1994. The applications of economic techniques in environmental impact assessment, Vol. Ecoservices, PTY. Whale beach, NSW, Australia. 298 p.
- LARSON, B. & PEREZ, J.M. 1999. Sustainability and agricultural externalities in Central America at the intensive margin: A critical review and synthesis of the literature. Harvard Institute for International Development. Harvard University. . United States. 49 p.
- MELGAR, D. 1995. Adopción de prácticas de conservación de suelos transferidas en el proyecto "Rehabilitación de la subcuenca del río Las Cañas", El Salvador. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 105 p.
- MENDEZ, M.A., MIRANDA, R., RAMIREZ, G. 1995. Estudio comparativo de la determinación de nitrito, nitrógeno amoniacal y fosfatos en diferentes fuentes de agua y su efecto en el Medio Ambiente. Universidad de El Salvador, tesis par optar al grado de Licenciatura en Quica. y Farmacia. El Salvador.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1996. Anuario de estadísticas agropecuarias. Edic. N° 17. San Salvador, El Salvador, 66 p.
- MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. 1998. Estadísticas de salud del municipio de Apopa, Gobierno de El Salvador, San Salvador. El Salvador. 82 p.
- MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL./OPS/OMS Y GOBIERNO DE HOLANDA. 1999. Prioridades Programáticas del La Unidad de Salud de Popotlán. Departamental, Zona Norte de San Salvador. 18 p.
- MINISTERIO DE PLANIFICACION Y DESARROLLO. 1996. Crecimiento con Participación una Estrategia de Desarrollo Acelerado hacia el Siglo XX. Volumen II, # 171, 62 p.
- MINISTERIO DE EDUCACION, PROGRAMA EDUCO. 1998. Educación Fomento y Desarrollo. Serie Programas de Desarrollo Educacional. 82 p.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. 1998. Tendencias de salud en las Américas: Indicadores Básicos por Subregiones 1970-1995. Perfiles por país, El Salvador, Documento N° 16. OPS-BID, 17 p.
- PERDOMO LINO, F. A. 1994. El suelo, La erosión y La Sedimentación en El Salvador, Programa Salvadoreño de Investigación Sobre Desarrollo y Medio Ambiente. PRISMA, 28 p.
- PEARCE D. & TURNER K. 1995. Economía de Los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Colegio de Economistas de Madrid, Hermsillo, Edigrafos, S.A. España. 447 p.
- PANAYOTOU, T. & FARIS, R. 1997. El Desafío Salvadoreño, De la Paz al Desarrollo Sostenible. Comisión de Desarrollo Sostenible (CODES) y Consejo Empresarial Salvadoreño para El Desarrollo Sostenible. (CEDES). Harvard Institute For International Development (HIID) y Carlos Restrepo. FUSADES, 138 p.
- PROYECTO AMBIENTAL DE EL SALVADOR (PAES) 2000. Estudios sobre Monitoreo de Calidad de Agua del Río Las Cañas, San Salvador. El Salvador.

RAMAKRISHNA, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias en San José, C.R. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA-GTZ. 338 p.

STEINER, R., McLAUGHILN, L. FAETH, P. AND JANKE, R. 1995. Incorporating externality cost into productivity measures: A case study agriculturre. Economic, environmental and statistical considerations. Jhon Wiley and Sons, Chichester.209-230

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS Y FONDO DE INVERSION AMBIENTAL DE EL SALVADOR. 1997. Estudio de contaminación por químicos en la cuenca del río Acelhuate. Proyecto UCA-FIAES, 1997. 80 p.

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS (UCA). 2000. Análisis de Coyuntura Económica. Departamento de Economía. Nº 5, Septiembre 2000, UCA, 60 p.

UNIDAD ECOLOGICA SALVADOREÑA (UNES)/FONDO INICIATIVA PARA LAS AMERICAS (FIAES) 1997. Revista Ecología Salvadoreña, Embalse Cerrón Grande, Un reto a la sostenibilidad. Epoca 2 , Nº 15. Julio de 1997. 26 p.

YANES, M. 1980. A Survey of Environmentals Impacts of the Cerrón Grande Hydro-Electric Proyect in El Salvador, York University, Ontario, Cánada, 1980.

WINPENNY, J.T. 1991. Values for the environment. A guide to economic appraisal. Overseas Development Institute. 1a Edic. Londres, Inglaterra. 277 p.

