



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD DURANGO**

---

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS  
AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL EJIDO  
LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DGO.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTA**

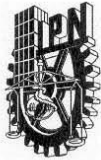
**RAMÓN SILVA-FLORES**

**DIRECTOR: DR. JOSÉ DE JESÚS NÁVAR CHÁIDEZ**

**CODIRECTORA: DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO**



*Victoria de Durango, Dgo., Noviembre de 2007*



SIP-14

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de  Durango  siendo las  10:00  horas del día  7  del mes de  Noviembre  del  2007  se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de  CIIDIR-IPN-DGO  para examinar la tesis de titulada:  
 "VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL EJIDO LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DGO."

Presentada por el alumno:

SILVA   FLORES   RAMÓN   
Apellido paterno materno nombre(s)  
Con registro: 

A	0	5	0	6	4	7
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

DR. JOSÉ DE JESÚS NAVAR CHÁIDEZ

DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO

DR. MARCO ANTONIO MÁRQUEZ LINARES

DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO

M. EN C. NÉSTOR NARANJO JIMÉNEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. JOSÉ B. PROAL NAJERA  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
CIIDIR  
UNIDAD DURANGO  
IPN



SIP-13

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

**ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS  
Y DESIGNACION DE DIRECTOR DE TESIS**

México, D.F. a 8 de Febrero del 2006

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO en su sesión ordinaria No. 2 celebrada el día ocho del mes de febrero del 2006, conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

SILVA  
Apellido paterno

FLORES  
materno

RAMON  
nombre

Con registro: A 0 5 0 6 4 7

Aspirante al grado de: Maestro en Ciencias

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
"VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL EJIDO LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DURANGO".

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:  
ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO DE LA PRESA LA ROSITA II PARA DETERMINAR LA OFERTA DE AGUA PARA EL CONSUMO DOMESTICO EN LA POBLACIÓN DE EL SALTO P.N. DGO. TAMBIÉN SE INVESTIGARA LA DISPONIBILIDAD DE PAGO DE LOS CONSUMIDORES DEL SERVICIO Y LA DISPONIBILIDAD DE ACEPTAR EL PAGO POR LOS PROVEEDORES DEL MISMO A TRAVÉS DE VALORACIÓN CONTINGENTE.

2.- Se designan como Directores de Tesis a los C. Profesores:  
DRA. MA. DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO / DR. JOSE DE JESÚS NAVAR CHAIDEZ

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:  
CIIDIR-IPN-DGO Y EL EJIDO LA VICTORIA, P.N. DGO.  
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Los Codirectores de Tesis

DRA. MARIA DEL SOCORRO  
GONZALEZ ELIZONDO

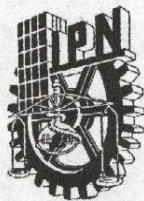
DR. JOSE DE JESÚS NAVAR CHAIDEZ

El Aspirante

  
RAMON SILVA FLORES

CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
CIIDIR  
UNIDAD DURANGO  
IPN  
DR. JOSE B. PROAL NAJERA

El Presidente del Colegio



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Durango, el día 9 del mes Noviembre del año 2007, el (la) que suscribe RAMON SILVA FLORES alumno (a) del Programa de MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL con número de registro A050647, adscrito a CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de DR. JOSE DE JESUS NAVAR CHAIDEZ y LA codirección de DRA. MARÍA DEL SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO y cede los derechos del trabajo titulado “VALORACION ECONOMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLOGICOS EN EL EJIDO LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DGO.”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director-codirectora del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [rsilvaf@prodigy.net.mx](mailto:rsilvaf@prodigy.net.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

RAMÓN SILVA FLORES

Nombre y firma

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Dr. José de Jesús Návar Cháidez y la codirección de la Dra. María del Socorro González Elizondo en el Área de Manejo de Recursos Naturales del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Instituto Politécnico Nacional - Unidad Durango (CIIDIR-IPN).

## DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo que representó el estudiar la maestría en ciencias y la elaboración de esta tesis a:

*Francisca Cardoza Batres*, mi esposa, con quien he tenido la fortuna de compartir a lo largo de muchos años momentos como el que representa concluir esta etapa y decir *misión cumplida*. Gracias chaparrita por estar conmigo y dar luz a mi vida, te amo.

Mis hijos *Ramón Allan, Christian Abraham, Adrián Israel y María Sarahí*, con la esperanza de proyectar en ellos el entusiasmo por la vida y el deseo de superación física, intelectual y espiritual. Los adoro.

Mis papás Olga Candelaria Flores E. y Ramón Silva Ávila, quienes han sembrado en mí valores y principios gracias a los cuales he podido llegar hasta aquí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. José de Jesús Návar Cháidez, por dirigir la presente investigación y compartir conmigo su valiosa experiencia, valoro mucho el tiempo dedicado en la revisión de los avances y el desarrollo del documento, esperando sinceramente haber cumplido con las expectativas.

A la Dra. María del Socorro González Elizondo mi más profundo agradecimiento por la insistente invitación a formar parte de la primera generación de la maestría del CIIDIR-IPN Durango, también por la tutoría y el apoyo como becario. Gracias Soco por tu amistad y por compartirme tus conocimientos.

A la Comisión Nacional Forestal, especialmente al Dr. Gerardo Segura Warnholtz y al C.P. Alfonso Gerardo Fernández de Casto Toulet por darme la oportunidad de combinar la actividad laboral con mi deseo de superación profesional.

A las Doctoras Martha González Elizondo y Yolanda Herrera Arrieta, a los Doctores Gustavo Pérez Verdín y Marco A. Márquez Linares y al Maestro Néstor Naranjo Jiménez por la revisión, comentarios y correcciones realizadas al documento, los cuales sirvieron para enriquecer y mejorar su contenido.

Al CIIDIR-IPN Unidad Durango por darme la oportunidad de formar parte de la primera generación de la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental y con ello alcanzar una meta más en mi desarrollo profesional. A todos los maestros que compartieron su experiencia y conocimientos en el salón de clases. A mis compañeros de generación.

Finalmente al Ejido La Victoria, P.N., Durango por permitirme realizar esta investigación y apoyarme incondicionalmente, especialmente a los Sres. Belarmino Guevara D., Juan Vargas R., Felipe de Jesús Herrera y Epitacio Delgado.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	i
RELACIÓN DE CUADROS .....	iii
RELACIÓN DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
2.1. Generalidades .....	3
2.2. Bienes y servicios ambientales .....	3
2.3. Balance hidrológico.....	6
2.4. Valoración económica de los servicios ambientales .....	7
2.5. Modelos de regresión logística y de Poisson .....	9
III. JUSTIFICACIÓN .....	11
IV. OBJETIVOS.....	13
4.1. Objetivo General.....	13
4.2. Objetivos Específicos.....	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
5.1. Descripción del área de estudio.....	14
5.2. Caracterización de la población de El Salto.....	15
5.2.1. Demografía .....	15
5.2.2. Vivienda .....	15
5.2.3. Educación .....	16
5.2.4. Vías de Comunicación .....	16
5.2.5. Actividades económicas.....	17
5.2.6. Salud.....	17
5.2.7. Servicios.....	17
5.3. Determinación del almacén de agua en el embalse de la presa La Rosilla II.	18
5.4. Valoración económica y cuantitativa de la oferta de agua de la microcuenca La Rosilla .....	20
5.4.1. Valoración económica de la oferta de agua .....	20
5.4.2. Valoración cuantitativa de la oferta de agua .....	23
5.5. Métodos de valoración.....	23
5.5.1. Disponibilidad de pago (DAP) y Disponibilidad de aceptar el pago (DAA)	25
5.6. Modelaje de la disponibilidad de pago y de la disponibilidad de aceptar el pago .....	26
5.7. Herramientas estadísticas .....	27
5.7.1. Definición del tamaño de muestra .....	27
5.7.2. Análisis de correspondencia canónica .....	28
5.7.3. Modelo logístico .....	28
5.7.4. Modelo de Regresión de Poisson.....	29



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
6.1. Descripción del área de estudio.....	30
6.2. Caracterización de la población.....	32
6.2.1. Población consumidora del servicio ambiental.....	32
6.2.1.1. Aspectos socioeconómicos .....	32
6.2.1.2. Uso del agua y regularidad en el servicio de abasto .....	34
6.2.1.3. Escenario hipotético y DAP .....	37
6.2.2. Población proveedora del servicio ambiental .....	39
6.2.2.1. Aspectos socioeconómicos .....	39
6.2.2.2. Importancia del bosque para la producción de agua.....	41
6.2.2.3. Escenario hipotético y DAA.....	45
6.3. Estimación del almacén de agua en el embalse de la microcuenca La Rosilla .....	47
6.4. Valoración económica y cuantitativa de la oferta del agua en la microcuenca La Rosilla .....	52
6.4.1. Valoración económica de la oferta de agua .....	52
6.4.1.1. Costos de producción.....	55
6.4.1.2. Costo de abastecimiento.....	56
6.5. Disponibilidad a pagar de los consumidores del servicio ambiental hidrológico .....	56
6.5.1. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA).....	57
6.6. Disponibilidad a aceptar el pago por parte de los proveedores del SAH .....	62
6.7. Modelaje de la disponibilidad a pagar y de aceptar el pago .....	63
6.7.1. Disponibilidad a pagar (DAP) .....	63
6.7.1.1. Conjunto de variables socio-económicas en la DAP .....	63
6.7.1.2. Conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución en la DAP .....	72
6.7.2. Disponibilidad a aceptar el pago (DAA).....	76
6.7.2.1. Conjunto de variables socio-económicas en la DAA.....	76
6.7.2.2. Conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución en la DAA.....	78
6.8. Valoración de contingencia .....	82
6.9. Escenarios de la Disponibilidad a Pagar.....	84
6.9.1. DAP en función de nivel de educación y el número de integrantes de la familia.....	84
6.9.2. Cantidad a pagar en función del sexo, estado civil y nivel de ingresos....	85
6.9.3. Aplicación de los modelos en la evaluación económica.....	87
VII. CONCLUSIONES .....	91
VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....	93
IX. LITERATURA CITADA.....	95
X. ANEXOS.....	99

## RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de la población por rango de edades .....	15
Cuadro 2. Datos obtenidos de las muestras de suelo en la microcuenca La Rosilla .....	48
Cuadro 3. Costo total de la oferta de agua en la microcuenca La Rosilla .....	55
Cuadro 4. Porcentaje de varianza acumulada.....	58
Cuadro 5. Parámetros estimados para el modelo logístico de Disponibilidad a pagar [9] en función de las variables socio-económicas .....	64
Cuadro 6. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a pagar [10] en función de las variables socio-económicas .....	66
Cuadro 7. Parámetros estimados para el modelo logístico de Disponibilidad a pagar [11] en función de las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto .....	72
Cuadro 8. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a pagar [12] en función de las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto.....	74
Cuadro 9. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a aceptar [13] en función de las variables socio-económicas .....	77
Cuadro 10. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a aceptar [14] en función de las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto .....	79
Cuadro 11. Cuadro de costos de protección y recuperación de la microcuenca La Rosilla .....	82
Cuadro 12. Evaluación económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la microcuenca La Rosilla .....	83
Cuadro 13. Cálculo de la Disponibilidad a Pagar .....	85
Cuadro 14. Cálculo de la cantidad a pagar.....	86
Cuadro 15. Evaluación económica de un escenario altamente probable en la DAP .....	88
Cuadro 16. Propuesta de escalafón tarifario para el cobro del agua en El Salto.....	93

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio. ....	14
Figura 2 Localización de la microcuenca La Rosilla. ....	30
Figura 3. Estado civil de los entrevistados para la estimación de la DAP. ....	33
Figura 4. Nivel de estudios de las personas entrevistadas para la estimación de la DAP. ....	33
Figura 5 Intensidad del uso del agua en las casas habitación de los usuarios del servicio ambiental hidrológico. ....	35
Figura 6. Regularidad en el servicio de abasto del agua. ....	35
Figura 7. Cantidad que pagan actualmente los usuarios al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de El Salto. ....	36
Figura 8. Preferencia de pago por el Servicio Ambiental Hidrológico de los usuarios del agua en El Salto. ....	38
Figura 9. Estado civil de las personas entrevistadas para la estimación de la DAA. ....	39
Figura 10. Nivel de estudios de las personas entrevistadas para estimación de la DAA. ....	40
Figura 11. Número de integrantes por familia de las personas entrevistadas para estimar la DAA. ....	40
Figura 12. Fuentes de abasto de agua de los ejidatarios de La Victoria. ....	41
Figura 13. Intensidad del uso del agua en las casas habitación de los ejidatarios de La Victoria. ....	42
Figura 14. Intensidad de uso de los terrenos de la microcuenca La Rosilla. ....	43
Figura 15. Percepción de los ejidatarios sobre cuáles son los tratamientos más adecuados al bosque para la producción de agua. ....	44
Figura 16. Responsables de la protección de los recursos forestales, en la opinión de los ejidatarios de La Victoria. ....	46
Figura 17. Proporción en que se destinarían los recursos recaudados a las diferentes actividades de protección en la microcuenca La Rosilla. ....	47
Figura 18. Volumen anual del escurrimiento de agua en la microcuenca La Rosilla. ....	50
Figura 19. Disposición o no de pagar por los usuario del servicio ambiental hidrológico. ....	57
Figura 20. Número de usuarios y cantidad que están dispuestos a pagar por el servicio ambiental hidrológico. ....	57
Figura 21. Los Ejes Canónicos 1 y 2 para el conjunto de variables socio-económicas. ....	60
Figura 22. Los Ejes Canónicos 1 y 2 para el conjunto de variables de uso del agua. ....	62
Figura 23. Número de ejidatarios y cantidad que están dispuestos a aceptar por proveer a los habitantes de El Salto del servicio ambiental hidrológico. ....	63
Figura 24. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios del agua, considerando el número de integrantes en la familia y el nivel de educación. ....	65
Figura 25. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino. ....	67
Figura 26. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino. ....	67
Figura 27. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino en función del nivel de ingreso. ....	68
Figura 28. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino en función del nivel de ingreso. ....	69

Figura 29. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino casados en función del nivel de ingreso. ....	70
Figura 30. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino casadas en función del nivel de ingreso. ....	70
Figura 31. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino solteros en función del nivel de ingreso. ....	71
Figura 32. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino solteras en función del nivel de ingreso. ....	71
Figura 33. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios sin regularidad en el servicio de abasto de agua, considerando las horas de servicio diario y el número de días a la semana con el servicio. ....	73
Figura 34. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios con regularidad en el servicio de abasto de agua, considerando las horas de servicio diario y el número de días a la semana con el servicio. ....	74
Figura 35. Distribución de la probabilidad de pago de los usuarios con regularidad en el servicio de abasto de agua. ....	75
Figura 36. Distribución de la probabilidad de pago de los usuarios sin regularidad en el servicio de abasto de agua. ....	76
Figura 37. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función del nivel de educación .....	77
Figura 38. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función del nivel de ingresos .....	78
Figura 39. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el aseo personal.....	80
Figura 40. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el aseo de la casa.....	81
Figura 41. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el lavado de vehículos .....	81

## “VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL EJIDO LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DURANGO”

### RESUMEN

En este trabajo se estimaron la disponibilidad a pagar (DAP) para conservar las fuentes de aprovisionamiento de agua y la disponibilidad a aceptar el pago (DAA) por los dueños de los terrenos que proveen el servicio ambiental hidrológico (SAH) en El Salto, P.N., Durango, con el método de valoración contingente (MVC) a través de encuestas. Se aplicó un modelo hidrológico para conocer las variaciones temporales en la producción de agua. La DAP y la DAA se modelaron por medio de regresión logística y se generaron escenarios futuros probables. Se valoró el costo de oportunidad de las actividades económicas que se realizan en la microcuenca La Rosilla. También se cuantificaron los costos de las actividades de conservación y restauración. Los resultados muestran que la microcuenca produce en promedio  $2.3 \text{ M m}^{-3} \text{ a}^{-1}$ , cantidad de agua suficiente para abastecer la demanda hídrica de El Salto ( $2.0 \text{ M m}^{-3} \text{ a}^{-1}$ ) la mayor parte del tiempo. De los encuestados, el 90% está dispuesta a realizar un pago promedio por el SAH de  $\$27 \text{ pesos mes}^{-1}$ , aunque los modelos probabilísticos utilizados indican que esta cantidad puede ascender a  $\$44 \text{ pesos mes}^{-1}$ . Esto parece explicarse más a la necesidad que por una convicción ambiental avanzada en el servicio del agua. Se observó que los ejidatarios desconocen el valor real del agua o que no se percatan de que la aceptación del beneficio económico por generación del SAH implicaría la eliminación de las prácticas económicas convencionales en la microcuenca. Los costos totales de producción de agua sobrepasan los beneficios económicos obtenidos por la DAP. Para cubrir el déficit, se recomienda: a) someter la microcuenca a proyectos de captura de carbono y SAH; b) someter los bosques a programas gubernamentales como Proárbol y c) solicitar el financiamiento restante a los gobiernos estatal y municipal.

Palabras clave: Déficit, El Salto, P.N., método de valoración contingente, servicios ambientales, valoración hidrológica.

“ECONOMIC VALUATION OF ENVIRONMENTAL HYDROLOGIC SERVICES IN THE  
EJIDO LA VICTORIA, PUEBLO NUEVO, DURANGO”

**ABSTRACT**

This research describes the use of contingent valuation to explore the willingness to pay/accept payment for conserving water supplies at El Salto, P.N., Durango by using surveys. The study used a mass balance hydrologic model to calculate the temporal variations of discharge. The willingness to pay/accept approaches were modeled using logistic regression. The opportunity costs of the conventional economic activities and the conservation and rehabilitation practices were also calculated at the watershed scale. The results showed that La Rosilla watershed discharges an average  $2.3 \text{ M m}^{-3} \text{ a}^{-1}$ , enough to meet the water demand of the city of El Salto ( $2.0 \text{ M m}^{-3} \text{ a}^{-1}$ ). About 90% of the population surveyed in the study area is willing to pay for the environmental hydrologic service an average \$27 pesos month<sup>-1</sup>, although the logistic models indicated under a real scenario that this payment can be as high as \$44 pesos month<sup>-1</sup>. This happens more often by a necessity of the water service than by an environmental advanced concept, as it was shown in the remaining of the questioning. In relation to the willingness to accept payment, it was noticed that the ejidatarios do not know the real value of the water produced by the watershed and do not realize that they have to eliminate the conventional economic activities they conduct on the watershed. The total costs for water production surpass the economic benefits that inhabitants are willing to pay under the most desirable scenario. To cover this economic deficit, it is recommended: a) to submit a carbon project and a hydrologic environmental services project; b) to submit projects for conserving and rehabilitating soils, waters and forests to the Program Proarbol funded by the Federal Government; and c) to explore other types of subsidies funded by the State and Municipal Governments.

Key words: Contingent valuation, deficit, El Salto, P.N., environmental services, Hydrologic valuation.

## I. INTRODUCCIÓN

El hombre en el afán por satisfacer sus necesidades tanto esenciales como de comodidad, ha impactado en forma por demás alarmante los ecosistemas y el ambiente en general. Owen (1984) señala que la humanidad se encuentra al borde de una crisis, que está degradando el medio ambiente y señala como las principales causas el incremento de población, la contaminación, el excesivo consumo de recursos y el gradual deterioro de una ética sobre el medio ambiente. Lo anterior, aunado a profundas inequidades en la distribución de los recursos, ha dado por resultado la actual crisis ambiental global.

A nivel mundial se observa una reducción histórica en la disponibilidad de agua por habitante, originada por el crecimiento demográfico de las últimas décadas y por el deterioro de los ecosistemas, principalmente la deforestación y la contaminación, por lo que el problema de no disponer de agua de calidad y en cantidad cada día va en aumento (Barzev, 2004). Actualmente hay 400 millones de personas sin agua y para el 2025 se estima que la cifra aumentará a 3,000 millones sin acceso a agua.

A partir de la Cumbre de Río de Janeiro se han agilizado diversos estudios relacionados con el desarrollo sustentable. Uno de estos se relaciona con la valoración económica de los servicios ambientales y la generación de mercados para los mismos. El mercado de servicios ambientales ofrecidos por los bosques está creciendo rápidamente, en muchos casos fomentado por políticas nacionales y regionales, en otros por convenios y tratados internacionales. Rosa *et al.*, (2004) señalan que en México se encuentran condiciones favorables para el desarrollo de iniciativas que buscan valorar los servicios ambientales sobre todo para beneficiar a las comunidades rurales. Mencionan como un gran potencial en el país, la captura del carbono, la diversidad genética, los grandes escenarios o atractivos naturales y el servicio ambiental hídrico.

En los servicios ambientales hidrológicos (SAH), un factor importante a considerar en las partes altas de las cuencas como áreas de captación de gran parte de la precipitación pluvial, es la pendiente de los terrenos forestales, la cual generalmente es accidentada lo que favorece principalmente los escurrimientos superficiales del agua de lluvia, con altas infiltraciones pero escasa recarga de los mantos acuíferos por las características geológicas del sustrato. Aunado a lo anterior, no se ha generado la suficiente infraestructura hidráulica en nuestro país para el almacenamiento del agua por lo que fuera de las temporadas de lluvia, se tiene poca disponibilidad del vital líquido al existir una baja regulación del flujo de manera permanente a lo largo del año hacia las partes bajas de las cuencas.

La ciudad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, se abastece de agua de la microcuenca La Rosilla, ubicada en terrenos forestales del Ejido La Victoria. En el año 2000 a iniciativa de la Presidencia Municipal se construyó la presa La Rosilla II para almacenar el agua que serviría para abastecer a los habitantes de El Salto. Actualmente los resultados no son los deseables en cuanto a la regularidad y a la calidad en el servicio de abasto de agua, debido en buena parte a la falta de control en el almacén de agua de la presa.

Esta investigación describe el área de estudio y a la población consumidora del servicio ambiental hidrológico (SAH). Se estimó a través del balance hidrológico el almacén de agua de la presa La Rosilla II. Se valoró económica y cuantitativamente la oferta de agua de la microcuenca y con el método de balance de masas se determinó la variación de la oferta hídrica a través del tiempo, la cual influye en el valor que se asigna al agua. El Método de Valoración Contingente (MVC) se empleó para estimar la DAP de los usuarios del agua y la DAA por parte de los proveedores del SAH. Adicionalmente se analizó la relación que tiene el valor económico propuesto en términos cuantitativos y perceptivos con variables socio-económicas y de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto, obteniendo mediante modelos logísticos y de Poisson la DAP y la DAA de la población de El Salto.



## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Generalidades

Debido a la intensa actividad humana a que ha estado sometido nuestro planeta, se observan ya consecuencias muy evidentes tales como cambio climático, pérdida de la biodiversidad, deforestación y degradación de los ecosistemas naturales, dentro de los cuales la disminución del agua dulce es un asunto preocupante, todo esto en perjuicio de los ecosistemas y de la misma humanidad. Es necesario dar la dimensión exacta a los resultados irreversibles a los que podemos llegar si no se toman las medidas precautorias necesarias, tal y como se ha señalado en la Cumbre de Río en 1992.

A pesar de que existe un reconocimiento de las aportaciones económicas, sociales, culturales y ambientales de los bosques y la actividad forestal en los últimos años, aún se adolece en el sector forestal de escasa inversión y bajos ingresos. Debido a su baja participación en el empleo y los ingresos nacionales de varios países, los responsables de las decisiones asignan baja prioridad a la actividad forestal. Para subsanarlo se están haciendo intentos para calcular el valor de todos los productos y servicios, especialmente los relacionados con el medio ambiente. También se está intentando desarrollar mecanismos financieros innovadores y crear mercados para los servicios a fin de incrementar los ingresos y estimular la inversión en la ordenación forestal sostenible (FAO, 2005).

### 2.2. Bienes y servicios ambientales

La definición de los bienes y servicios ambientales es un tanto compleja al considerar que en la literatura ecológica el término de “funciones ecosistémicas” ha sido objeto de varias interpretaciones, algunas veces contradictorias (De Groot *et al.*, 2002). El concepto en ocasiones se utiliza para definir el funcionamiento interno de los

ecosistemas (p.e. reciclado de nutrientes, mantenimiento de los flujos de energía, etc.) y otras veces, se relaciona con los beneficios para los humanos, derivados de las propiedades y procesos de los ecosistemas (p.e. producción de alimentos, tratamiento de residuos).

De Groot *et al.*, (2002) definen las funciones ecosistémicas como “la capacidad de los procesos y componentes naturales para proveer bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, directa o indirectamente”. Empleando esta definición, las funciones ecosistémicas son mejor concebidas como un subconjunto de procesos ecológicos y estructuras de los ecosistemas. Los mismos autores agrupan las funciones ecosistémicas en cuatro categorías primarias:

- *Funciones de regulación*, relacionadas con la capacidad de los ecosistemas naturales y seminaturales de regular procesos ecológicos esenciales y soportar los sistemas vivos a través de los ciclos biogeoquímicos y otros procesos en la biosfera.
- *Funciones de hábitat*, los ecosistemas naturales proveen hábitat para refugio y reproducción a las plantas y animales silvestres y por contribuyen a la conservación in-situ de la diversidad biológica y genética y desarrollo de los procesos evolutivos.
- *Funciones de producción*, la fotosíntesis y asimilación de nutrientes por los autótrofos convierten la energía, agua, dióxido de carbono y nutrientes en una amplia variedad de carbohidratos los cuales son usados por los productores secundarios para crear una aún mayor variedad de biomasa, y
- *Funciones de información*, debido a que la mayoría de la evolución humana tomó lugar en hábitat silvestres, los ecosistemas naturales proveen una “función de referencia” esencial y contribuyen a mantener saludable a la

humanidad al proveerle oportunidades para reflexionar, enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación y experiencias estéticas.

Una vez desagregados los diferentes conceptos relacionados con el objeto de esta investigación, es conveniente puntualizar que de acuerdo con Barzev (2002) los *bienes ambientales* son los recursos tangibles que el ser humano emplea en los procesos productivos y como consecuencia de su uso, se gastan o transforman en dicho proceso.

Los *servicios ambientales* a diferencia de los bienes, no se gastan ni se transforman en el proceso y aún así, de manera indirecta generan utilidad al consumidor. A las *funciones ecosistémicas* se les considera como las relaciones o flujos energéticos entre los distintos elementos de un ecosistema y dan origen a los servicios ambientales, los cuales son de utilidad al hombre y regularmente generan beneficios económicos.

Algunos ejemplos de bienes ambientales que generan los bosques son: madera, plantas medicinales, productos no maderables, animales, plantas y frutos comestibles, plantas ornamentales, etc. Mientras que entre los servicios ambientales generados por los bosques se pueden considerar: la fijación o captura del carbono, la belleza escénica, la protección de los suelos, la captación hídrica, la producción de oxígeno y la diversidad biológica, entre otros (Barzev, 2002).

El mercado de servicios ambientales ofrecidos por los bosques está creciendo rápidamente, en muchos casos fomentado por políticas nacionales y regionales, así como por convenios y acuerdos internacionales (FAO, 2005). México no ha permanecido ajeno a esta dinámica y a partir de 2003 inició un programa de pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH) en apego a lo establecido en el Artículo 133 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (SEMARNAT, 2005) en la promoción del desarrollo de mercados de bienes y servicios ambientales.

### 2.3. Balance hidrológico

En el proceso de valoración es importante conocer tanto la oferta como la demanda de los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas. Para el caso de los SAH, la oferta de agua se determina a través del balance hidrológico, cuyo cálculo es obligatorio en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua. El balance hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico: evaporación, transpiración, precipitación, intercepción, infiltración, percolación, escurrimiento y recarga subterránea. De éstas, la precipitación, la intercepción, la evaporación y la transpiración son las que más influyen en los cambios de los diferentes tipos de escurrimientos de las cuencas forestales (Sánchez, 1987).

La presencia de la cobertura forestal en las cuencas adquiere mayor peso al revisar la influencia que tiene en la infiltración del agua para recarga de acuíferos, en la regulación del caudal, en la calidad del agua, en la disminución del riesgo de inundaciones y en la moderación de los extremos en la temperatura (Nasi *et al.*, 2002). En este sentido, además de que es importante también la presencia del bosque para la disminución de la erosión, al evitarse el arrastre de sedimentos se prolonga la vida útil de las obras hidráulicas y se reduce el costo del tratamiento del agua para potabilizarla y emplearla para consumo humano (Sánchez *et al.*, 2003).

La demanda hídrica se puede conocer a través de las estadísticas que generan las diferentes dependencias o instituciones; en la mayoría de los casos, se clasifica por sectores. En México más de las tres cuartas partes, el 76.8%, del agua disponible se utiliza en la agricultura, le sigue el consumo doméstico con un 13.9%, el uso del agua para la producción de electricidad representa el 5.4% y finalmente el uso industrial, con el restante 3.8% (CNA, 2007). Las gerencias estatales de CNA y los ayuntamientos municipales representan una fuente de información muy importante en cuanto a la demanda del agua.

## 2.4. Valoración económica de los servicios ambientales

Uno de los aspectos que aún no han sido plenamente resueltos en el tema de servicios ambientales, es la forma en que se les asigna el valor económico considerando que generalmente este valor no representa el precio de dicho servicio, sino que se trata de expresar en términos monetarios los beneficios económicos que genera (Herrador y Dimas, 2001).

Nasi *et al.*, (2002) se preguntan si es adecuado valorar económicamente los servicios ambientales del bosque, asumiendo que generalmente se da por hecho que la valoración incompleta de los bienes y servicios del bosque es una de las principales causas de su deforestación y degradación. Mencionan que si se considerara el valor económico total de los bosques, la sociedad podría reconocer su real importancia, y así proteger y manejar mejor los ecosistemas forestales. Kengen (1997) considera a la valoración económica como una herramienta útil para la sociedad y para los responsables de tomar las decisiones, en el momento de escoger entre alternativas o combinaciones de intervenciones posibles. El uso de modelos matemáticos para generar esas diferentes alternativas o escenarios a partir de información puntual en áreas de interés, permitirá realizar un análisis más objetivo y tomar la mejor decisión considerando aspectos sociales, ambientales y económicos.

La valoración del agua juega un papel muy importante en su asignación, en la gestión de la demanda y en el financiamiento de inversiones. A pesar de que los métodos de valoración han resultado demasiado complejos, se ha aprendido a distinguir entre el valor del agua (en provecho de los beneficiarios), el precio del agua (la carga para los consumidores) y el costo de suministro del agua (costos de inversión y operación de los sistemas de suministro de agua) (UNESCO-WWAP, 2003). Por el impacto positivo o negativo que pueden tener en los sistemas y su funcionamiento la adecuada o inadecuada toma de decisiones, la valoración

económica se torna un elemento útil en el manejo para los administradores y dueños de los recursos naturales (Jäger *et al.*, 2001).

Uno de los métodos más utilizados para la valoración del agua como SAH en las áreas forestales, consiste en otorgar el valor de uso directo a la productividad de los bosques en función de la captación y producción de agua (Barzev, 2003). También es posible considerar algunos costos de oportunidad por no usar los bosques para otras actividades económicas (p.e. ganadería y agricultura), o incluso agregar además, aquellos costos derivados de la conservación y restauración de las áreas forestales a través de ciertas actividades como el cercado, la reforestación, la prevención y combate de incendios, la realización de obras de conservación de suelos, entre otras.

La valoración contingente se ha usado en estudios de muy diversa naturaleza para asignar un valor económico y no precisamente un precio a un bien o servicio. Esta metodología se basa en encuestas aplicadas a los usuarios para conocer su DAP o DAA por el aumento o la disminución en la cantidad o calidad de un recurso o servicio ambiental, bajo condiciones simuladas de mercados hipotéticos (Barzev, 2002).

Amigues *et al.*, (2002) utilizan el MVC para conocer la DAP y la DAA de los habitantes de un área contigua al Río Garonne en Francia, para compensar a los dueños de las tierras en las riberas del río a cambio de que éstos conserven la vegetación riparia y así preservar el hábitat.

En El Salvador, Herrador y Dimas (2001) realizaron la valoración económica del agua para el área metropolitana de San Salvador. Emplearon el MVC para estimar el valor económico del beneficio generado por la protección del recurso hídrico, a través del uso del agua para consumo doméstico con la finalidad de ser utilizada en la generación de información técnica para diseñar un sistema de PSA en dicho país.

Caula y De Nóbrega (2006) aplicaron el MVC para evaluar la preferencia y valoración económica que otorgan los residentes de la ciudad de Valencia, Venezuela, a dos propuestas de diseño de un jardín botánico a construir en la ciudad: jardín botánico versus jardín silvestre. Además de evaluar la preferencia por uno de los tipos de jardín, también se determinó el monto mensual que las personas estarían dispuestas a pagar por visitarlos.

En México también existen ejemplos de la aplicación del MVC. López-Paniagua *et al.*, (2007) lo utilizaron para conocer la factibilidad de la creación de un mercado de SAH, generando información sobre la demanda hídrica en la cuenca de Tapalpa, Jalisco, México. También estimaron la DAP y realizaron un análisis del costo de oportunidad del uso de suelo para producción de agua en la cuenca.

## **2.5. Modelos de regresión logística y de Poisson**

La mayoría de los documentos revisados para este trabajo de investigación utilizan las medidas de tendencia central para determinar la DAP y la DAA tanto en preferencias como en montos económicos. Un elemento que enriquece más este tipo de investigaciones es el uso de modelos de regresión logística y de tipo Poisson. Estas técnicas matemáticas permiten conocer las tendencias de las poblaciones a partir de las muestras, agregando valor en forma de probabilidades para la estimación de varios parámetros que dan mayor certidumbre que las estadísticas descriptivas típicas.

Para cada diseño de encuesta utilizado en el MVC, se pueden asumir diferentes tipos de distribuciones: simétrica uniforme, simétrica logística o asimétrica lognormal (Barzev, 2002). La distribución logit o logística, es una de las más comúnmente utilizadas en estudios de valoración contingente y aplica muy bien sobre todo cuando los datos no están concentrados en ambas colas de la gráfica de la distribución.

Pérez-Verdín (2003) utilizó el método de regresión logística para estimar la probabilidad de que los visitantes acudan a las áreas de recreación en Durango, México, en función del nivel de educación, de la distancia de las áreas, la edad, los ingresos y el género para residentes locales y visitantes a las áreas de recreación.

En Tapalpa, Jalisco, López Paniagua *et al.*, (2007) desarrollaron una investigación con un modelo lineal generalizado con una estructura logística. El modelo se emplea para predecir la probabilidad de la DAP usando variables socio-económicas como la edad, la escolaridad y el sector productivo al que pertenecen los usuarios del agua.

Generalmente no han sido utilizadas otras técnicas estadísticas para describir variables dicotómicas  $\{0,1\}$  o cuantitativas como la cantidad a pagar o aceptar en la DAP y la DAA por un servicio ambiental. Dos de estas técnicas de distribución probabilística que se pueden usar en forma conjunta con modelos de probabilidad son las distribuciones binomial y de Poisson, esta última es la que se empleó en el presente trabajo.

En nuestro país aún cuando ya se ha iniciado con algunos proyectos, siguen siendo escasos los trabajos de investigación realizados sobre la valoración económica de los servicios ambientales, lo que da realce significativo al presente trabajo.



### III. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial y México no es la excepción, se observa una reducción histórica en la disponibilidad de agua por habitante, originada por el crecimiento demográfico de las últimas décadas, por el deterioro de los ecosistemas principalmente la deforestación y la contaminación y por las sequías recurrentes, por lo que el problema de no disponer de agua de buena calidad y en cantidad suficiente cada día va en aumento (Barzev, 2004).

En México se tiene la práctica de retribuir a los gobiernos municipales a través de los organismos operadores del agua y alcantarillado un pago por el servicio de distribución de agua y captación de las aguas sucias en el sistema de drenaje; pero salvo algunas excepciones, no se realizan pagos o retribuciones a los dueños de los terrenos forestales por el servicio ambiental que prestan los bosques en la captación, infiltrado y regulación del agua de lluvia, de la cual se abastece la población para el consumo doméstico y su uso en la agricultura, la ganadería y la industria. Esto ha traído como consecuencia que en México se abastezca de agua potable a las ciudades y al sector rural con tarifas de cobro subsidiadas y a pesar de que en actividades como la agricultura se tengan altos porcentajes en pérdidas del vital líquido, no se realiza el cobro real ni en forma diferenciada para cada sector o grupos de usuarios.

Es necesario entonces, dar la importancia que realmente se merecen las partes altas de las cuencas y destinar recursos para realizar actividades de conservación, protección y fomento de los recursos forestales y sus asociados como el suelo, el agua, el paisaje, con lo cual se verán directamente beneficiados los habitantes de las partes bajas de las cuencas.

Con la presente investigación se pretende estimar el almacén del embalse de la presa La Rosilla II, valorar económicamente el SAH, conocer la percepción y disponibilidad de los consumidores para compensar a los dueños de los terrenos donde se capta el agua de la cual se abastece la población de El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo., valorar la disponibilidad de los integrantes del ejido La Victoria de aceptar el pago por la prestación de dicho servicio ambiental y evaluar si los hipotéticos ingresos por pago del SAH compensarían las ganancias que el ejido dejaría de percibir de llevarse a cabo las modificaciones en el manejo y aprovechamiento del bosque necesarias para asegurar los SAH.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Determinar el valor económico que la población de El Salto, está dispuesta a pagar por el servicio ambiental hidrológico proporcionado por en los terrenos forestales del Ejido La Victoria, Municipio de Pueblo Nuevo, Estado de Durango y la disponibilidad de los propietarios del bosque para aceptar el pago.

### **4.2. Objetivos Específicos**

1. Describir el entorno natural del ejido La Victoria.
2. Caracterizar a la población consumidora del servicio ambiental hidrológico.
3. Estimar con el balance hidrológico el almacén de agua en el embalse La Rosilla II del ejido La Victoria.
4. Valorar económica y cuantitativamente la oferta de agua de la microcuenca La Rosilla.
5. Estimar la disponibilidad de pago por parte de los consumidores en la población de El Salto.
6. Estimar la disponibilidad de aceptar el pago por parte de los proveedores del servicio ambiental hidrológico.
7. Modelar la disponibilidad de pagar y aceptar el pago con funciones logísticas.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Descripción del área de estudio

Para realizar la descripción del área de estudio se consultó la información cartográfica y estadística disponible en el Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) tanto en medios impresos como magnéticos. Otra fuente de información consultada para la descripción fueron los archivos de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Programa de Manejo Forestal elaborado para el Ejido La Victoria (Hernández, 2007). La descripción incluye de manera general la totalidad de la superficie del ejido. En la Figura 1 se presenta la localización del ejido La Victoria en el contexto estatal y regional.