7. ANEXOS

Anexo 1

Costos diarios de escolaridad para niños de escuela primaria (1° a 9° grado), según programa EDUCO, Ministerio de Educación, El Salvador.

Recurso	Costo diario (en colones salvadoreños)
Porcentaje del salario de maestro	100
Utilización de material didáctico	42.5
Utilización de equipo audiovisual	42.5
Uso de inmobiliario	85
Uso de infraestructura	85
Total 350.00 (\$40.2)	

Datos proporcionados por la Sra. Edith Vásquez, miembro del programa EDUCO, en comunicación personal.

Anexo 2

Encuesta de opinión directa sobre externalidades asociadas a producción agrícola y contaminación del agua, subcuenca del río Las Cañas. El Salvador.



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación
Escuela de Postgrado

Turrialba, Costa Rica. Teléfono (506) 556-6431. Fax (506)0914 Email: postgrado@catie.ac.cr

Buenos días señor (a), estamos realizando una encuesta de parte del CATIE. La información solicitada se utilizara en una investigación de tesis y su uso será estrictamente para uso Científico y confidencial.

Contactos: Vilma Ruth Calderón (Responsable de la Investigación)
Maestría en Economía ambiental

Encuestador: _____

Cantón o Comunidad: _____

Nombre de la persona encuestada: _____

PARTE I

Costos Defensivos.

- 1) Hay abastecimiento de agua potable en su casa y su comunidad? Si No

- 2) De donde obtiene el agua que usa para consumo en su hogar?
 - a) pozo
 - b) agua de río o quebrada
 - c) pipa de ANDA
 - d) pipa particular
 - e) agua embotellada
 - f) otros _____

- 3) Aplica algún tratamiento al agua antes de consumirla? Si No

4) Cuál de estos tratamientos usa?

a) Hervirla b) Cloro o lejía c) Uso de filtros caseros

e) Otros _____

5) Durante cuales épocas del año aplica tratamiento al agua?

Verano Invierno todo el año

6) Costos del Tratamiento del agua

a) Si Hierve el agua:

• Que cantidad hierve semanalmente? _____ Lts.

• Que fuente de energía usa para hervir el agua?

Leña Gas Energía eléctrica otros _____

• Cual es su consumo de leña semanal? _____ costo _____

• Cual es su consumo de gas mensual _____ costo _____

• Cual es gasto mensual de energía eléctrica? _____

b) Si clora el agua

• Cuantas bolsas de cloro o lejía usa al mes? _____ costo _____

c) Si compra agua embotellada

• Cuantos galones de agua compra al mes? _____ costo _____

• Como lo transporta hasta su casa _____ costo _____

d) Si compra agua de pipa:

• Cuantos barriles compra semanalmente? _____ costo _____

7) Lo visitan promotores de Salud en su comunidad? Si No

PARTE II
Aspectos Socioeconómicos.

8) El ingreso familiar proviene de actividades agrícolas exclusivamente?

Si No

9) Si su respuesta es NO, de que índole son las actividades que realiza:

a) Comercio de productos agrícolas b) Comercio de otros productos

c) Empleado d) Jornales no agrícolas e) Otros _____

10) Número de miembros del grupo familiar, edad, ocupación, nivel educativo.

Miembro del Grupo Familiar	Edad	Ocupación	Nivel Educativo
Padre			
Madre			
Hijo 1			
Hijo 2			
Hijo 3			
Hijo 4			
Hijo 5			

11) Si se dedica a actividades agrícolas:

a) Tenencia de la tierra:

• propia Arrendada otro _____

b) Tamaño de parcela que cultiva _____ mz

c) Que tipo de cultivos tiene:

- Granos básicos área sembrada _____mz
- Hortalizas área sembrada _____mz
- Frutales área sembrada _____mz
- Otros _____ área sembrada _____mz

12) Aplica fertilizantes químicos? Si No

13) Si su respuesta es SI. Que tipo de fertilizantes aplica y en que cantidades?

Fertilizante _____ Cantidad _____ Kg/ha

Fertilizante _____ Cantidad _____ Kg/ha

Fertilizante _____ Cantidad _____ Kg/ha

14) Esta utilizando plaguicida actualmente?: Si No

15) Si su respuesta es SI. Cuales usa y contra cuales plagas

Plaga _____ Pesticida _____

Plaga _____ Pesticida _____

16) Practica obras de conservación de suelos? Si No

Cuales? _____

17) A cuánto asciende el ingreso familiar mensual? \$ _____

PARTE III

Aspectos relacionados con la salud.