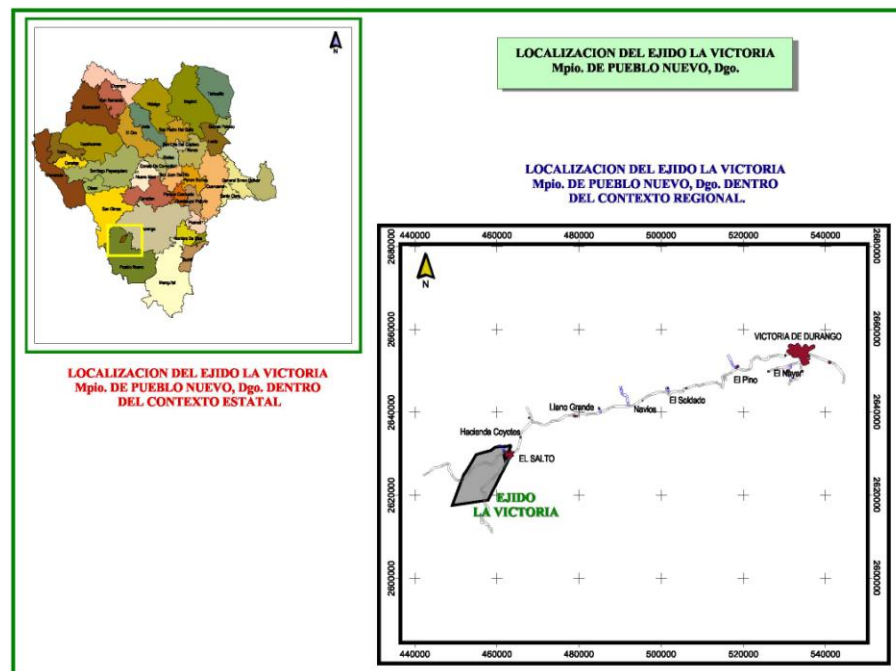


Figura 1. Localización del área de estudio.

## 5.2. Caracterización de la población de El Salto

### 5.2.1. Demografía

En El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo., ciudad en donde radican los beneficiarios del SAH proporcionado por la presa La Rosilla II, se asientan 21,793 habitantes de los cuales 10,589 (48.6%) son hombres y 11,204 (51.4%) mujeres (INEGI, 2005).

La estructura de edades se encuentra distribuida como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de la población por rango de edades

Rango de edad (años)	Población Pueblo Nuevo	%	Población El Salto	%
Menor a 5	7,874	16.7	2,674	12.3
De 5 a 14	11,709	24.9	4,920	22.6
De 15 a 18	3,266	6.9	1,547	7.1
De 19 a 60	21,634	45.9	11,458	52.6
Mayor de 60	2,621	5.6	1,194	5.4
Total	47,104	100.0	21,793	100.0

Fuente: Construcción propia a partir de INEGI (2005)

### 5.2.2. Vivienda

En El Salto existen un total de 4,751 viviendas habitadas, con un promedio de 4.57 ocupantes por cada una. El 91.4 %, es decir 4,344 viviendas cuentan con servicio de agua entubada y 320 (6.7%) carecen de este servicio. En total 4,111 (86.5%) tienen drenaje y el 97.5% (4,631) cuentan con energía eléctrica (INEGI, 2005).

La mayoría de las casas están construidas con paredes de madera, techo de lámina y piso de cemento, le siguen en número las construcciones de ladrillo con techo de cemento y varilla (losa).

### 5.2.3. Educación

El poblado El Salto cuenta con servicios educativos de nivel preescolar, primaria, secundaria, medio superior (bachillerato), superior o profesional y posgrado; aunque en estos últimos sin mucha variedad, por lo que un buen número de la población emigra hacia Durango u otras ciudades en búsqueda de alternativas diferentes de formación profesional. Es común que una cantidad importante de la población estudiantil solamente concluya los estudios hasta nivel primaria o secundaria y deje de estudiar para incorporarse al sector productivo, principalmente por falta de recursos en sus hogares y por la necesidad de aumentar el ingreso económico familiar. El grado promedio de escolaridad es de 7.9 años (INEGI, 2005). Este valor se encuentra por debajo de la media nacional para hombres (8.4) y es similar al de mujeres (7.9), esto se atribuye en parte a lo señalado anteriormente y también a la escasa oferta educativa en El Salto, dificultándose para la mayoría de la población el continuar con estudios de bachillerato y profesional ya que es necesario emigrar a otras ciudades.

### 5.2.4. Vías de Comunicación

Desde hace más de 5 décadas la ciudad de El Salto fue conectado a las ciudades de Durango, Durango y Mazatlán, Sinaloa por la carretera federal No. 40 Matamoros-Mazatlán, convirtiéndose en una de las principales vías de comunicación de nuestro país. El Salto se localiza a 100 km de la ciudad de Durango y 224 del puerto de Mazatlán. Adicionalmente se cuenta con pavimento hasta el kilómetro 30 de la carretera El Salto - Pueblo Nuevo. El resto de caminos de acceso a las principales localidades dentro del municipio son de terracería de diferentes especificaciones. Actualmente en El Salto se tiene el servicio de telefonía tanto celular como fija o residencial y se dispone del servicio de internet, correo postal y telégrafo.

#### 5.2.5. Actividades económicas

La principal actividad económica es la silvicultura, incluyendo todas las fases del proceso productivo forestal como el abastecimiento, el transporte, la transformación y la comercialización. Le siguen en orden de importancia el comercio y los servicios, dentro de estos últimos están tomando auge el ecoturismo y el turismo de aventura a través de la renta de cabañas, el campismo, visitas a atractivos naturales, visitas guiadas para observación de aves y senderismo entre otras actividades. Complementariamente los pobladores desarrollan actividades como la agricultura y la ganadería, ambas para autoconsumo y en pocos casos como negocio.

#### 5.2.6. Salud

La atención médica se brinda a los pobladores de El Salto por diversas instituciones (INEGI, 2005). El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) tiene una clínica en donde se atiende a 10,170 derechohabientes; el Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) brinda el servicio en su clínica a 1,408 beneficiarios. También a través del Seguro Popular se atiende a 711 habitantes. El resto de la población es atendida en consultorios y clínicas particulares, así como en el Centro de Salud dependiente de la Secretaría de Salud del Gobierno del Estado.

#### 5.2.7. Servicios

En El Salto se dispone de varios servicios públicos como pavimento en las principales calles así como alumbrado público; drenaje con una cobertura del 86.5%, aunque se requiere mejorar el aspecto de tratamiento de aguas residuales a través de la construcción de la planta de tratamiento ya que actualmente se arrojan las aguas negras al arroyo El Salto. Se cuenta con agua entubada brindando el servicio

a un poco más del 90% de las casas habitación. Por último el servicio con mayor cobertura es la electricidad llegando a más del 97% de la población (INEGI, 2005).

### 5.3. Determinación del almacén de agua en el embalse de la presa La Rosilla II

La estimación del almacén de agua en la presa La Rosilla II se realizó mediante el Método del balance de masas (Návar, 2007a), a través de la estimación de los principales componentes de ciclo hidrológico en áreas forestales. Este método se basa en el balance hidrológico con la entrada del agua al suelo por la precipitación excedente que logra traspasar la barrera de la intercepción; considera las pérdidas de agua de lluvia por intercepción y evapotranspiración. El balance de la precipitación y las pérdidas resulta en los cambios en el almacenamiento del agua del suelo. El exceso de agua dentro del suelo, es decir el agua gravitacional que es aquella que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de saturación o con menos de 1/3 de bar de presión, se percola hacia las capas profundas del suelo por la presencia de las estructuras macroporosas. La ecuación del balance de masas dentro del suelo se presenta en el siguiente modelo [1].

$$\begin{aligned}
 E - S &= \frac{\partial A}{\partial t}; E = P; \quad S = (I + Ev + Tr + Qs + Qp); Et = (Ev + Tr); \\
 P - (I + Et + Qs + Qp) &= \frac{\partial A}{\partial t}; Q = Qs + Qp; Q; \quad Q = P - (I + Et) \pm \frac{\partial A}{\partial t}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

La única entrada de agua al ecosistema es la precipitación,  $P$ , y se registra normalmente en pluviómetros. La escorrentía superficial,  $Qs$ , y la percolación profunda que llega al acuífero, fuera de la zona de las raíces,  $Qp$ , se despeja bajo un solo concepto y recordando que la escorrentía superficial es nula en bosques sin disturbio, entonces  $Q = Qp$ . El agua que se utiliza en humedecer la vegetación y regresa a la atmósfera sin haber contribuido al aumento de la humedad del suelo se denomina intercepción,  $I$ , y representa una pérdida importante de precipitación, en



este caso se estima con el modelo modificado de Gash (1995) [2] (Návar, 2007b), cuya ecuación es:

$$\sum_{j=1}^{n+m} I_j = n \left( P'_G + (c \bar{E}_c / \bar{R}) \sum_{j=1}^n (P'_{Gj} - P'_G) \right) + (c) \sum_{j=1}^m P_{Gj} + q S_c + P_t \sum_{j=1}^{n-q} P_{Gj} \quad [2]$$

Donde  $c$  = la proporción del suelo sin cobertura forestal;  $E_c$  = la tasa de evaporación del agua interceptada;  $R$  = La intensidad de la lluvia sobre la cobertura;  $P'_G$  = Cantidad de lluvia necesaria para iniciar la redistribución de la lluvia sobre el suelo;  $q$  = la precipitación de lluvias que no sobrepasan  $P'_G$ ;  $S_c$  = La cantidad de agua necesaria para saturar la cobertura;  $P_t$  = La proporción de la lluvia que es escorrentía fustal. Los detalles de este modelo se pueden revisar en Návar y Bryan (1994) y Návar *et al.*, (1999) y los parámetros para bosques mixtos, bosques de encino y bosques de pino se pueden consultar en Návar (2007b).

La evapotranspiración,  $Et$ , es el agua que se evapora de la superficie del suelo,  $Ev$ , y la que se transpira,  $Tr$ , de dentro del suelo hacia la atmósfera a través de la vegetación como parte del proceso vital de las plantas. Un estimador de  $Et$  se calcula midiendo convencionalmente la evaporación en evaporímetros y la ponderación,  $Etp$ , se calcula con un factor climático,  $Fc$ , un factor vegetativo,  $Ftv$ , y finalmente con el almacén de agua del suelo dado por los contenidos iniciales de agua del suelo,  $\theta_i$ , el contenido de agua del suelo al punto de marchitamiento permanente,  $\theta_{pmp}$ , y el contenido del agua del suelo a la capacidad de campo,  $\theta_{cc}$ , a partir de la siguiente ecuación [3]:

$$Etp = \frac{\text{Ln} \left[ 100 * \frac{\theta_i - \theta_{pmp}}{\theta_{cc} - \theta_{pmp}} \right]}{\text{Ln}(101)} * Et * Fc * Ftv \quad [3]$$

Los detalles de la ecuación y sus factores de ponderación se pueden encontrar en libros de física de suelos (p.e. Hillel, 1982). Las formas de estimar estos parámetros son también parte de la física de suelos.

El contenido final del agua del suelo en forma proporcional se estima a partir del balance hidrológico, donde  $\theta_i = \theta_{i-1} \pm [\text{Precipitación } i-1 - \text{Intercepción } i-1 - E_{tp}]$ . Donde el  $i-1$  se refiere al tiempo inmediato anterior.

Pritchett (1986) señala que uno de los principales usos de los bosques es la protección de las cuencas acuíferas y que el hombre a través de prácticas forestales adecuadas, puede optimizar el rendimiento y la calidad del agua en las cuencas, influyendo incluso, mediante técnicas de manejo forestal en la tasa de infiltración de agua en el suelo, en su almacenamiento y en su distribución.

En el presente estudio se obtuvieron 12 muestras de suelo distribuidas en el área de captación de agua de la presa La Rosilla II (Anexo 3). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Física y Química de Suelos de la Fundación Produce Jalisco para obtener los parámetros de punto de marchitamiento permanente (PMP), capacidad de campo (CC), densidad aparente (DA) y densidad real (DR). Los datos obtenidos se emplearon en el modelo hidrológico [1] del método de balance de masas, el resto de valores para los parámetros que lo conforman provienen de otros estudios de investigación y son de uso común (Návar, 2007b).

#### **5.4. Valoración económica y cuantitativa de la oferta de agua de la microcuenca La Rosilla**

##### **5.4.1. Valoración económica de la oferta de agua**

La valoración de los costos de producción de agua en la microcuenca La Rosilla considera los rubros: a) el costo de captación y b) el costo de recuperación

(Barrantes y Castro, 1999); pueden desagregarse también en: a) costos de producción, b) costos de conservación y c) costos de protección del bosque (Barzev, 2002).

La valoración económica de la oferta hídrica se realizó conforme a la metodología presentada por Barrantes y Castro (1999) para el caso de Heredia, Costa Rica. Este método considera dos elementos para la valoración, el valor de captación y el valor de recuperación. El modelo empleado para calcular el Valor de Captación (VC) es el siguiente [4]:

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O c_i} (1 + \beta_i) \quad [4]$$

En donde: VC = Valor de captación hídrica del bosque (\$ m<sup>-3</sup>),  $\alpha_i$  = Importancia del bosque en la cuenca  $i$  en función del recurso hídrico (%),  $B_i$  = Costo de oportunidad de la ganadería *versus* bosque en la cuenca  $\textcircled{0}$  (\$ ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>),  $A b_i$  = Área con bosque aprovechable en la cuenca  $i$ ,  $O c_i$  = Volumen de agua captada por bosques de la cuenca  $i$  (m<sup>-3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) y  $\beta_{\textcircled{0}}$  = Valoración de la calidad del agua de escorrentía captada por el bosque (%).

El valor de recuperación (VR) está relacionado con los costos en que se incurre para desarrollar actividades de fomento como la reforestación. La metodología de Barrantes y Castro (1999) considera un lapso de 5 años para el establecimiento y manejo inicial de las plantaciones forestales. Para este estudio se considera un horizonte de 10 años incluido su establecimiento. El costo total de esta actividad es de \$13,350 pesos ha<sup>-1</sup> de acuerdo a los costos establecidos por la Comisión Nacional Forestal (DOF, 2007), con un egreso en el primer año del 70% equivalente a \$9,345 pesos ha<sup>-1</sup>, en los años consecuentes la inversión se reduce con un monto fijo de \$1,011.25 pesos ha<sup>-1</sup>, asociado al mantenimiento y protección de la plantación. El modelo empleado para calcular el VR es el siguiente [5]:

$$VR = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i C_{ij} A r_i}{O c_i}$$

[5]

En donde:  $VR$  = Valor de recuperación de las cuencas hidrográficas ( $\$ m^{-3}$ ),  $\alpha_i$  = Importancia del bosque en la cuenca  $i$  en función del recurso hídrico (%),  $C_{ij}$  = Costos para la actividad  $j$  destinada a la recuperación de la cuenca  $i$  ( $\$ ha^{-1} a^{-1}$ ),  $Ar_i$  = Área a recuperar en la cuenca  $i$  (ha),  $Oc_i$  = Volumen de agua captada por bosques de la cuenca  $i$  ( $m^{-3} ha^{-1} a^{-1}$ ).

Las encuestas aplicadas para conocer la DAP y la DAA incluyen varias preguntas para realizar la valoración económica y ambiental del recurso hídrico en la microcuenca La Rosilla. Se considera el costo de oportunidad por la producción de agua *versus* las tres principales actividades productivas de los ejidatarios: silvicultura, ganadería y agricultura. En el primer caso, de acuerdo con el volumen de corta autorizado para el ejido en su Programa de Manejo Forestal (Hernández, 2007) se tiene una posibilidad de  $4.16 m^3$  rollo de pino verde  $ha^{-1} a^{-1}$  y  $0.81 m^3$  rollo de encino  $ha^{-1} a^{-1}$  con un valor en el mercado de \$700 pesos y \$360 pesos  $m^{-3}$  rollo respectivamente, lo que arroja un valor de \$3,203.60 pesos  $ha^{-1} a^{-1}$ . La superficie forestal arbolada de la microcuenca son 730 ha. En el caso de la ganadería se consideró la carga actual que tiene el ejido, con 10 ha por cada unidad animal, es decir la microcuenca estaría sujeta a soportar 90 cabezas de ganado vacuno, a un costo promedio en el mercado de \$3,500 pesos cada una. Aunque Manzano *et al.*, (2000) mencionan que para el norte de México existen hasta 5 veces más animales que la capacidad de carga recomendada. En la agricultura los cultivos que más se producen son el maíz y la avena, tomando esta última como base para hacer el cálculo de la utilidad, se tiene que una hectárea genera \$10,500 pesos  $a^{-1}$ . La superficie agrícola estimada en la microcuenca es de 24 ha.

El rubro que considera Barzev (2002) del Valor de Protección, es complementario del Valor de Restauración que describen Barrantes y Castro (1999). En el presente

documento se calculó el Valor de protección considerando diversas actividades que el ejido La Victoria realiza para la protección de sus recursos naturales como son: cercado de áreas con regeneración o reforestaciones, acordonamiento de materiales muertos, construcción de presas filtrantes, control de cárcavas a través de su cabeceo y suavización de taludes, conservación de caminos de acceso, construcción de brechas cortafuego y contratación de un encargado de realizar recorridos de vigilancia. Los costos unitarios para las actividades señaladas se obtuvieron del Manual de obras y prácticas de Protección, restauración y conservación de suelos forestales (CONAFOR, 2007), y las metas en función de los compromisos que el ejido asume en su Programa de Manejo Forestal (Hernández, 2007).

#### **5.4.2. Valoración cuantitativa de la oferta de agua**

Para conocer el valor por metro cúbico de agua entregada a la población de El Salto por parte del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado El Salto (SIDEAPAS), se recurrió a la entrevista del Director y del Subdirector de dicha dependencia, solicitando información sobre los costos en que se incurre por las actividades de: a) almacenamiento, b) potabilización, c) conducción, d) entrega y e) pérdidas; es decir, el costo de abastecimiento por metro cúbico de agua desde la presa y hasta que dicho líquido llega a los usuarios en las tomas de sus casas. En forma complementaria a la entrevista, se solicitó dar respuesta a un cuestionario con una serie de preguntas relacionadas con la calidad y regularidad en el servicio de abasto, los volúmenes de agua extraídos de la presa, proceso de distribución, costos, etc.

#### **5.5. Métodos de valoración**

Los métodos de valoración económica se pueden dividir en dos grandes categorías: los que valoran beneficios y los que valoran costos, de acuerdo con Hufschmidt *et al.*, (1983) y Dixon *et al.*, (1988) citados por Barzev (2002). Los que valoran beneficios resultantes de un cambio en la calidad ambiental o disponibilidad de un

recurso, asignan valor a los beneficios obtenidos por el uso de los bienes ambientales que se convertirían en costos si estos usos se perdieran. Los segundos, lo hacen midiendo los costos de prevenir o mitigar los cambios ambientales que, de otra manera, tendrían un impacto negativo en el bienestar económico, a través de cambios negativos en el medio ambiente.

En la revisión que realizaron Bishop *et al.*, (1999) de los métodos de valoración forestal cita a Freeman (1993) y señalan que los economistas han realizado un esfuerzo considerable en los últimos años para el desarrollo y aplicación de métodos de valoración de bienes y servicios intangibles en términos monetarios. Todos los métodos intentan expresar la demanda del consumidor, es decir la DAP (WTP por sus siglas en inglés Willingness to Pay) de los consumidores por un bien o servicio particular en términos monetarios, o su DAA (WTA por sus siglas en inglés Willingness to Accept) una compensación económica por la pérdida del mismo. Haab y McConnell (2002) señalan que el propósito del MVC es estimar la disponibilidad individual a pagar por cambios en la cantidad o la calidad de los bienes o servicios, así como su efecto en la DAP.

Bishop *et al.*, (1999) hacen referencia a cinco grupos de técnicas de valoración dependiendo de su validación teórica y aceptación entre los economistas, los requerimientos de datos y facilidad de uso y lo amplia que ha sido su aplicación en diferentes países. Los grupos son:

1. Valores directos de mercado
2. Valores de mercado de bienes o servicios complementarios o sustitutos
3. Valoración de los cambios de productividad
4. Métodos de preferencia declarada, principalmente la valoración contingente y
5. Valores de Gasto Potencial

Dixon *et al.*, (1988) y Reverte *et al.*, (1990) citados por Barzev (2002) emplean una clasificación similar, pero reducen el grupo a tres categorías de acuerdo a si usan

valores directos de mercado o cambios de productividad. Los que usan valores de mercado de bienes o servicios complementarios o sustitutos y, los que usan valores determinados bajo condiciones hipotéticas o contingentes evaluados a través del uso de encuestas.