18) Usted o miembros del grupo familiar, han padecido de enfermedades gastrointestinales (diarreas) en los últimos dos años? Si No

19) Si la respuesta anterior es SI, con qué frecuencia se presentan?

No. de veces al mes _____

20) Cuáles miembros de la familia se ven más afectados por enfermedades diarreicas:

Adultos jóvenes niños

21) Asiste a la Unidad de Salud más cercana cuando se enferma usted o miembros de la familia. Si No

22) Si responde que NO, Cual el motivo?

- Falta de recursos económicos Por lejanía

23) Si no asiste a la Unidad de Salud, que tipo de medicinas utiliza para curarlos, cuando enferman?

Medicina casera Productos farmacéuticos

24) Pérdida de actividades productivas debido a enfermedades diarreicas

Nombre del enfermo	Edad	Ocupación	Días de trabajo perdidos parcialmente	Días de trabajo perdidos totalmente	Días de escolaridad perdidos

25) En los últimos cinco años, ha sufrido la muerte de algún miembro de la familia

por enfermedades diarreicas ? Si No

26) Personas fallecidas

Nombre del fallecido	Edad	Ocupación	Fecha de fallecimiento	Salario

CATIE00/MAESTRIA/VRC/00

Anexo 3

Resultados del Análisis de calidad de Agua. Muestra No. 1. Laboratorios de control de calidad, especialidades microbiológicas e industriales, S.A. de C.V. (ESMI S.A. de C.V).



S. A. de C. V.

Licenciada
 Vilma Ruth Calderón
 Avenida "A" # 153 Colonia
 San José San Salvador
 Presente

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S. A. de C. V.
 Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504
 San Salvador, 08 de Mayo del 2000

Estimada Lic. Calderón:

Por este medio estamos remitiéndole los resultados de los análisis químicos efectuados en una muestra:

Muestra : Agua # 1
 El Rosario
 Procedencia : Río Las Cañas
 Fecha de muestreo : 03 de Mayo del 2000
 Muestra tomada por : El cliente
 Recibida laboratorio : 03 de Mayo del 2000
 Hora : 4:00 P.M.
 Código de muestra : 0302000 E

Análisis	Resultado	Expresado como
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	69.8	mg/L O ₂
Demanda Química de Oxígeno	180.6	mg/L O ₂
Cloruros	24.5	mg/L Cl-
Nitritos	No detectable	mg/L NO ₂
Detergente	0.97	mg/L LAS
Aceites y grasas	76.0	mg/L
Sulfatos	94.0	mg/L SO ₄
Nitratos	1.7	mg/L NO ₃
Turbiedad	40.5	Unidades NTU
Sólidos sedimentables	4.3	ml/L
Nitrógeno amoniacal	51.8	mg/L N
Fosfatos totales	28.0	mg/L PO ₄



Anexo 3

Resultados del Análisis de calidad de Agua. Muestra No. 2. Laboratorios de control de calidad, especialidades microbiológicas e industriales, S.A. de C.V. (ESMI S.A. de C.V).



S. A. de C. V.
Licenciada
Wilma Ruth Calderón
Avenida "A" # 153 Colonia
San José San Salvador
Presente

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S. A. de C. V.
Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504
San Salvador, 08 de Mayo del 2000

Estimada Lic. Calderón:

Por este medio estamos remitiéndole los resultados de los análisis químicos efectuados en una muestra:

Muestra : Agua # 2 San Nicolás
La Cabaña, Apopa
Procedencia : Río Las Cañas
Fecha de muestreo : 03 de Mayo del 2000
Muestra tomada por : El cliente
Recibida laboratorio : 03 de Mayo del 2000
Hora : 4:00 P.M.
Código de muestra : 0312000 E

Análisis	Resultado	Expresado como
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	240.8	mg/L O ₂
Demanda Química de Oxígeno	600.0	mg/L O ₂
Cloruros	22.7	mg/L Cl ⁻
Nitritos	No detectable	mg/L NO ₂ ⁻
Detergente	0.77	mg/L LAS
Aceites y grasas	No detectable	mg/L
Sulfatos	97.9	mg/L SO ₄ ⁻²
Nitratos	4.0	mg/L NO ₃ ⁻
Turbiedad	35.8	Unidades NTU
Sólidos sedimentables	4.0	ml/L
Nitrógeno amoniacal	40.3	mg/L N
Fosfatos totales	23.3	mg/L PO ₄ ⁻³



Anexo 3

Resultados del Análisis de calidad de Agua. Muestra No 3. Laboratorios de control de calidad, especialidades microbiológicas e industriales, S.A. de C.V. (ESMI S.A. de C.V).



ESMI
S. A. de C. V.
Licenciada
Vilma Ruth Calderón
Avenida "A" # 153 Colonia
San José San Salvador
Presente

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S. A. de C. V.
Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504

San Salvador, 08 de Mayo del 2000

Estimada Lic. Calderón:

Por este medio estamos remitiéndole los resultados de los análisis químicos efectuados en una muestra:

Muestra : Agua # 3
La Fuente
Procedencia : Río Las Cañas
Fecha de muestreo : 03 de Mayo del 2000
Muestra tomada por : El cliente
Recibida laboratorio : 03 de Mayo del 2000
Hora : 4:00 P.M.
Código de muestra : 0322000 E

Análisis	Resultado	Expresado como
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	153.0	mg/L O ₂
Demanda Química de Oxígeno	303.4	mg/L O ₂
Cloruros	24.3	mg/L Cl-
Nitritos	0.17	mg/L NO ₂
Detergente	13.6	mg/L LAS
Aceites y grasas	29.5	mg/L
Sulfatos	107.9	mg/L SO ₄ ⁻²
Nitratos	1.7	mg/L NO ₃ ⁻
Turbiedad	72.5	Unidades NTU
Sólidos sedimentables	4.3	ml/L
Nitrógeno amoniacal	40.3	mg/L N
Fosfatos totales	34.7	mg/L PO ₄ ⁻³

Pasa....



Anexo 4.

Datos promedios sobre actividades agrícolas y tenencia de la tierra en la población rural de la Subcuenca del río Las Cañas, según población encuestada. (150 personas).

Actividad Agrícola	N	Promedio	Mínimo	Máximo
Tamaño promedio de parcela	102	0.89 mz.	0	6 mz.
Area cultivada de granos básicos	94	0.7 mz	0	5 mz
Area cultivada de hortalizas	41	0.18 mz	0	1.5 mz.
Area cultivada de frutales	12	0.05 mz.	0	2 mz.
Otros cultivos (café, tabaco)	3	0.02 mz.	0	1 mz.
Práctica obras conservación de suelos	44	0.29	0	44
Tenencia de la tierra propia	71	0.47	0	71
Arendatarios	48	0.32	0	48
Otro tipo de tenencia	31	0.20	0	31

Anexo 5

Análisis de calidad de aguas subterráneas. Monitoreo de calidad de agua subterránea de la cuenca del río Lempa. Estudio Ambiental CEL, 1999.