#### 5.5.1. Disponibilidad de pago (DAP) y Disponibilidad de aceptar el pago (DAA)

En este trabajo se utilizó el MVC para determinar la DAP y la DAA a través de encuestas directas a consumidores y proveedores del servicio ambiental hidrológico en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

El MVC intenta averiguar a través de la pregunta directa, el valor que otorgan las personas (usuarios) a los cambios en el bienestar que les produciría la modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental. Esencialmente, se les pregunta a los entrevistados lo que estarían dispuestos a pagar por recibir un beneficio o dispuestos a aceptar como pago por una reducción en la cantidad o calidad del servicio. Lo que se busca son las valoraciones personales de los encuestados frente al crecimiento o la reducción de la cantidad de un bien dado, un contingente, en un mercado hipotético (Barzev, 2003).

El MVC ha sido ampliamente utilizado en la valoración de bienes que no tienen mercado específico, convirtiéndose en muchos casos en la única técnica de estimación del beneficio, aunque también se ha empleado la relación beneficio-costos (B/C). Por sus características el MVC es aplicable a buena parte de los contextos de la política ambiental (Barzev, 2003).

La encuesta diseñada en esta investigación para conocer la DAP de los consumidores del agua es de formato abierto compuesta por tres partes: a) se busca conocer sobre el conocimiento y apropiación de los encuestados en el uso, cuidado y escasez de agua, concretamente distribución y consumo; b) aborda la importancia de la cobertura vegetal en la captación y provisión del agua planteando el escenario

hipotético de la ausencia del recurso y aborda la pregunta sobre la DAP por el beneficio y c) busca registrar aspectos generales y socio-económicos del entrevistado (Herrador y Dimas, 2001). La encuesta para conocer la DAA de los proveedores del servicio ambiental consta de la misma estructura, variando en el planteamiento hipotético de la ausencia del recurso y cambiando la pregunta por la disponibilidad y monto de aceptar un pago, se pregunta también el destino que daría a los recursos económicos recaudados y formas de cobro. En el Anexo 1 se presenta la encuesta empleada para estimar la DAP y en el Anexo 2 la encuesta empleada para estimar la DAA.

### **5.6. Modelaje de la disponibilidad de pago y de la disponibilidad de aceptar el pago**

En el modelaje de la DAP y de la DAA se realizaron las siguientes actividades:

- a) Selección con la técnica estadística multivariada Análisis de Correspondencia Canónica sin tendencia (DCCA) de las variables estadísticamente significativas en cada uno de los tres grupos de variables de la encuesta para conocer la DAP. En el caso de la DAA, por contar con un número menor de observaciones se empleó el módulo GENMOD del Sistema de Análisis Estadístico (SAS v 8.1), donde las variables que no contribuían a explicar parte de la variación se eliminan del modelo hasta lograr conjuntar un grupo de variables que expliquen estadísticamente la parte de la variación total.
- b) Definición del modelo logístico en función de las variables significativas. En dicho modelo la variable dependiente es una variable discreta dicotómica {No, Si} la cual se predice en función de las variables independientes  $z_1, z_2, \dots, z_n$ . Estas pueden ser las variables socio-económicas, de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto o de la importancia del bosque en el abasto de agua.



- c) Definición del Modelo de Regresión de Poisson, para determinar la cantidad a pagar o la cantidad a aceptar, la variable dependiente es ahora una variable cuantitativa que se ajusta a un conjunto de distribuciones probabilísticas Poisson determinadas por las variables independientes; p.e. nivel del estudio, nivel de ingresos, sexo, edad, etc. Las variables independientes estiman el parámetro Lambda de la distribución Poisson.
- d) Representación gráfica de cada modelo y para las diferentes variables que resultaron estadísticamente significativas o que se consideraron importantes dentro del modelo. Esto facilita el análisis y la obtención de las conclusiones.

## 5.7. Herramientas estadísticas

La captura de datos de las encuestas, la obtención de las estadísticas descriptivas básicas, el modelaje de regresión logística y de Poisson y la generación de gráficas se realizaron en la hoja de cálculo Excel de Microsoft Office. Para el análisis estadístico multivariado, el análisis de correspondencia canónica (DCCA), se empleó el programa de cómputo CANOCO. Se calcularon los parámetros de los modelos de regresión logística y de Poisson en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS v 8.1).

### 5.7.1. Definición del tamaño de muestra

El tamaño de muestra está en función del tamaño de la población de El Salto y del número de casas habitación que existen en la misma; para ello, se realizó el análisis de la variabilidad existente en tres variables: DAP, nivel de estudios ( $ne$ ) y nivel de ingresos ( $ni$ ). El tamaño de la muestra se determina de acuerdo a la siguiente fórmula [6] (Freese, 1969):

$$n = \frac{S^2 * t^2}{E(\%)^2} \quad [6]$$

En donde:  $n$  = número de personas;  $S^2$  = Varianza de la variable de interés,  $t$  = valor en tablas de  $t$  de student obtenido con  $\alpha = 0.05$ ;  $v = n-1$  y  $E$  = error expresado en porcentaje.

### 5.7.2. Análisis de correspondencia canónica

El análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA) es una técnica de análisis multivariado que sirve para relacionar la composición de comunidades con una variación conocida del ambiente. Se basa en el análisis de correspondencia, técnica que extrae ejes continuos de variación de la abundancia u ocurrencia de especies. En esta nueva técnica los ejes de ordenación se seleccionan a la luz de las variables ambientales conocidas por la imposición restrictiva de que los ejes son combinaciones lineales de las variables ambientales. De esta manera, la variación de la comunidad puede estar directamente relacionada con la variación ambiental (Cajo, 1998).

DCCA es una técnica eficiente de ordenación cuando las especies o individuos poseen una respuesta normal con respecto a los gradientes ambientales. Esta técnica resulta en un diagrama de ordenación en el cual los puntos representan, p.e. los individuos y las variables socio-económicas; y los vectores representan las variables DAP, DAA, cantidad a pagar o cantidad a aceptar.

### 5.7.3. Modelo logístico

El Modelo Logístico o Modelo de Regresión Logística [7] para determinar la DAP y la DAA es el siguiente (Allison, 1999; Barzev, 2002):

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp^{\alpha + \beta_1(z_1) + \beta_2(z_2) + \dots + \beta_n(z_n) \pm \varepsilon_i}} \quad [7]$$

En donde:  $P(x)$  = probabilidad de que  $x$  ocurra, asume los valores extremos  $\{0,1\}$ ;  
 $z_i$  = Variables independientes de los grupos sociales y económicas, uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución e importancia del ecosistema en el abasto de agua y  $\varepsilon_i$  = Error aleatorio

#### 5.7.4. Modelo de Regresión de Poisson

Para determinar la cantidad que la población consumidora está dispuesta a pagar y la cantidad que los dueños de los terrenos proveedores de los SAH están dispuestos aceptar se empleó el Modelo de regresión de Poisson [8], el cual toma su nombre debido a que la variable dependiente tiene una distribución de probabilidades tipo Poisson (Allison, 1999).

$$\log \lambda_i = \beta_0 + \beta_1 z_{i1} + \beta_2 z_{i2} + \dots + \beta_k z_{ik} \quad [8]$$

En donde:  $z_i$  = Variables independientes de los grupos sociales y económicas, uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución e importancia del ecosistema en el abasto de agua.

Estos métodos estadísticos se trabajaron en SAS (Statistical Analysis System v 8.1), aunque para la elaboración gráfica de los modelos logísticos y probabilísticos se utilizó la hoja de cálculo de Excel. La mayoría de las figuras se elaboraron en Excel y sólo algunas se generaron en Sigma Plot para Windows.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en el Ejido La Victoria, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México, lugar en donde se encuentra la microcuenca La Rosilla, área de captación del agua que se almacena en la presa La Rosilla II. En terrenos del ejido también se asienta una parte importante de la localidad El Salto, cuya población es consumidora del agua.

La superficie de la microcuenca La Rosilla es de 944 ha, se ubica en las coordenadas geográficas centrales  $23^{\circ} 44' 00''$  de Latitud Norte y  $105^{\circ} 27' 00''$  de Longitud Oeste, dentro del macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental.

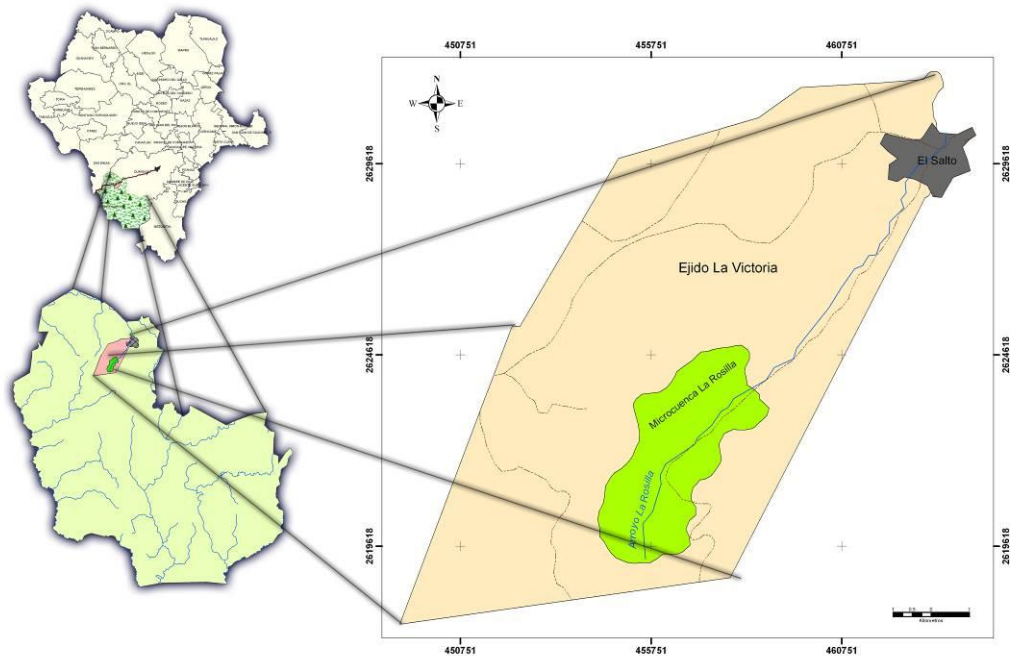


Figura 2 Localización de la microcuenca La Rosilla.

El área de estudio, de propiedad ejidal, es un núcleo agrario dotado por resolución presidencial el 18 de Mayo de 1961, que en 1994 se inscribió al Programa de Certificación de Derechos Ejidales (PROCEDE) realizándose el levantamiento topográfico del ejido y actualizando el padrón de derechos ejidales. En 1997 se entregó a la asamblea general del Ejido La Victoria la delimitación, destino y asignación de las tierras de uso común, asentamiento humano y reconocimiento de derechos ejidales con 102 beneficiarios de 10,810.20 ha de las cuales 10,638.90 son tierras de uso común, cubiertas casi en su totalidad por bosques de pino-encino. Actualmente son 98 los ejidatarios que integran al núcleo agrario por la compra que realizó el ejido de 4 derechos.

El ejido se ubica en la Región hidrológica No. 11 (Presidio-San Pedro) en la vertiente del Pacífico, en la parte alta de la Cuenca del Río Presidio. La presa La Rosilla II construida sobre el cauce del Arroyo La Rosilla se ubica en la microcuenca RH11DC04-028. Esta corriente de agua después de cruzar El Salto, recibe el nombre de Quebrada El Salto, para posteriormente convertirse en el Río Presidio (CFE, 1998).

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el ejido se ubica dentro de las siguientes clasificaciones:

En las partes altas se presenta el clima C(E)(W<sub>2</sub>) caracterizándose como semifrío, subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual entre 5 y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C y un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2.

En las estribaciones medias el clima es de tipo C(W<sub>2</sub>) el cual es templado, subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual entre 12 y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C, precipitación del mes más seco alrededor de los 40 mm y un porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2.

La presencia de las lluvias se concentra en los meses de Julio a Septiembre con una precipitación promedio de 1,000 mm por año, mientras que la temperatura promedio anual es de 10.9°C.

La vegetación en la mayor parte del ejido está formada por bosques de pino-encino. Las principales especies de pino son *Pinus cooperii*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. teocote*, *P. herrerae*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite*. Las especies más representativas de encinos son *Quercus sideroxyla*, *Q. durifolia*, *Q. rugosa* y *Q. candicans*. Existen otras coníferas como *Juniperus* spp., *Cupressus* sp. *Pseudotsuga* sp. y *Abies* sp. y dentro de las latifoliadas se encuentran especies de los géneros *Arbutus* y *Alnus*. En el estrato inferior de los bosques, la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y la encinilla (*Quercus striatula*) se distribuyen con diferentes densidades combinadas con varias especies de gramíneas y herbáceas (Silva, 2006).

## **6.2. Caracterización de la población**

### 6.2.1. Población consumidora del servicio ambiental

#### 6.2.1.1. Aspectos socioeconómicos

Las personas que se entrevistaron para estimar la DAP fueron 242, 149 del sexo femenino (62%) y 93 (38%) del sexo masculino. Las cuatro categorías consideradas en la entrevista para el estado civil están representadas, con dominancia de las personas casadas (73%), seguidas de las personas solteras (14%) representando ambas el 87% de los entrevistados (Figura 3). Las edades de los entrevistados varían desde 19 a 84 años, con una clara concentración en el rango de 25 a 50 años (68%). Respecto al nivel de estudios, el 35% cursaron educación primaria y el 34% tienen educación secundaria, disminuyendo al 12% y 9% el nivel bachillerato y el

profesional respectivamente. En la categoría de otros se ubican las personas que estudiaron comercio y cursos de secretariado (Figura 4).

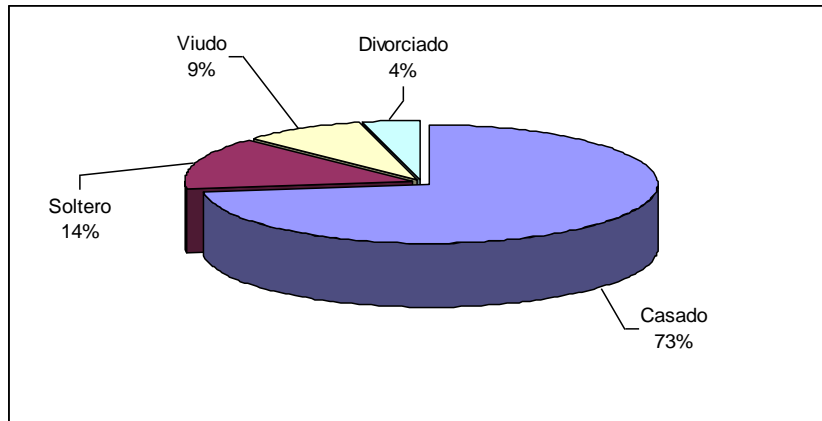


Figura 3. Estado civil de los entrevistados para la estimación de la DAP.

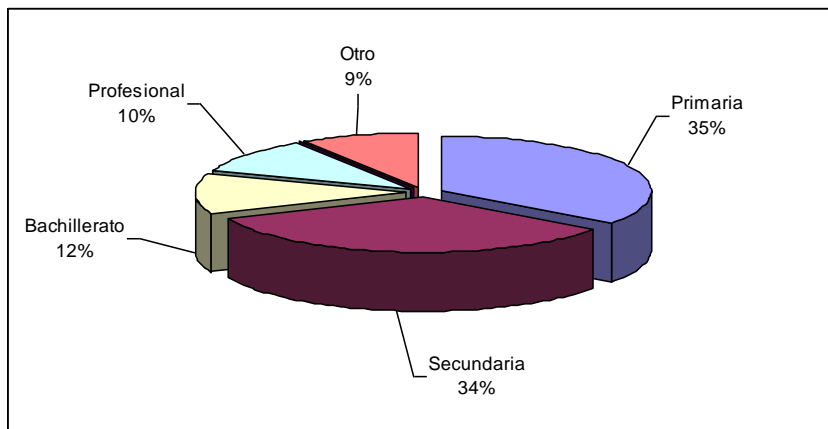


Figura 4. Nivel de estudios de las personas entrevistadas para la estimación de la DAP.

El número promedio ponderado de integrantes de las familias para las personas entrevistadas es de 5, variando desde 1 hasta 13 miembros. El nivel de ingresos también es bastante variable: los que menos ganan perciben \$800 pesos por mes y el extremo opuesto es un ingreso de \$20,000 pesos, con una moda de \$2,000 pesos y un promedio ponderado de \$2,988 pesos. El 41% de las personas entrevistadas para estimar la DAP son amas de casa, 15.7% se dedican al comercio, 14.9% son trabajadores y el 12.8% son empleados. En el 15.6% restante se agrupan docentes, estudiantes, campesinos, choferes y personas pensionadas.

#### 6.2.1.2. Uso del agua y regularidad en el servicio de abasto

La principal fuente de abasto de agua para las personas entrevistadas en El Salto es el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de El Salto (SIDEAPAS) a través del agua captada en la presa La Rosilla II (97.52%), mientras que el agua de pozo y la de manantial representan el 1.65% de la fuente de abasto y el restante 0.82% de los entrevistados no cuenta con toma de agua en su domicilio. El 89.2% de los entrevistados saben que el agua proviene de la Presa La Rosilla II y solamente el 10.8% desconocen de donde se abastece de agua El Salto.

Respecto a la calidad del agua la calificación que le otorgan los usuarios es de excelente en un 4.1%, regular en un 63.6% y de mala calidad en un 31.4%, la diferencia de 0.9% no contestó a esta pregunta.

Los usos principales que se le da al agua en las casas habitación de El Salto son: aseo personal (*UAP*), lavar ropa (*ULA*) y realizar el aseo de la casa (*UAC*) (Figura 5). Las categorías en las que menos se usa el agua son para tomar y la preparación de alimentos (*UALI*) y para regar plantas o jardines (*URE*) así como lavar vehículos (*ULV*). Existe desconfianza de los habitantes entrevistados para utilizar el agua de la presa La Rosilla II en la preparación de alimentos y para tomar, a pesar de que el agua cumple con los requisitos establecidos en la norma oficial mexicana correspondiente (SIDEAPAS, 2007). Lo anterior influye de manera significativa en la voluntad de pago de los usuarios del servicio, ya que compran agua de garrafón para sustituir la de la presa en el consumo humano, gastando en promedio \$30 pesos por semana, es decir \$120 pesos  $\text{mes}^{-1}$ .



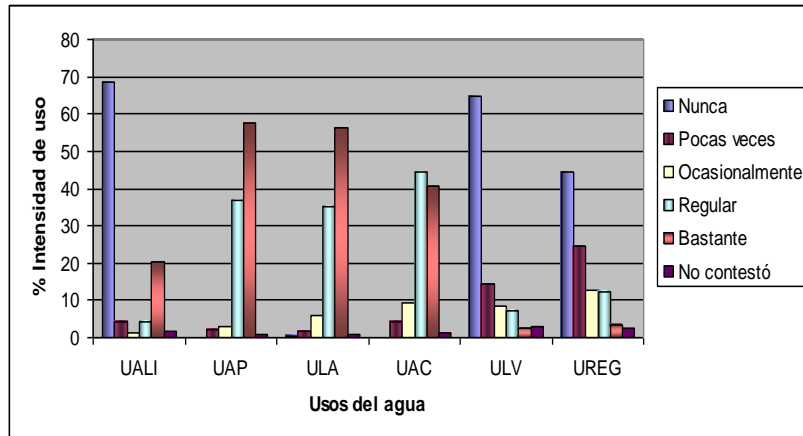


Figura 5 Intensidad del uso del agua en las casas habitación de los usuarios del servicio ambiental hidrológico. UALI = Uso en preparación de alimentos, UAP = Uso en aseo personal, ULA = Uso para lavar ropa, UAC = Uso en aseo de la casa, ULV = Uso para lavar vehículos, UREG = Uso para regar plantas o jardines.

Otro aspecto importante que se consideró fue la calidad en el servicio que se brinda a los usuarios del agua, donde el 87.2% manifestó no recibir en forma regular el servicio, el 8.7% contestó que sí lo recibe en forma regular y el 4.1% no lo recibe por no contar con toma de agua en su domicilio (Figura 6). Quienes no reciben el agua en forma regular, lo hacen durante 2 días a la semana en un lapso de 15 horas que puede ser durante el día (46%) durante la mañana (15.3%) o por la noche (11.5%).

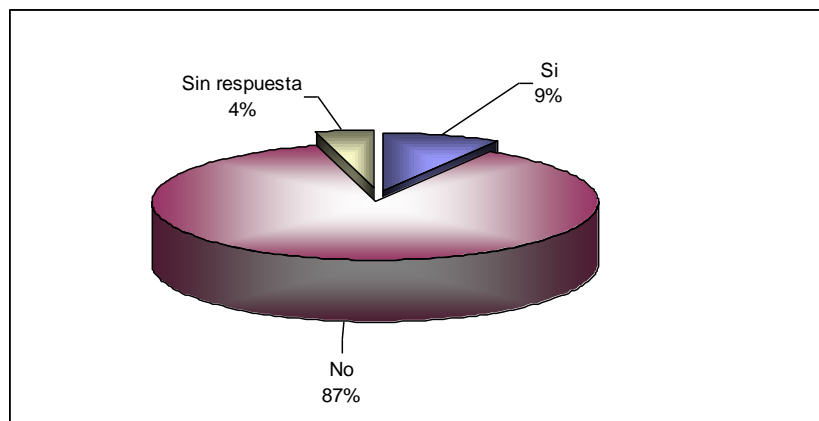


Figura 6. Regularidad en el servicio de abasto del agua.

La situación anterior conlleva a que el 81% de la población entrevistada tenga algún medio de almacenamiento de agua en su casa (tinacos o cisternas) como una

alternativa para contar con agua en los días en que no tienen servicio de abasto. El 14.5% manifestó que no tiene forma de almacenar agua en su casa y el restante 4.5% no contestó a la pregunta. Para el 69.4% de los entrevistados el agua resulta vital en el desarrollo de su vida diaria y para el 28.9% es importante, el 1.7% no contestaron a esta interrogante.

A la pregunta de si actualmente realizan el pago a SIDEAPAS por el servicio de abasto de agua en sus casas, el 31.5% contestó que no y el 68.5% manifestó que sí paga. Esta información difiere de la otorgada por SIDEAPAS (2007) en el sentido de que sólo un 33.3% de los usuarios realizan el pago de las cuotas mensuales. Respecto a la cantidad que pagan los usuarios que si lo hacen (Figura 7), se tiene una dispersión desde \$10 pesos hasta \$240 pesos mensuales, con un promedio ponderado de \$40.49 pesos mes<sup>-1</sup>. La mejora en la regularidad del servicio y el aumento de horas en las casas habitación con abasto de agua es un área de oportunidad para SIDEAPAS que puede influir sensiblemente en el porcentaje de recaudación de pagos por los usuarios del agua. El reducir el 30% aproximado de pérdida del agua por fugas también puede ser un factor importante en el incremento de las horas de servicio a la población.

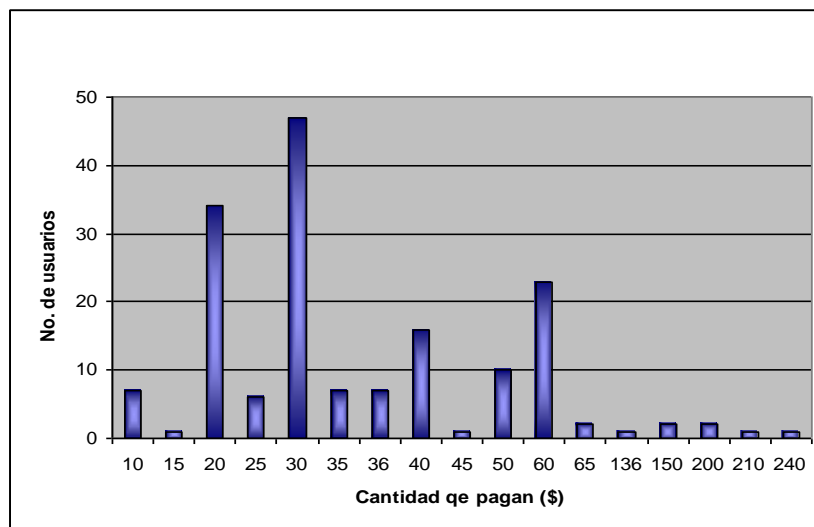


Figura 7. Cantidad que pagan actualmente los usuarios al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de El Salto.

La calificación que los habitantes encuestados asignan a los bosques y a la vegetación con respecto a la existencia del agua es de vital o muy importante en un 63.6%, de importante en un 33.9% y quienes los consideran sin importancia representan el 0.8% de la muestra. El 1.7% no contestó a la pregunta. Opinan también que los encargados de cuidar el bosque deben ser todos los ciudadanos (81.8%) o una combinación de los ciudadanos y los propietarios de los bosques (13.6%). Una pequeña parte contestó que debe ser el gobierno en sus tres niveles o solamente los propietarios (4.6%). De manera general este apartado de la encuesta refleja el porqué se siguen presentando en algunos casos tasas de deforestación importantes, debido en parte a que se desconoce la magnitud de las externalidades provocadas en los bosques y en contraparte, muchos de los beneficios como la captura de carbono o la conservación de la biodiversidad, no son percibidos a nivel local o predial, sino en un ámbito global (Jäger, 2001).

#### 6.2.1.3. Escenario hipotético y DAP

El resultado de la aplicación de la encuesta de la DAP indica que el 90% de los entrevistados están dispuestos a realizar un pago por el servicio ambiental hidrológico. El restante 10% manifiesta que no realizaría ningún pago argumentando que es obligación del gobierno proporcionar el servicio de abasto del agua, así como que el agua es de todos y no se puede negar el derecho de usarla a nadie. Ante una segunda pregunta de si desearían pagar más de la cantidad que inicialmente contestaron, la respuesta afirmativa se redujo al 40%, contra un 60% que manifestó que no pagaría más.

La DAP de los usuarios del SAH en primera instancia, es decir, en la respuesta a la primera ocasión que se les preguntó es de \$27.54 pesos mes<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 26.73 y un intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ) de 3.573. A la pregunta de si estaría dispuesto a pagar más, la cantidad se incrementa a \$50.35 pesos mes<sup>-1</sup> pero

la DAP se reduce al 40% de la muestra, en este caso la desviación estándar es de 43.32 y el intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ) de 8.712.

Con las reservas que amerita por la diferencia en el tiempo que se realizó el estudio de Herrador y Dimas (2001), el valor que ellos obtuvieron de la DAP por el mismo servicio en el área metropolitana de San Salvador es de 3.89 dólares  $\text{mes}^{-1}$ , a una tasa de cambio de \$10.66 por dólar, esa cantidad equivale a \$41.46 pesos  $\text{mes}^{-1}$ , muy por encima de la cantidad mencionada en este trabajo, obtenida con las medidas de tendencia central de la muestra.

Quienes sí están dispuestos a hacer un pago, preferirían hacerlo a través de SIDEAPAS - Presidencia Municipal (46%), un 31 % desearía pagar a través de una Organización No Gubernamental, opinan que le daría más transparencia y uso correcto a los recursos, a un 10% le gustaría pagar directamente al ejido, el 10% no contestaron a la pregunta y un 3% preferiría pagar a otro organismo diferente como podría ser una Comisión de ejidatarios (Figura 8). Es notable que en buena medida la población tiene confianza en SIDEAPAS para depositar el pago, en un trabajo similar realizado por Herrador y Dimas (2001) en el Salvador el 49% de los encuestados prefieren hacer los pagos en una ONG y sólo el 17% al organismo operador del sistema de aguas en el área metropolitana de San Salvador.

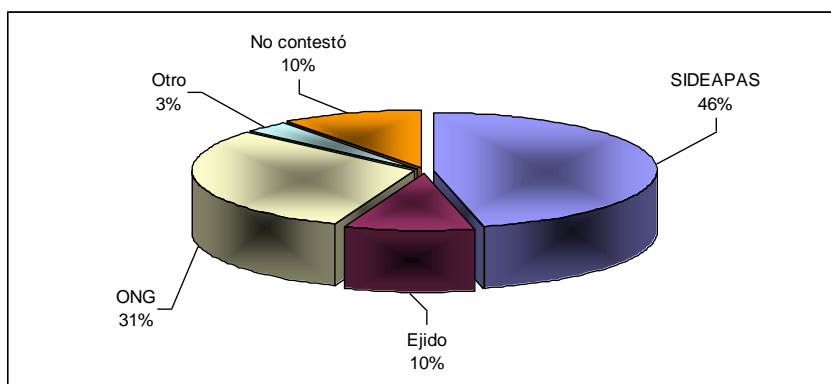


Figura 8. Preferencia de pago por el Servicio Ambiental Hidrológico de los usuarios del agua en El Salto.

Respecto a la forma de recolección del pago, el 41.3% opina que debe hacerse a través del mismo recibo de SIDEAPAS y casi el mismo porcentaje (40.5%) consideran que debe hacerse en un recibo adicional. El 7.6% opinó que el pago debe hacerse directamente al ejido y el 10.7% se reservó la respuesta.

## 6.2.2. Población proveedora del servicio ambiental

### 6.2.2.1. Aspectos socioeconómicos

Se entrevistaron 21 ejidatarios que representan el 21.4% de un total de 98 que integran el ejido, 18 fueron del sexo masculino y 3 del sexo femenino; en cuanto al estado civil, 17 son casados, 1 soltero y 3 viudos (Figura 9). El 66% de los entrevistados tienen nivel de estudios de primaria, el 14% de secundaria y el 20% restante se ubica en bachillerato, profesional y posgrado como se observa en la Figura 10. Las edades varían de los 25 a los 70 años, con una mayor proporción en las edades superiores a 40 años.

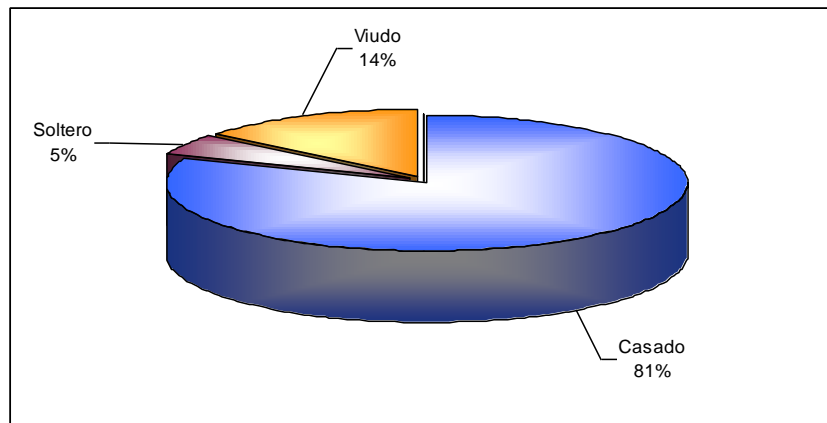


Figura 9. Estado civil de las personas entrevistadas para la estimación de la DAA.

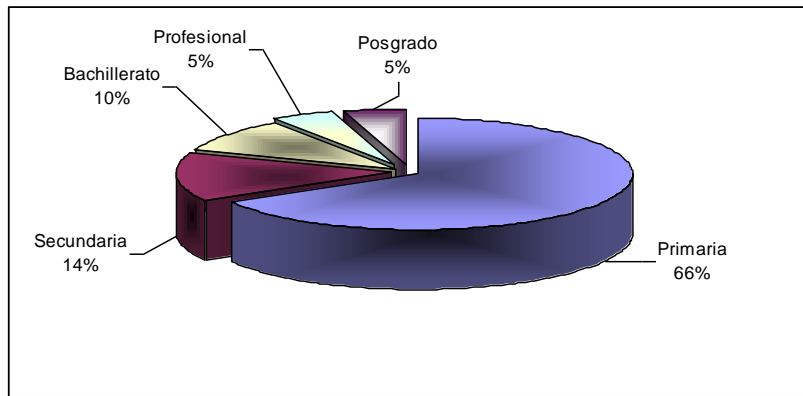


Figura 10. Nivel de estudios de las personas entrevistadas para estimación de la DAA.

Las familias de los ejidatarios entrevistados se conforman desde 2 hasta 9 miembros, con un promedio de 5 integrantes por familia (Figura 11). El nivel de ingresos mensual varía desde \$2,400 pesos hasta \$16,000 pesos, con un promedio ponderado de \$6,323 pesos, el doble del calculado para las personas encuestadas en la DAP.

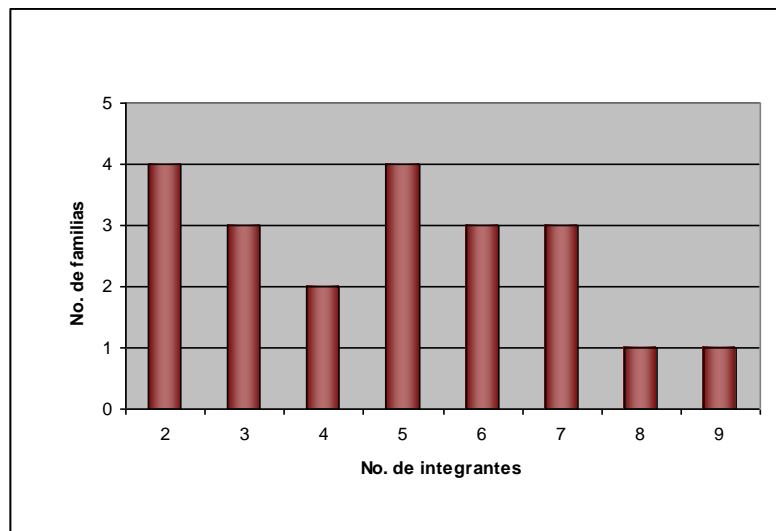


Figura 11. Número de integrantes por familia de las personas entrevistadas para estimar la DAA.

### 6.2.2.2. Importancia del bosque para la producción de agua

El análisis de la información recopilada mediante las entrevistas a los ejidatarios de La Victoria indica que el 100 % sabe que el agua que distribuye SIDEAPAS en la ciudad de El Salto proviene de la presa La Rosilla II. Ellos por su parte se abastecen en un 81% de agua de manantial, el 5% de SIDEAPAS y el 14% de llaves públicas por no contar con toma de agua en su casa; se debe mencionar que las llaves públicas también son abastecidas por SIDEAPAS, por lo que el porcentaje de quienes se abastecen de agua de dicha dependencia aumenta a 19%. En la Figura 12 se muestran en forma gráfica estas proporciones.

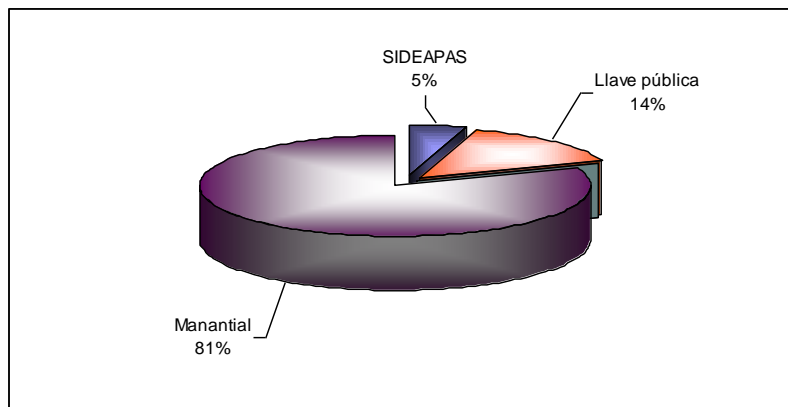


Figura 12. Fuentes de abasto de agua de los ejidatarios de La Victoria.

En cuanto a la intensidad de uso del agua en las casas habitación, la Figura 13 nos indica que las categorías en las que se hace mayor uso del agua en orden descendente es para el aseo personal (*UAP*), para tomar y preparar alimentos (*UALI*), para lavar la ropa (*ULA*) y finalmente para el aseo de la casa (*UAC*). Por otro lado las categorías en las que no se usa o tiene un uso ocasional son el lavado de vehículos (*ULV*) y para regar plantas o jardines (*URE*). En este caso el porcentaje de uso para preparar alimentos y tomar se incrementa notablemente, debido a que se abastecen de otra fuente diferente al de la presa La Rosilla II y aunque no recibe

ningún tratamiento de potabilización, la población la consume sin desconfianza porque proviene de un manantial.

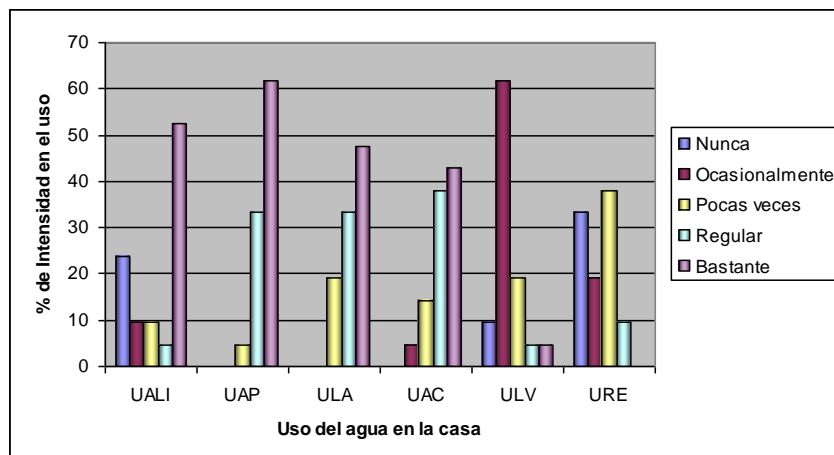


Figura 13. Intensidad del uso del agua en las casas habitación de los ejidatarios de La Victoria. UALI = Uso en preparación de alimentos, UAP = Uso en aseo personal, ULA = Uso para lavar ropa, UAC = Uso en aseo de la casa, ULV = Uso para lavar vehículos, UREG = Uso para regar plantas o jardines.

El 90.5% de los entrevistados manifestó que la importancia que tiene el agua para el desarrollo de su vida diaria es vital, mientras que el restante 9.5% la consideran importante. Del total de la muestra el 71% no pagan actualmente por el servicio de abasto de agua, argumentando que es un beneficio que obtienen por ser ejidatarios y dueños de la tierra en donde están los manantiales de donde se produce el agua. El 29% si hace un pago a SIDEAPAS que asciende a un promedio ponderado de \$54.16 pesos mes<sup>-1</sup>.

El uso actual que se hace de los terrenos de la microcuenca La Rosilla, desde la percepción de los ejidatarios entrevistados de La Victoria, indica que la producción de agua es el principal uso de la microcuenca La Rosilla (Figura 14). Le sigue en importancia la protección a la fauna y al paisaje. Es importante señalar que los usos con nulo o menor porcentaje son la agricultura, la ganadería y la producción de madera, los cuales aunque no necesariamente en el último caso, resultan excluyentes con el objetivo de producción de agua, mientras que la conservación de



la fauna, la protección al paisaje y la recreación así como la recolección de hongos y plantas medicinales son compatibles con el SAH.