No.	Parámetros	Unidades	Güija Código de pozos				Cerrón Grande Código de pozos						Norma para Agua Potable CONACYT
			P1-G	P1-G	P3-G	P4-G	P1-CG	P1-CG	P3-CG	P4-CG	P5-CG	P6-CG	
	<i>Análisis de Laboratorio</i>	Fecha	13/2/99	18/2/98	13/2/99	13/2/99	17/2/99	17/2/99	17/2/99	17/2/99	17/2/99	17/2/99	
1	Calcio	mg/l	45.94	105.25	78.25	18.81	27.06	39.50	29.49	37.36	30.88	13.19	75
2	Magnesio	mg/l	11.25	25.83	20.83	4.63	8.00	8.00	8.50	7.50	3.88	4.50	50
3	Potasio	mg/l	3.56	5.44	6.56	26.47	6.30	5.03	4.38	6.13	18.69	3.83	10
4	Sodio	mg/l	18.36	21.31	22.31	14.50	27.31	30.38	12.69	37.69	13.81	48.25	150
5	Cloruros	mg/l	122.34	131.08	104.86	61.17	83.20	30.58	39.32	52.43	39.32	39.32	25 - 250*
6	Hierro	mg/l	0.26	0.05	1.35	1.66	0.23	0.03	0.10	0.12	0.09	0.76	0.05 - 0.30*
7	Carbonato	mg/l	0.00	0.00	0.00	13.44	30.24	26.88	16.30	13.44	0.00	6.72	S.R.D.
8	Bicarbonato	mg/l	252.78	297.78	601.22	93.63	116.14	157.14	99.06	133.22	99.06	239.12	S.R.D.
9	Grasa y aceites	mg/l	106.40	2.90	2.30	26.20	11.10	4.10	n.d.	2.00	3.30	3.70	S.R.D.
10	Cromo	µg/l	147.10	108.50	72.00	70.40	137.90	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	30**
11	Carbono orgánico	mg/l	4.33	6.38	6.38	2.02	4.06	N.D.	5.25	5.25	3.15	2.10	S.R.D.
12	Cobre	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1
13	Nitrogeno	mg/l	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	18.83	12.55	15.69	25.10	15.69	1
14	Arsenico	µg/l	21.70	12.23	14.02	33.57	7.74	11.86	8.35	13.34	N.D.	N.D.	10
15	Mercurio	µg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1
16	Cadmio	µg/l	0.02	N.D.	0.01	N.D.	0.79	0.16	0.07	N.D.	0.28	0.16	3
17	Boro	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.3
18	Sulfato	mg/l	22.40	114.00	21.90	5.13	14.79	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	25 - 250*
19	Coliformes fecales	Nº/100ml	1,590	4,620	15	7	4,600	1,100	75	4,300	0	0	5
20	Coliformes totales	Nº/100ml	> 11,090	11,000	11,000	1,490	11,000	1,100	1,100	46,000	2,400	0	S.R.D.
	<i>En situ:</i>												
21	Conductividad eléctrica	µmhos/cm	422	90	81	Sellado	373	223	20	200	380	Sellado	500 - 1600*
22	Fosfatos	mg/l	1.50	0.70	0.27	0.43	1.14	2.75	1.07	1.76	0.41	1.86	3
23	Nitratos	mg/l	1.90	1.50	N.D.	1.10	3.30	1.10	9.20	7.70	10.90	0.50	45
24	Fenoles	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1

n.d. - No determinado

N.D. - No detectable

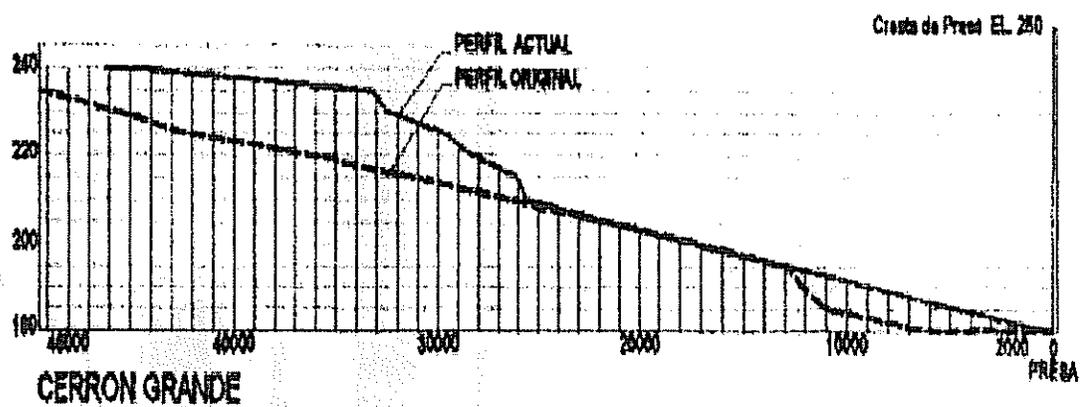
* Valor recomendado - valor máximo permisible