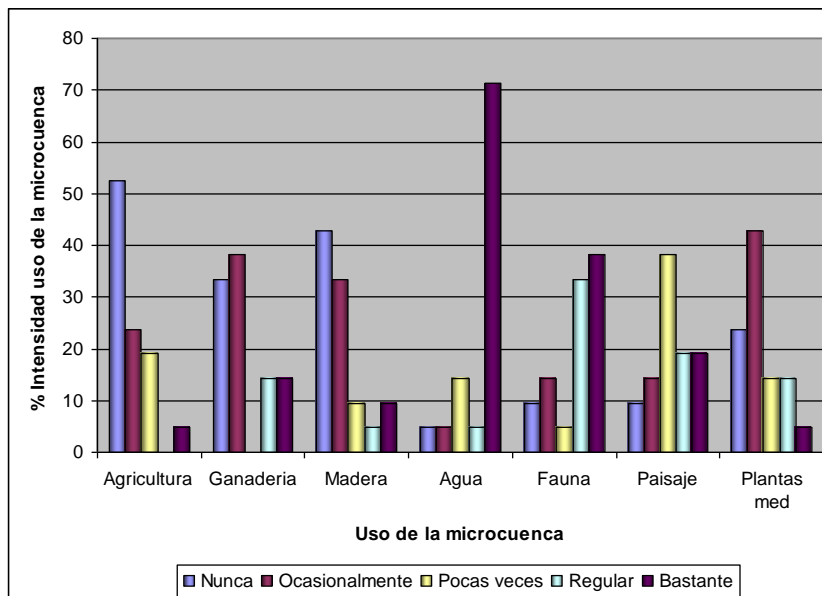


Figura 14. Intensidad de uso de los terrenos de la microcuenca La Rosilla.

La calificación que otorgan los proveedores del SAH a los bosques y la cobertura vegetal con respecto a la existencia del agua es vital en un 85.7%, mientras que el 14.3% lo consideran importante. Se percibe que aún sin mucho conocimiento científico en el tema, los ejidatarios están convencidos que el bosque juega un papel muy importante en el ciclo hidrológico y en la producción de agua. Esta apreciación se ve fortalecida con los resultados obtenidos en una de las preguntas de la encuesta de la DAA en la cual se plantean una serie de tratamientos silviculturales al bosque y se les cuestiona sobre cuáles serían más convenientes de aplicar para la producción de agua. Las respuestas señalan que los tratamientos no adecuados, es decir que no se deben aplicar, son las cortas a matarrasa (MTR), las cortas de regeneración (CR), los aclareos (ACL) y las cortas de selección (SEL) (Figura 15). Coincidentemente, el orden en que se presentan es el mismo orden que guardan las intensidades de corta que generalmente se prescriben en estos tratamientos silvícolas dentro de los programas de manejo forestal. En contraparte, los tratamientos que se consideran muy adecuados o adecuados son la no corta (NC) y

la reforestación (REF), esto último coincide con lo señalado en la importancia que dan los ejidatarios de La Victoria a la presencia de los bosques para la producción de agua en la microcuenca.

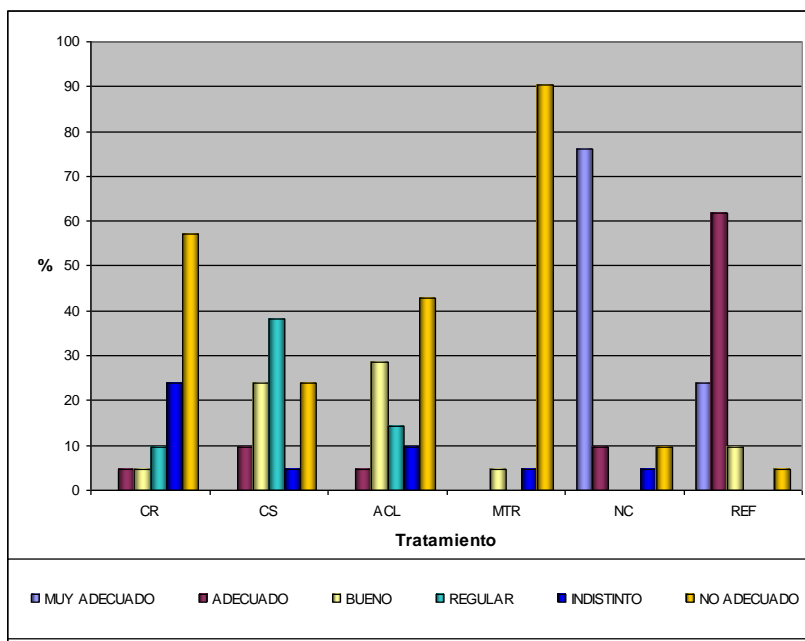


Figura 15. Percepción de los ejidatarios sobre cuáles son los tratamientos más adecuados al bosque para la producción de agua. CR = Corta de Regeneración, CS = Corta de Selección, ACL = Aclareos, MTR = Matarrasa, NC = No corta, REF = Reforestación.

El sentir de los proveedores del SAH es que el cuidado de los bosques debe hacerse de manera compartida entre los sectores social y gubernamental, atribuyendo una mayor responsabilidad a los propietarios del bosque y a todos los ciudadanos (27.5% para cada uno), al Gobierno Federal (19.6%) con claro señalamiento hacia la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); los gobiernos estatal y municipal (9.8% cada uno) y en menor proporción el prestador de servicios técnicos (3.9%) y las empresas privadas (1.9%). Esta distribución de la responsabilidad del cuidado de los bosques probablemente sea consecuencia de la difusión que las dependencias han realizado en torno al compromiso de los dueños de los bosques para cuidarlos.

### 6.2.2.3. Escenario hipotético y DAA

La respuesta de los ejidatarios de La Victoria a la disponibilidad de aceptar un pago por proveer del SAH a la ciudad de El Salto fue del 100%. La DAA que se obtiene es de \$7.14 pesos ha a<sup>-1</sup> con una desviación estándar de 7.22 y un intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ) de  $\pm 3.164$ . Al multiplicar esta cantidad por las 944 ha de la microcuenca La Rosilla y por los 98 integrantes del ejido representa \$660,535.68 pesos y dividida entre la cantidad de agua que extrae SIDEAPAS para abastecer al Salto (1.3 M m<sup>-3</sup>) equivale a \$0.51 pesos m<sup>3</sup> de agua, como la cantidad que los ejidatarios estarían dispuestos a aceptar por el SAH proporcionado.

Los dueños del terreno manifiestan que quienes deberían de pagar en primera instancia por la protección de los recursos forestales para favorecer este servicio son los habitantes de El Salto (27%), seguidos de la Presidencia Municipal (25%), el Gobierno Federal (24%), el Gobierno del Estado y los propios ejidatarios (14% cada uno) (Figura 16). Estos datos son congruentes con la lógica de que quien disfruta del servicio debe pagar por el mismo, además de que el gobierno como responsable de proporcionar los servicios básicos de educación, salud, energía eléctrica, agua, comunicaciones, etc., también debe participar en el pago por el uso del servicio ambiental. Destaca en este punto que los ejidatarios no evaden la responsabilidad de participar también en la protección de los recursos forestales, de hecho, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (SEMARNAT, 2005) los señala como los principales responsables de esta actividad.

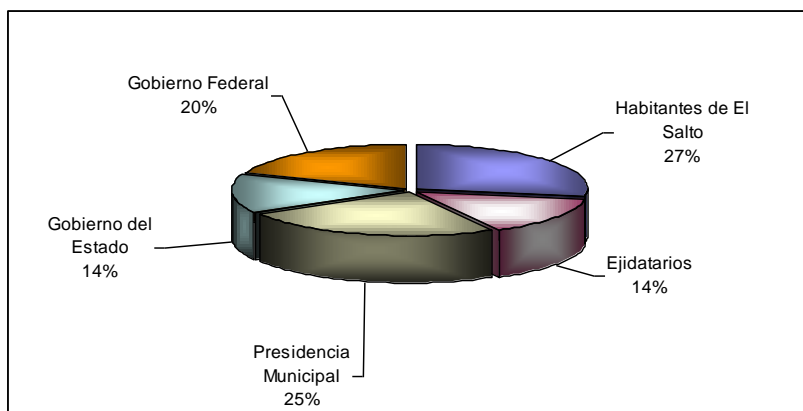


Figura 16. Responsables de la protección de los recursos forestales, en la opinión de los ejidatarios de La Victoria.

De ser factible el pago por parte de los usuarios por la prestación del SAH en la microcuenca La Rosilla, se preguntó a los ejidatarios a través de quién les gustaría recibir el pago, obteniendo como respuesta: Comisariado ejidal un 43%, Comisión integrada por ejidatarios el 19% y SIDEAPAS un 38%. En cuanto a la forma de recibir el pago, preferirían hacerlo en primera instancia a través de un pago directo al ejido (42.8%) y en segundo término mediante depósito en cuenta bancaria del ejido (28.6%) y a través de SIDEAPAS (28.6%). A diferencia de los usuarios del servicio, los ejidatarios prefieren en primera instancia aunque por poco margen, que los recursos se paguen a su Comisariado ejidal y en segundo término a SIDEAPAS.

El destino que se le daría a los recursos recaudados por parte de los entrevistados, después de plantearles una serie de actividades opcionales y pidiendo que les asignaran porcentajes conforme desearan invertir en ellas, dio resultados no esperados, aunque compatibles con el resto de los valores obtenidos en la encuesta de la DAA (Figura 17). Una cuarta parte de los recursos serían destinados al reparto de utilidades entre los mismos ejidatarios, se esperaba que la proporción en esta variable fuera mucho mayor dada la costumbre en el ejido de repartir entre sus integrantes todas las utilidades que generan las diferentes actividades productivas que realizan. En orden de importancia, la siguiente actividad a la que destinarían recursos es la protección de los incendios forestales (23%), reforestación (14%),

obras de conservación de suelos (12%) y control de desperdicios forestales. Dejan como últimas actividades para invertir el dinero: la prevención y combate de plagas y el control del pastoreo, en el primer caso porque no lo ven como una necesidad ya que no se han tenido brotes importantes de plagas forestales en el ejido; y el control del pastoreo porque al decidir desde hace tiempo retirar el ganado del área de influencia de la presa La Rosilla II, en realidad no es importante el impacto que se tiene.

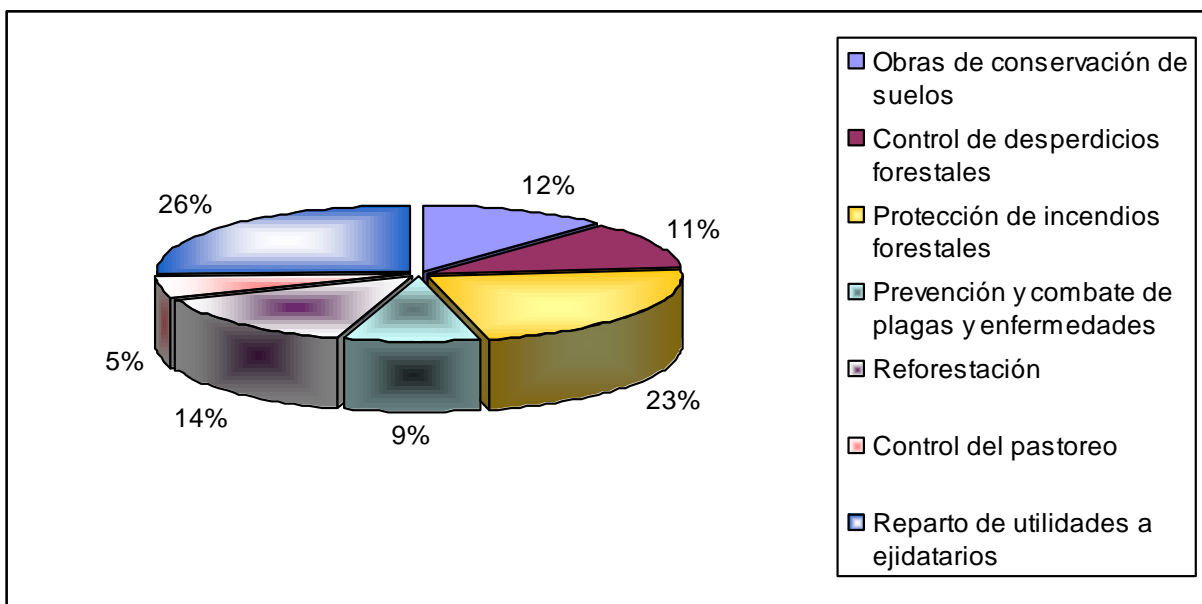


Figura 17. Proporción en que se destinarían los recursos recaudados a las diferentes actividades de protección en la microcuenca La Rosilla

### 6.3. Estimación del almacén de agua en el embalse de la microcuenca La Rosilla

En todo estudio de valoración económica de los servicios ambientales debe cuantificarse tanto la oferta como la demanda del servicio en cuestión, como señala Barzev (2003), quien en el trabajo que realizó en la Finca del Río Chiquito en Nicaragua, parte de la estimación de estos dos elementos, aunque el cálculo del balance hídrico lo hace bajo varios supuestos por no contar con información

estadística, define la cantidad de agua que produce el afluente y particularmente el bosque de esa área.

Para determinar la oferta hídrica en este trabajo, se tomaron muestras de suelo en la microcuenca La Rosilla, a las cuales se les realizaron análisis físicos y los resultados se presentan en el Cuadro 2. En el Anexo 3 se presenta una imagen con la ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

Cuadro 2. Datos obtenidos de las muestras de suelo en la microcuenca La Rosilla

Sitio No	Latitud Norte	Longitud Oeste	ASNM m	P %	PMO mm	PS cm	DA g/cc	DR g/cc	CC %	PMP %
1	23° 43' 19.2"	105° 25' 02.2"	2728	25	45	32.0	0.77	2.28	61.17	32.71
2	23° 43' 21.9"	105° 25' 55.3"	2660	15	30	30.0	0.76	2.13	65.03	34.77
3	23° 43' 19.5"	105° 25' 55.5"	2658	30	8	7.0	0.83	2.25	40.65	21.73
4	23° 43' 06.8"	105° 25' 21.5"	2739	5	52	16.0	0.83	2.20	46.01	24.60
5	23° 43' 04.2"	105° 25' 18.0"	2727	40	60	11.5	0.78	2.25	52.11	27.86
6	23° 43' 01.1"	105° 25' 16.0"	2703	50	20	24.3	1.00	2.24	33.69	18.01
7	23° 42' 52.1"	105° 24' 57.1"	2815	15	35	43.0	0.81	2.27	68.62	36.69
8	23° 42' 54.4"	105° 24' 57.4"	2807	5	32	41.5	0.76	2.28	59.84	32.00
9	23° 42' 46.7"	105° 25' 07.0"	2797	5	35	10.0	0.75	2.29	47.94	25.63
10	23° 42' 43.6"	105° 25' 15.2"	2783	2	30	23.0	0.76	2.20	58.50	31.28
11	23° 43' 02.2"	105° 24' 59.2"	2715	30	33	7.5	0.77	2.27	48.85	26.12
12	23° 43' 12.8"	105° 24' 50.3"	2706	2	25	5.0	1.00	2.23	33.96	18.16
Promedio			2736	19	34	20.9	0.82	2.24	51.36	27.46
Desviación Estándar			53.64	16.17	13.86	13.46	0.09	0.05	11.60	6.20
Intervalo de Confianza ( $\alpha=0.05$ )			30.351	9.150	7.840	7.613	0.050	0.026	6.565	3.511

Donde: ASNM = Altura sobre el nivel del mar en metros; P = % de pendiente del terreno; PMO = Profundidad de materia orgánica en mm; PS = Profundidad del suelo en cm; DA = Densidad aparente en g/cc; DR = Densidad real en g/cc; CC = % de Capacidad de campo; PMP = % del Punto de marchitamiento permanente.

La altura promedio sobre el nivel del mar (2,736 m) de los sitios muestreados coincide con el rango superior de distribución de las masas arbóreas de pino-encino (Rzedowski, 1978), vegetación dominante en el área de la microcuenca La Rosilla. La pendiente tiene un valor promedio de 19%, considerándose moderada, es importante por la relación que tiene con el volumen de escurrimiento superficial (a mayor pendiente mayor escurrimiento). Otra variable relevante que influye en la cantidad de agua que se infiltra al subsuelo y la que se evapora a la atmósfera es la Profundidad de la Materia Orgánica (PMO), con un valor promedio de 34 mm, que se

puede mencionar como un aspecto favorable para la recarga de la presa por su efecto en la redistribución del agua de lluvia dentro del suelo mineral. La Profundidad del Suelo (PS) tiene un valor promedio de 20.9 cm, son suelos delgados como en gran parte de la Sierra Madre Occidental, acorde con las características de los leptosoles, suelos primarios presentes en la microcuenca. La Densidad Aparente (DA) promedio es de  $0.82 \text{ g cc}^{-1}$  valor que está por debajo de la DA de los suelos agrícolas y de pastizales. Los suelos totalmente minerales, sin incluir la porosidad presente poseen un valor normalmente de  $2.65 \text{ g cc}^{-1}$ . El valor tan bajo obtenido de la DA en las muestras, se debe tal vez al alto contenido de materia orgánica que tienen los suelos de la microcuenca, esta situación trae también como consecuencia que la Capacidad de Campo (CC) sea muy alta (51.3 %) comparada con los suelos agrícolas (42.0%). El Punto de Marchitamiento Permanente (PMP) obtenido es de 27.46% el cual resulta ser un valor alto comparado también con el de los suelos agrícolas (12.0%).

Los valores obtenidos del Cuadro 2 para las variables de Profundidad del Suelo (20.9 cm), Capacidad de Campo (0.51) y Punto de Marchitamiento Permanente (0.27) se sustituyeron en el modelo hidrológico del balance de masas [1], además del factor climático (0.75) y de vegetación (1.25). Los parámetros de la intercepción que se utilizaron para correr el submodelo de pérdidas de lluvia por la intercepción [2] fueron los siguientes:  $c = 0.058$ ;  $E_c = 2.637 \text{ mm h}^{-1}$ ;  $R = 12.66 \text{ mm h}^{-1}$ ;  $P'_G = 0.25 \text{ mm}$ ;  $Sc = 0.135 \text{ mm}$ ;  $P_t = 0.039$ .

La representación gráfica del modelo con información de 1945 a 2007, considerando la profundidad del suelo y la superficie de la microcuenca para calcular el agua de escurrimiento por año, se muestra en la Figura 18.

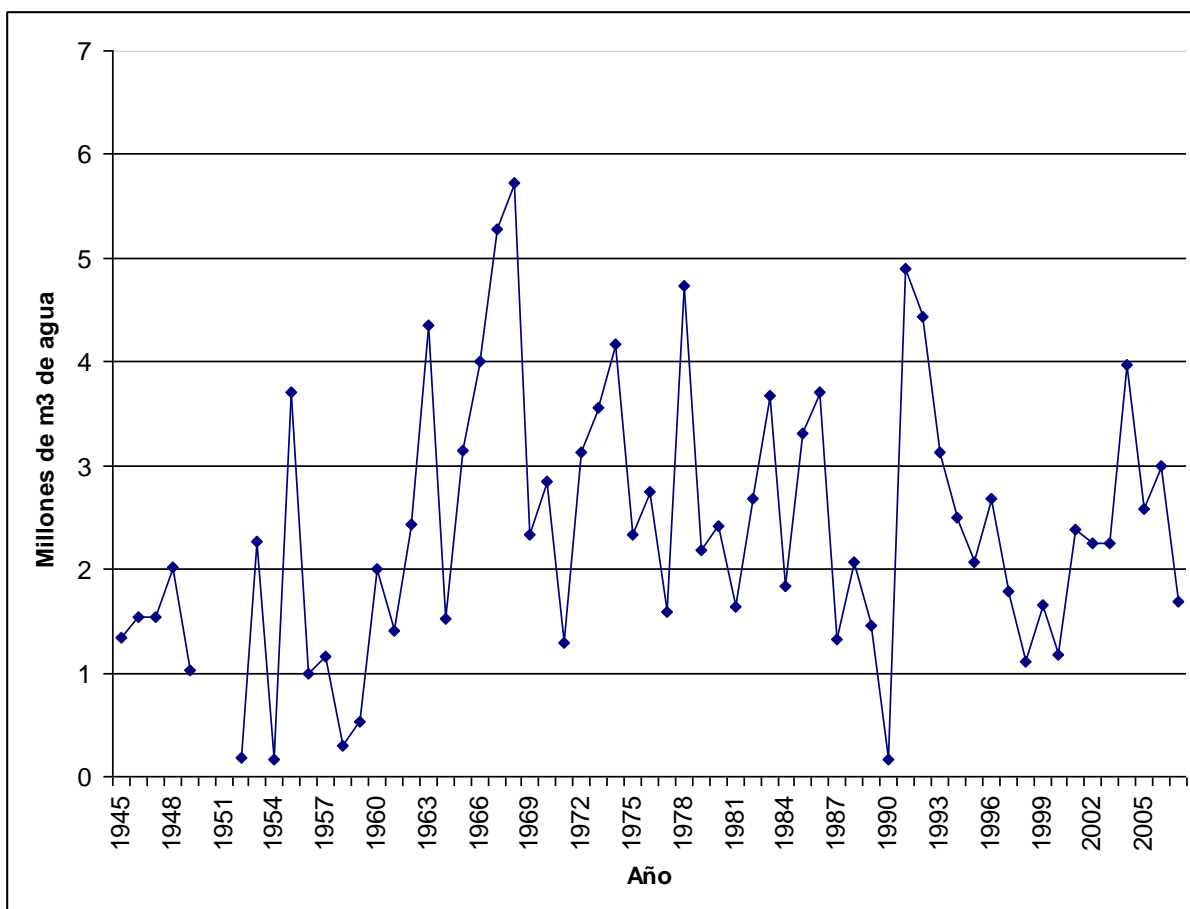


Figura 18. Volumen anual del escurrimiento de agua en la microcuenca La Rosilla.

Para los años 1950 y 1951 no aparece ningún valor debido a que se carece de información de la precipitación en la Estación meteorológica El Salto. El volumen de escorrentía promedio para el periodo graficado es de 2.383 millones de metros cúbicos de agua por año ( $M m^3 a^{-1}$ ), con una desviación estándar de 1.289 y un intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ) de  $\pm 0.326$ . Es decir, utilizando la desviación estándar y suponiendo que los volúmenes escurridos se distribuyen normalmente, en 70 de 100 años, los volúmenes escurridos oscilan de 1.094 a 3.672  $M m^3 a^{-1}$ . Sólo en 15 de 100 años, los volúmenes son menores que 1.094  $M m^3 a^{-1}$  y en los 15 de 100 años restantes los volúmenes sobrepasan los 3.672  $M m^3 a^{-1}$ . El promedio universal oscila en los valores de 2.057 a 2.709  $M m^3 a^{-1}$ .



Los ciclos húmedos y secos que se observan en los volúmenes escurridos anuales indican que los 1950's y 1990's presentaron menores volúmenes de escorrentía en comparación con los 1970's. Se presentan 5 de 60 años con un volumen por debajo de los  $1.5 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ . Esto equivale a una probabilidad del 8%. Es decir en 8 de cada 100 años los volúmenes de escorrentía serían más bajos que  $1.5 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ .

El volumen anual extraído de la presa La Rosilla II para suministrar de agua potable a la ciudad de El Salto es de  $1.3 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$  (SIDEAPAS, 2007). Esta cantidad de agua no es suficiente para satisfacer la demanda total de agua de la ciudad. Existe una población total de 21,793 habitantes. Considerando el promedio per cápita de uso del agua estimado por CNA (2005) para México de 260 litros por habitante por día, se requiere de un volumen anual de  $2.07 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$  para abastecer a El Salto. Por esta razón existe un número importante de unidades habitacionales que no cuentan con el servicio de agua potable y en otra parte importante de la ciudad se raciona el agua en tiempo para poder administrar los recursos hidrológicos del embalse.

Con el uso de la distribución normal, la no satisfacción de la demanda ( $2.07 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ ), con un promedio de  $2.3 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$  y una desviación estándar de  $1.289 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ , se obtiene una probabilidad de 20.05%. Es decir, la satisfacción de la demanda de agua ocurriría en el 79.95% de los casos. Para que esto se cumpla, el manejo de la escorrentía de la microcuenca debe de administrarse adecuadamente en el embalse de La Rosilla II. Es decir, no debe de haber pérdidas sobre todo en los periodos en los cuales se presentan los caudales máximos.

## 6.4. Valoración económica y cuantitativa de la oferta del agua en la microcuenca La Rosilla

### 6.4.1. Valoración económica de la oferta de agua

Los resultados obtenidos en la valoración económica de la oferta del agua, son los siguientes:

#### Valor de captación

Se fundamenta en el enfoque del costo de oportunidad del uso de los terrenos. Las principales actividades productivas del ejido son la silvicultura, la ganadería y la agricultura. Utilizando el modelo [4] se calculó el costo de oportunidad para cada una de las actividades productivas en la microcuenca La Rosilla del Ejido La Victoria.

Las utilidades que se dejan de percibir cada año por no realizar el aprovechamiento del pino y encino en las 730 ha arboladas de la microcuenca La Rosilla son del orden de los \$2'338,784 pesos, lo cual representa \$3,203.60 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Respecto a la ganadería, aunque se considera una amenaza para los bosques, en forma ordenada puede ser compatible con la silvicultura. Su costo de oportunidad en la microcuenca considerando su práctica dentro de la superficie arbolada, se estimó en \$431.50 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Por último la agricultura se puede llevar a cabo en una superficie de 24 ha dentro de la microcuenca, con una utilidad de \$10,500.00 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

Enseguida se ponderó la importancia que los usuarios del SAH atribuyen al bosque para la presencia del recurso agua, así como la valoración de la calidad del agua de la microcuenca por parte de los usuarios. Esta información se obtuvo mediante la encuesta de la DAP, obteniendo un valor ponderado de 63% para el primer caso y de 68% para el segundo. El desarrollo del modelo [4] para este trabajo se hizo sólo para la microcuenca La Rosilla, por lo que se eliminó la sumatoria de  $1 a n$  en la ecuación; también se adecuó el volumen de agua captado por los bosques, la fórmula original

considera el volumen en  $m^3 \text{ ha a}^{-1}$ , encontrando una posible incongruencia en el valor numérico de la publicación de Barrantes y Castro (1999). De aplicar el mismo criterio en este trabajo, la superficie arbolada que es de interés hidrológico asciende a 730 ha, 77% de la superficie total de la microcuenca La Rosilla, área en la que se estima un volumen de precipitación de  $7.3 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ , cuando el agua que llueve al año en promedio en la microcuenca se considera de 1,000 mm. La adecuación consiste en que el valor de *Oci* del modelo [4] no se aplicó como tal, por lo mencionado anteriormente. En su lugar se empleó un valor que considera el volumen de escorrentía promedio anual de la microcuenca La Rosilla ( $2.3 \text{ M m}^3 \text{ a}^{-1}$ ) ajustado por un factor que se obtiene al dividir la superficie forestal entre la superficie de la microcuenca ( $730/944 = 0.773 \text{ ha}$ ).

Otra variante a la metodología de Barrantes y Castro (1999) que se realizó en este trabajo consiste en que al calcular el valor de captación, no sólo se hizo para la actividad ganadera, también se calculó para la silvicultura y la agricultura. Con los datos y variantes mencionados, al emplear el modelo [4], se obtienen los siguientes valores:

a) Silvicultura

$$VC_s = \frac{0.63 * 3,203.60 * 730}{1'778,601.7} (1 + 0.68) = \$ 1.392 \text{ pesos } m^{-3} \text{ de agua}$$

b) Ganadería

$$VC_g = \frac{0.63 * 431.50 * 730}{1'778,601.7} (1 + 0.68) = \$ 0.187 \text{ pesos } m^{-3} \text{ de agua}$$

c) Agricultura

$$VC_a = \frac{0.63 * 10,500.00 * 24.1}{1'778,601.7} (1 + 0.68) = \$ 0.150 \text{ pesos } m^{-3} \text{ de agua}$$

El Valor de Captación del agua en la microcuenca La Rosilla tomando en cuenta las tres actividades mencionadas, es de \$1.729 pesos  $m^{-3}$  de agua producida. Este valor de captación comprende toda la productividad del bosque en términos de las principales actividades económicas que se deben de eliminar de la microcuenca con el objetivo único de manejarla para la producción de agua. Este concepto, es una modificación del propuesto por Barrantes y Castro (1999), quienes consideran exclusivamente el valor de competencia entre la ganadería y la silvicultura.

#### Valor de recuperación

Aplicando las mismas modificaciones realizadas en el modelo [4] al significado de la variable *Oci* en el modelo [5], en el cálculo del Valor de Recuperación se consideró el volumen de agua de escorrentía anual ajustado por la superficie arbolada entre la superficie total de la microcuenca La Rosilla; el valor ponderado de 63% que los usuarios del SAH asignan a la importancia del bosque para la existencia del agua y el número de hectáreas a reforestar, aproximadamente el 10% de la microcuenca, es decir 94 ha. Al aplicar los datos en el modelo [5] se obtiene un valor de recuperación ( $VR_1$ ) de \$0.311 pesos  $m^{-3}$  de agua para el primer año y de \$0.033 pesos  $m^{-3}$  de agua para los años siguientes ( $VR_{2-10}$ ), como se puede observar enseguida:

$$VR_1 = \frac{0.63 * 9,345.0 * 94}{1,778,601.7} = \$ 0.311 \text{ pesos } m^3 \text{ de agua}$$

$$VR_{2-10} = \frac{0.63 * 1,011.40 * 94}{1,778,601.7} = \$ 0.033 \text{ pesos } m^3 \text{ de agua}$$

Al igual que en el VC, se eliminó la sumatoria de la ecuación por tratarse de una sola microcuenca. El VR corresponde al costo en que se debe incurrir para el establecimiento de las plantaciones forestales en la microcuenca La Rosilla. Varía del año 1 a los años siguientes (2 al 10), debido a que se reduce el costo porque únicamente se realizan actividades de mantenimiento en la plantación.

Al acumular los Valores de Captación y de Recuperación se obtiene un monto total de \$2.04 pesos  $m^{-3}$  de agua para el primer año y de \$1.76 pesos  $m^{-3}$  de agua para los años posteriores (2 al 10). En esta metodología no se incluyen costos de conservación de la microcuenca.

#### 6.4.1 Costos de producción

Para obtener el valor económico de la oferta hídrica de la microcuenca La Rosilla, se consideró el costo de oportunidad por no uso del bosque al evitar las actividades forestales, agrícolas y ganaderas; el costo de protección o conservación y el costo de recuperación (Cuadro 3):

Cuadro 3. Costo total de la oferta de agua en la microcuenca La Rosilla

Concepto	Cantidad (\$) Año 1	Cantidad (\$) Para cada año del 2 al 10
Forestal	2'338,784.00	2'338,784.00
Ganadería	315,000.00	315,000.00
Agricultura	252,000.00	252,000.00
Costo de Oportunidad	2'905,784.00	2'905,784.00
Costo de Conservación	330,285.00	106,935.00
Costo de Recuperación	874,658.72	95,071.60
Costo Total	4'110,727.72	3'107,790.60

Al dividir el costo total de la oferta de agua entre el volumen de escorrentía para la superficie forestal de la microcuenca La Rosilla, se obtiene un costo unitario de \$ 2.31 pesos  $m^{-3}$  de agua en el año inicial y de \$1.75 pesos  $m^{-3}$  de agua en los años siguientes. Estos costos, con respecto a los obtenidos con la metodología de Barrantes y Castro (1999) resultan ser mayor para el primer año y sensiblemente iguales para los siguientes 9 años. La diferencia en el primer año se atribuye al costo de las actividades de conservación y protección (cercado), mostrando consistencia las dos metodologías para la estimación del costo de producción de agua en la

microcuenca. El resto de cálculos se realizaron con los datos obtenidos en la metodología de Barzev (2002) por ser mayores y generar más fácilmente un estado de contingencia.

#### 6.4.2 Costo de abastecimiento

De acuerdo con la información proporcionada por SIDEAPAS (2007), el costo en que incurre este organismo para brindar el servicio de bombeo, almacenamiento, cloración, distribución, control de fugas y administración es de \$350,270 pesos  $a^{-1}$ , es decir \$29,189 pesos  $mes^{-1}$ . El volumen mensual de extracción de agua de la presa La Rosilla II es de 108,500  $m^3$ , por lo que el costo unitario es de \$0.27 pesos  $m^{-3}$  de agua. Cabe señalar que dicho organismo desconcentrado estima pérdidas de agua en el proceso de abastecimiento de hasta el 30% del volumen que se extrae de la presa.

Al sumar el costo de producción y el costo de abastecimiento se obtiene la cantidad de \$2.58 pesos  $m^{-3}$  de agua para el año inicial y de \$2.02 pesos  $m^{-3}$  de agua para los años posteriores, este valor deberá compararse con el de la DAA para saber si existe un balance entre ambos. De no ser así deberán buscarse estrategias para equilibrar los costos y prever las actividades futuras y las fuentes de donde podrían provenir los recursos económicos necesarios.

#### **6.5. Disponibilidad a pagar de los consumidores del servicio ambiental hidrológico**

Se encontró que existe disposición a pagar por el 90% de los entrevistados (Figura 19). La cantidad que están dispuestos a pagar varía desde \$2 pesos hasta \$200 pesos, con \$20 pesos de moda y \$27.54 pesos de media ponderada (Figura 20).

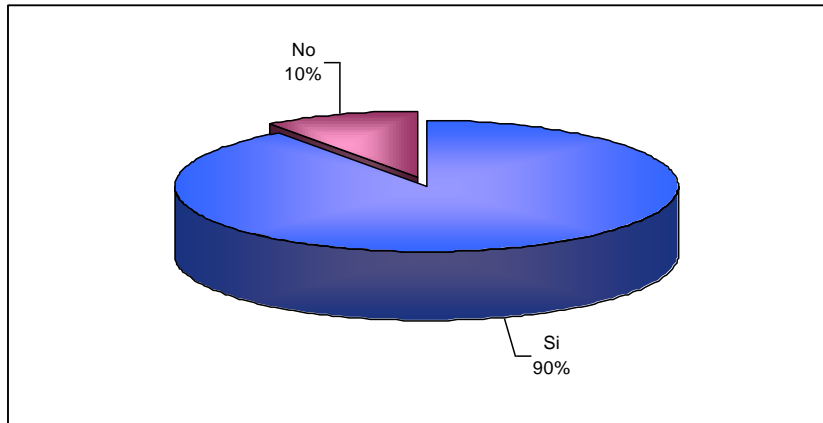


Figura 19. Disposición o no de pagar por los usuario del servicio ambiental hidrológico.

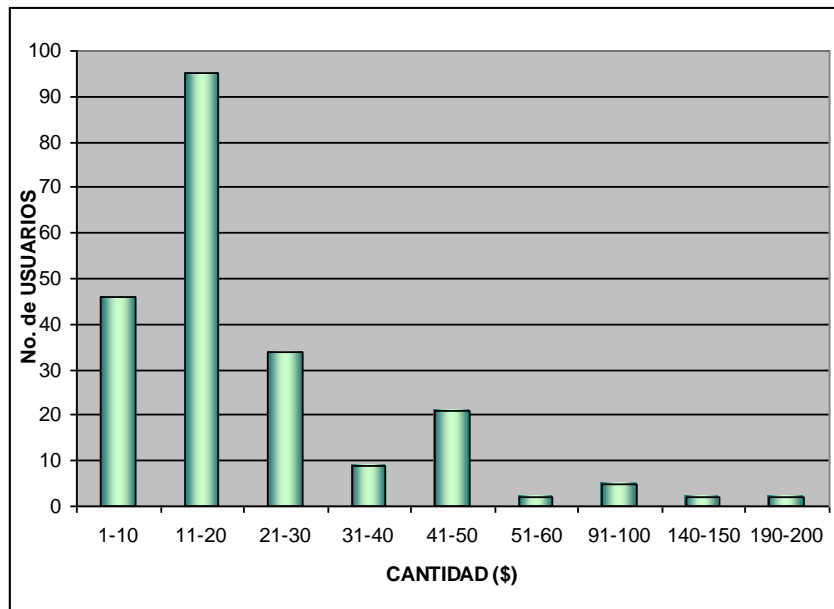


Figura 20. Número de usuarios y cantidad que están dispuestos a pagar por el servicio ambiental hidrológico.

### 6.5.1. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA)

En el análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA) se obtuvo como resultado que en los tres conjuntos de variables independientemente analizados (socio-económicas, uso del agua y eficiencia del servicio de distribución, e importancia del bosque para abasto del agua) con las variables dependientes;

disponibilidad de pago (en forma probabilística y en forma de cantidad) y forma de pago, todos los ejes son significativos para el primer y segundo conjunto de variables. El Cuadro 4 presenta los resultados obtenidos en el análisis, resumiendo los tres conjuntos de datos. Para mejorar esta explicación de la varianza se realizó la transformación a logaritmos naturales de la base de datos.

Cuadro 4. Porcentaje de varianza acumulada

Conjunto de variables	Probabilidad	Probabilidad	Inercia Total	Varianza acumulada de la relación especies-ambiente (%)	
				Eje 1	Eje 2
Socio-económicas	0.080	0.065	0.284	90.5	95.8
Uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución	0.005	0.005	0.284	99.3	97.2
Importancia del bosque en el abasto de agua	0.230	0.085	0.284	77.6	96.9

El análisis DCCA de las variables socio-económicas (Fila 1 del Cuadro 4) es interpretable, con una probabilidad=0.10, porque el primer eje canónico posee un valor de probabilidad de 0.08. De igual manera, la suma de todos los ejes canónicos posee una probabilidad de 0.065.

El análisis DCCA muestra a través del factor de inflación con valores muy cercanos de 1 que no existen problemas de multicolinealidad entre las variables ambientales y como consecuencia, los coeficientes y la varianza no poseen problemas de inestabilidad. El valor de la varianza total es de 0.284, y de todos los eigenvalores sin restricciones apenas suma el 0.015. De estos, el primer eigenvalor explica el 86.5% y la suma del primero y del segundo explican el 93.33% de esta última varianza total. Debido a esta variación tan alta, la varianza explicada por la relación individuos - variables socio-económicas también es del orden de 90.5 para el primer eje y de 95.8 para el segundo eje. La longitud del gradiente no es tan amplia porque la mayoría de la información de este tipo de encuestas se concentra sólo en unas cuantas frecuencias.



De manera gráfica en la Figura 21 se puede observar el acomodo de las variables y la tendencia de los datos, con un claro patrón en el sentido del eje canónico 1, el cual pudiera identificarse como un eje de variables descritas por el sexo, estado civil y edad, todas éstas relacionadas inversamente. El eje canónico 2 se representa de una mejor manera también por el sexo pero con coeficiente positivo y con las variables nivel de educación y nivel de ingresos en la familia.

En la Figura 21 es notorio el paralelismo entre la distribución de los encuestados con el eje canónico 1 y con las variables DAP tanto en cantidad 2 como en probabilidad y perpendiculares a la cantidad 1 y a la forma de pago y quién recibe el pago. De las variables explicatorias a la disponibilidad de pago y cantidad a pagar se aprecia que el sexo, estado civil e ingreso se asocian más con la cantidad 1, con la disponibilidad 1 y la forma de pago.