** Norma para cromo hexavalente

S.R.D. - Sin rango definido

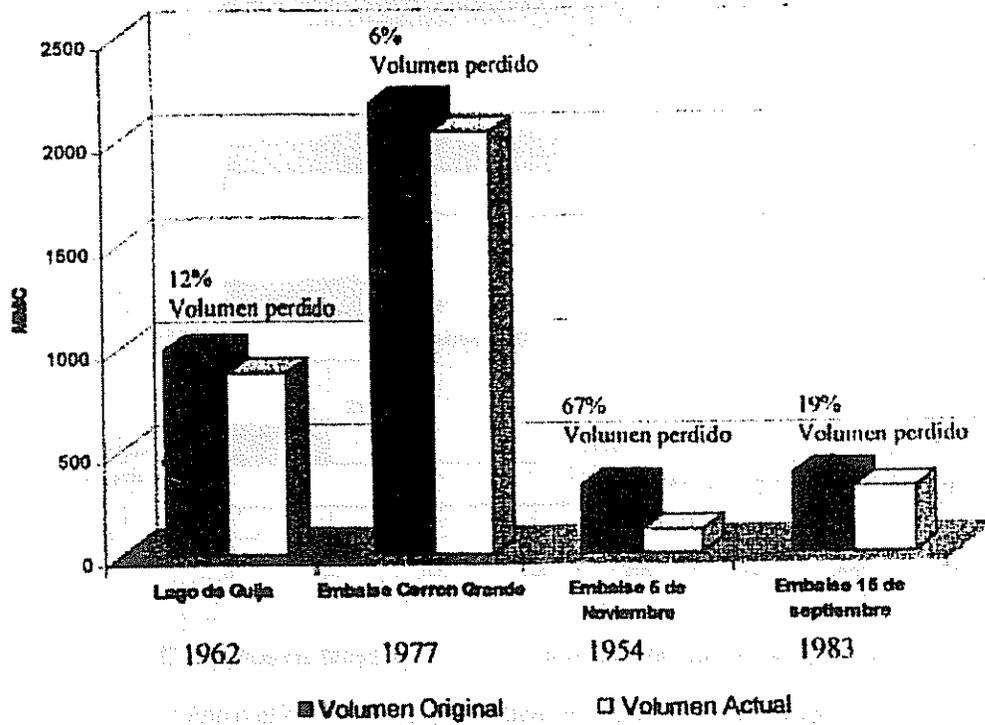
Anexo 6

Perfiles longitudinales y actuales que muestran pérdida de Almacenamiento en el embalse de la represa hidroeléctrica Cerrón Grande.



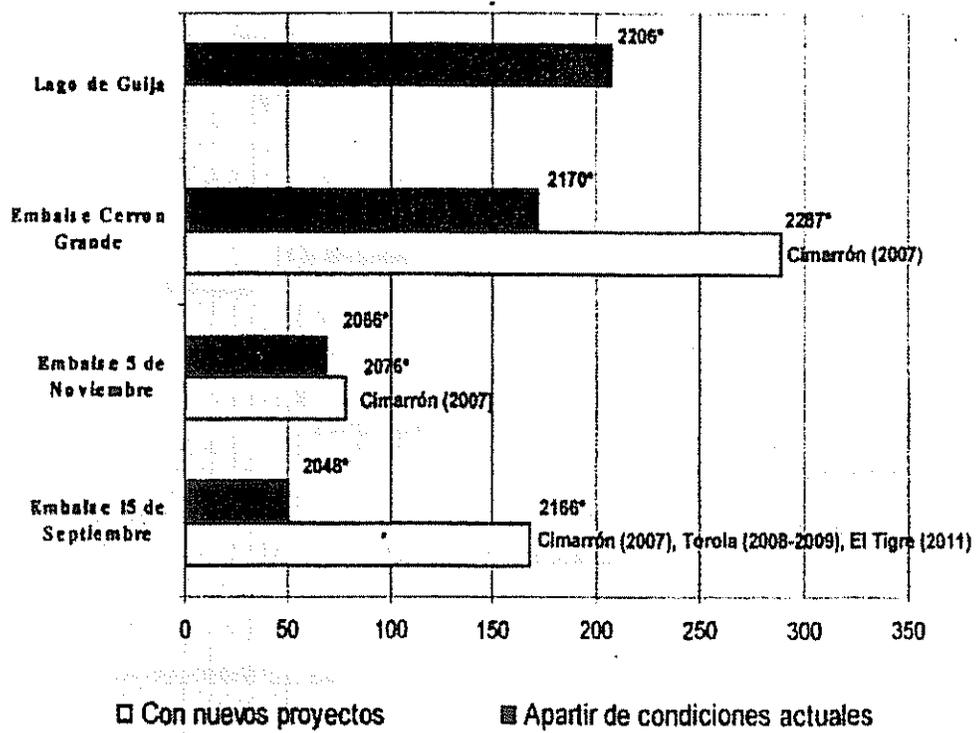
Anexo 7

Pérdida de almacenamiento en los embalses hidroeléctricos de la Cuenca del río Lempa (volumen total hasta 1998).



Anexo 8

Estimado de vida útil de represas hidroeléctricas de la Cuenca del río Lempa (a partir de 1998).



* Año que los sedimentos alcanzaran el fondo de la obra de toma con igual erosión.

Anexo 9

Abrasividad de aguas turbinadas en las represas hidroeléctricas de la Cuenca del río Lempa