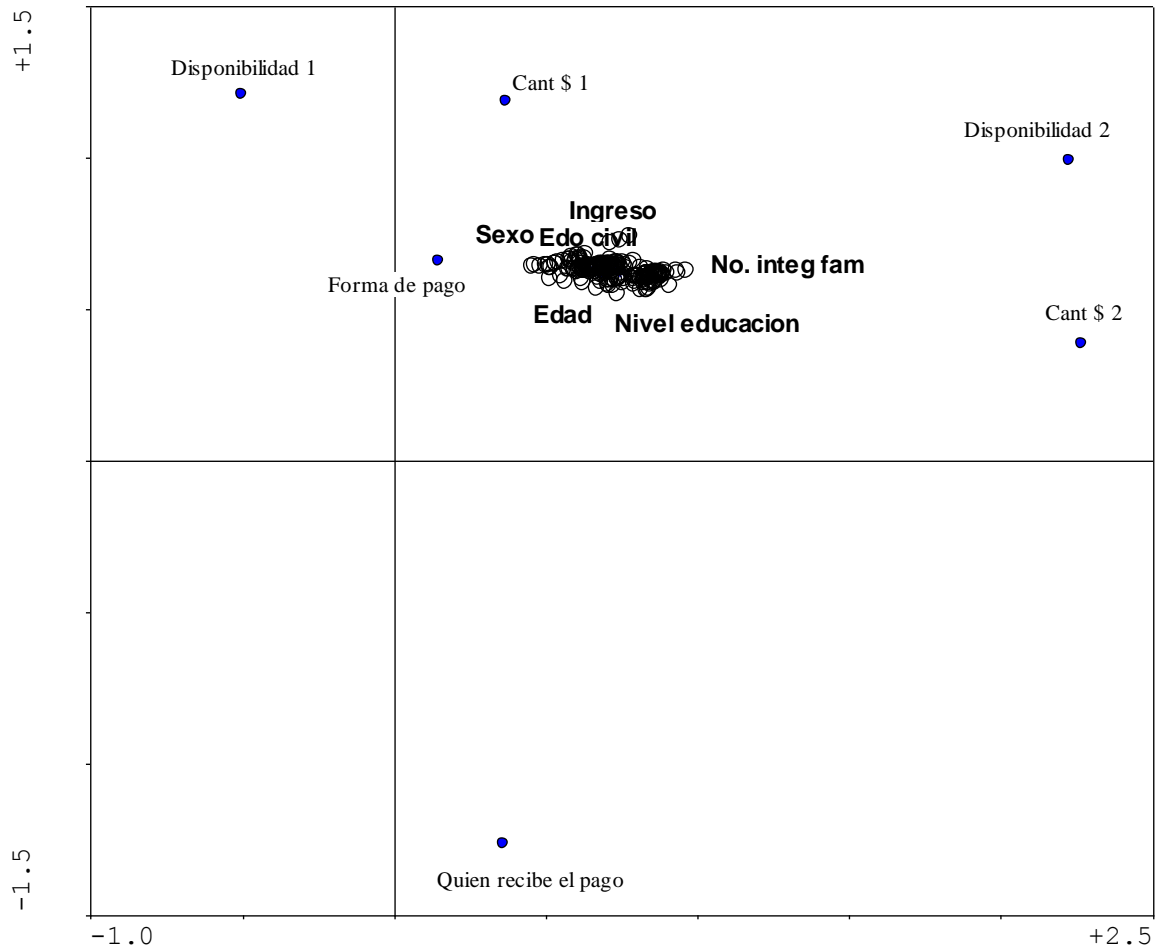


Figura 21. Los Ejes Canónicos 1 y 2 para el conjunto de variables socio-económicas.

En el caso del conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto (Fila 2 del Cuadro 4) también es interpretable con Probabilidad = 0.05. En el cuadro mencionado se observa que el segundo eje canónico tiene un valor de probabilidad de 0.005. La suma de todos los ejes canónicos también posee una probabilidad de 0.005.

Al analizar el factor de inflación del análisis DCCA, se aprecian valores cercanos y por encima de 1, indicativo de que no existe multicolinealidad entre las variables ambientales y como ya se señaló, no existe inestabilidad en los coeficientes y la varianza. El valor de la varianza total es de 0.284, y la suma de todos los eigenvalores sin restricciones es 0.054. De todos los eigenvalores, el primero explica el 96.2% y al acumular el primero y segundo se explica el 98.1% de la varianza total.

La varianza explicada por la relación especies - ambiente es del orden de 99.3 para el primer eje y de 97.2 para el segundo eje. La longitud del gradiente para el primer eje es sensiblemente mayor al resto, debido tal vez a la naturaleza de las variables que se asocian a este eje, pero sigue sin pasar de una desviación estándar.

En la Figura 22 se grafican los ejes canónicos 1 y 2 del conjunto de variables asociadas con el uso del agua y la eficiencia en el servicio de abasto. El acomodo de las variables y la tendencia que presentan los datos, claramente se asocia con el eje canónico 1, el cual pudiera identificarse con las variables de la importancia del agua en la vida diaria y del uso del agua para otros usos, por sus altas correlaciones con este primer eje. El eje 2 se encuentra mayormente correlacionado con la variable horas de servicio del agua. Es decir, mientras que el primer eje representa las variables cualitativas, el eje 2 parece representar las variables cuantitativas del servicio del agua a la población de El Salto.

Una ampliación de la Figura 22 en el Programa Canopost indicó que las variables explicatorias de la distribución de los encuestados obedece directamente a las disponibilidades a pagar 1 en forma probabilística  $\{0,1\}$  y en forma cuantitativa e inversamente proporcional a las disponibilidades a pagar 2 en forma probabilística y en forma cuantitativa. Las variables independientes, las cuales no presentan una dispersión importante, que representan todos los usos e importancia del agua en la vida diaria de los usuarios, se encuentran mayormente asociadas a las disponibilidades a pagar 1 (Si o No y Cuánto estaría dispuesto a pagar). Otro conjunto de variables dependientes que se encuentran asociadas en el cuarto cuadrante en la parte superior son las personas que deben de manejar el pago y la forma de realizar esta contribución económica.

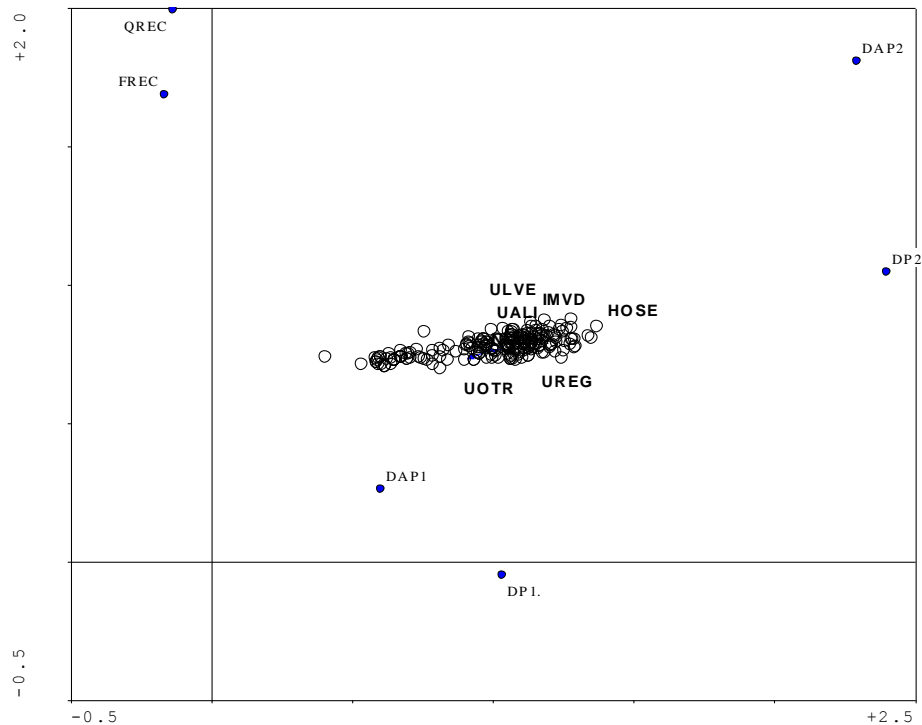


Figura 22. Los Ejes Canónicos 1 y 2 para el conjunto de variables de uso del agua.

## 6.6. Disponibilidad a aceptar el pago por parte de los proveedores del SAH

Se aplicaron 21 encuestas para estimar la DAA representado el 21.4% del total de integrantes del ejido La Victoria, el cual está conformado por 98 ejidatarios. El 100% de los entrevistados manifestó estar dispuesto a recibir o aceptar un pago compensatorio por la prestación del SAH para abastecer de agua a El Salto, P.N., Durango (Figura 23). En la primera ocasión que se les preguntó sobre la DAA, a la cual todos respondieron en forma positiva, el monto promedio ponderado que aceptarían como pago es \$7.14 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ , lo que equivale a \$0.37 pesos  $\text{m}^{-3}$  agua y a \$12.67 pesos  $\text{mes}^{-1}$  para cada casa habitación con toma de agua en El Salto.

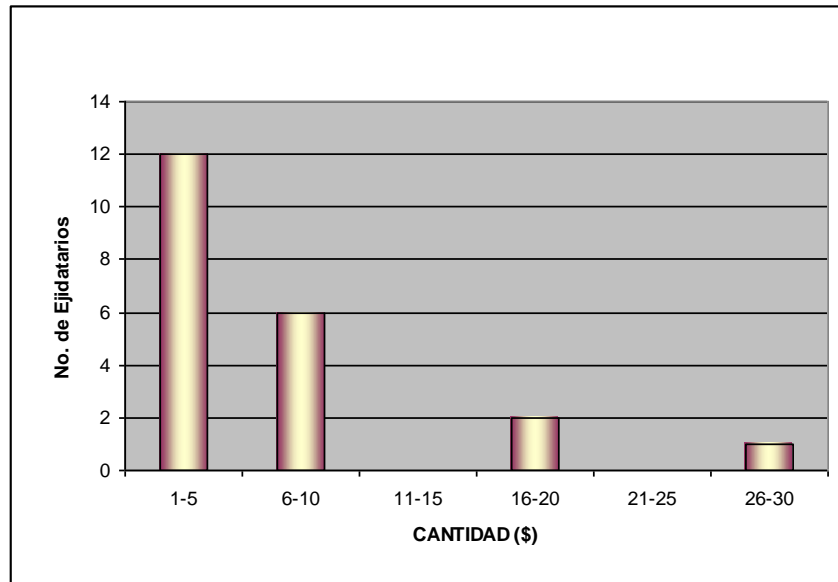


Figura 23. Número de ejidatarios y cantidad que están dispuestos a aceptar por proveer a los habitantes de El Salto del servicio ambiental hidrológico.

Al preguntarles si estarían dispuestos a aceptar una cantidad menor a la que contestaron inicialmente, sólo 5 personas (5.1% de la población) aceptaría recibir en promedio ponderado \$6.29 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Aún y cuando la diferencia cuantitativa no es muy importante (\$0.85 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), la diferencia en la DAA si es significativa, reduciéndose en un 83.7%.

## 6.7. Modelaje de la disponibilidad a pagar y de aceptar el pago

### 6.7.1. Disponibilidad a pagar (DAP)

#### 6.7.1.1. Conjunto de variables socio-económicas en la DAP

Las variables que se observan con mayor peso en el análisis estadístico para las variables socio-económicas en el primer eje son el nivel de educación ( $ne$ ) y el

número de integrantes de la familia (*if*), mientras que para el segundo eje son el sexo (*sex*), el estado civil (*ec*) y la ocupación (*ocup*).

Los modelos de regresión logístico y de regresión de Poisson quedan con la siguiente estructura matemática después de sustituir los valores obtenidos con una confiabilidad del 90% para los parámetros de los Cuadros 5 y 6 respectivamente:

Cuadro 5. Parámetros estimados para el modelo logístico de Disponibilidad a pagar [9] en función de las variables socio-económicas

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	-4.0434	0.6897	-5.4776	-2.7524	34.37	< 0.0001
Ne	1	0.3354	0.1253	0.0850	0.5809	7.17	0.0074
INFA	1	0.1763	0.0905	-0.0040	0.3542	3.80	0.0514

En donde: *ne* = nivel de educación, *if* = número de integrantes de la familia.

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp(-4.0434 + 0.3354 (ne) + 0.1763 (if))} \quad [9]$$

En donde:  $P(x)$  es la probabilidad de la DAP, *ne* es el nivel de educación (0-6) e *if* es el número de integrantes en la familia (1-13).

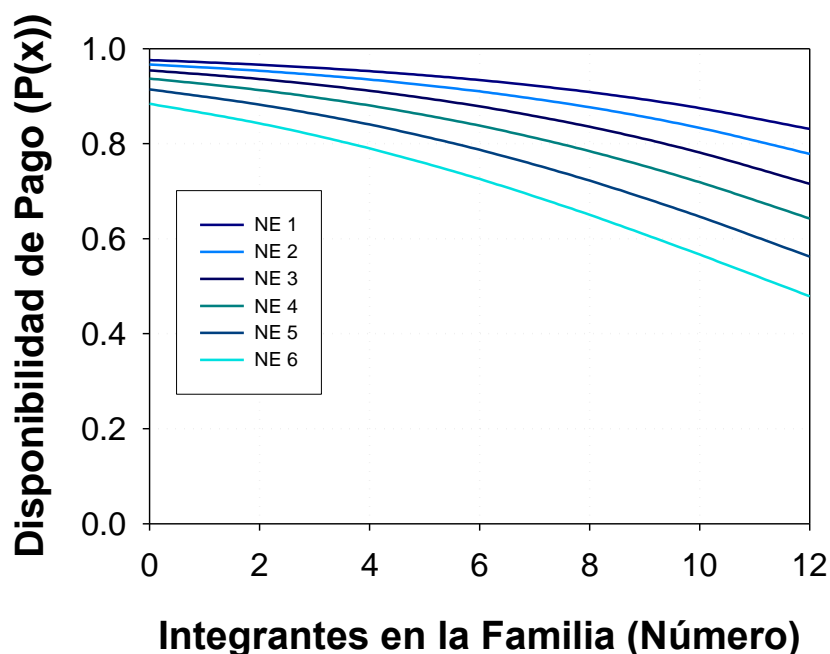


Figura 24. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios del agua, considerando el número de integrantes en la familia y el nivel de educación

La representación gráfica del modelo [9] (Figura 24) muestra que las variables que influyeron en la probabilidad de la disponibilidad de pago fueron el nivel de educación ( $ne$ ) y el número de integrantes en la familia ( $if$ ). También se observa que a mayor número de integrantes se tiene una menor probabilidad de disponibilidad de pago, debido tal vez a que al tener un número mayor de hijos se tienen mayores compromisos económicos, reduciendo la disponibilidad de recursos para hacer un pago adicional a los ejidatarios por el servicio hidrológico ambiental. También se aprecia que a mayor nivel educativo la probabilidad de pago es menor, se asume que los profesionistas tienen una mejor calidad de vida y por lo tanto no tienen problemas con el servicio de agua, La mayor la probabilidad de disponibilidad de pago en tanto es menor el nivel de educación puede reflejar un caso de necesidad en lugar de conciencia ambiental. Contrario a los resultados obtenidos en este estudio, López Paniagua *et al.*, (2007) encontraron una relación directa entre el nivel de estudios y la DAP, es decir a mayor nivel educativo mayor es también la DAP y

señalan que el 50% de su muestra se ubica en nivel primaria. La proporción que se ubica en dicho nivel para esta investigación es del 35%, seguido del 34% en secundaria. La edad que ellos reportan con una relación inversa en la DAP, no resultó significativa o mostró influencia en este estudio.

El modelo matemático que predice el parámetro  $\lambda$  de la distribución Poisson se presenta a continuación en el modelo [10], una vez que se sustituyeron los valores estimados de los parámetros del Cuadro 6 con una confiabilidad del 90%, es importante señalar que aún y cuando la variable estado civil (*ec*) no aparece como significativa estadísticamente, en el análisis gráfico que se realizó del modelo, sí aporta información para la interpretación, razón por la cual se incorporó en el modelo:

Cuadro 6. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a pagar [10] en función de las variables socio-económicas

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	3.9413	0.3287	3.2971	4.5855	143.79	< 0.0001
sex	1	-0.5518	0.1559	-0.8574	-0.2461	12.52	0.0004
ec	1	0.1219	0.0804	-0.0358	0.2795	2.30	0.1298
oc	1	-0.0469	0.0245	-0.0950	0.0012	3.65	0.0561
ni	1	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	5.05	0.0246

$$\log \lambda_i = 3.9413 - 0.5518 (sex) + 0.1219 (ec) - 0.0469 (oc) + 0.0001 (ni) \quad [10]$$

Log  $\lambda$  es el parámetro de la distribución Poisson en forma logarítmica, o la cantidad promedio al logaritmo natural que las personas están dispuestos a pagar por el servicio hidrológico ambiental, *sex* es el sexo del entrevistado (1-2), *ec* el estado civil (1-4), *oc* es la ocupación (1-11) y *ni* representa el nivel de ingresos familiares en pesos por mes (800-20,000).



Las representaciones gráficas del modelo [10] que describe el parámetro de la distribución Poisson se presentan en las siguientes figuras:

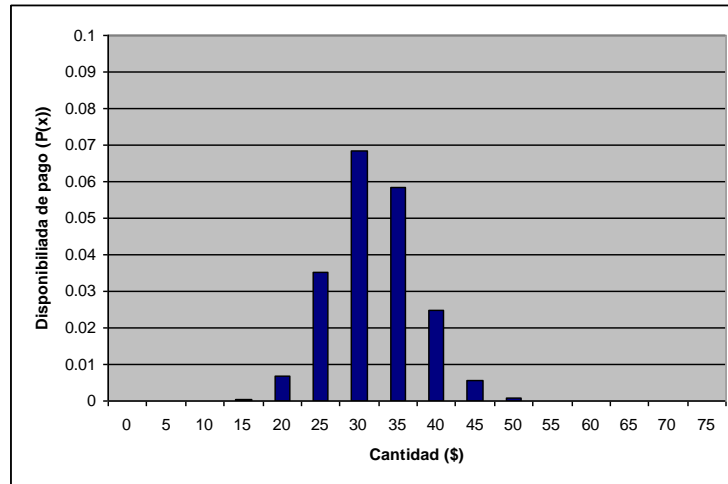


Figura 25. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino.

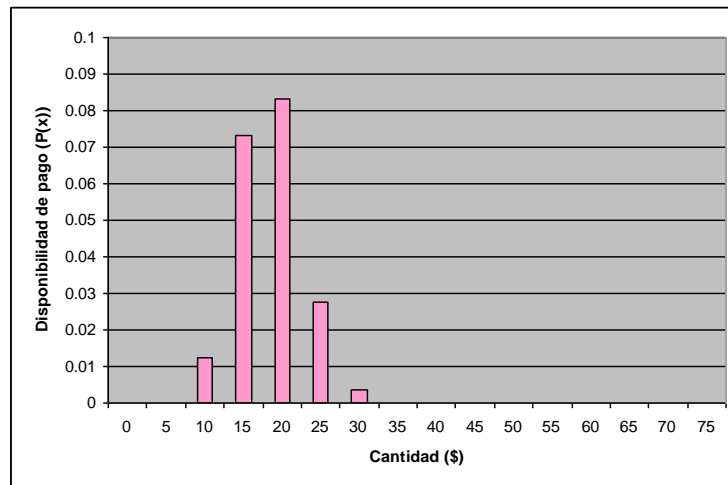


Figura 26. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino.

La distribución de la probabilidad de la cantidad a pagar para los hombres (Figura 25) y para las mujeres (Figura 26), indica una mayor disponibilidad promedio en la probabilidad de pago, 0.082 para las mujeres contra un 0.068 de los hombres, aunque la cantidad a pagar en promedio es mayor para los hombres (\$30 pesos a \$35 pesos) en comparación con los \$15 pesos a \$20 pesos de las mujeres. Se considera que esta situación se presenta en virtud de que los hombres son quienes

aportan el ingreso familiar y tienen mayor decisión sobre el destino de los recursos económicos que generan.

Al hacer un análisis de la distribución de la probabilidad de pago tanto para hombres como para mujeres en función del nivel de ingresos familiar, la Figura 27 indica que la cantidad que están dispuestos a pagar es mayor conforme es mayor el nivel de ingresos, esta situación se repite en el caso de las mujeres (Figura 28), aunque la cantidad a pagar es sensiblemente menor que la de los entrevistados del sexo masculino. Al igual que en las figuras anteriores, la disponibilidad de pago (probabilidad) es mayor y la cantidad a pagar es menor en las mujeres, invirtiéndose esta tendencia en los hombres.

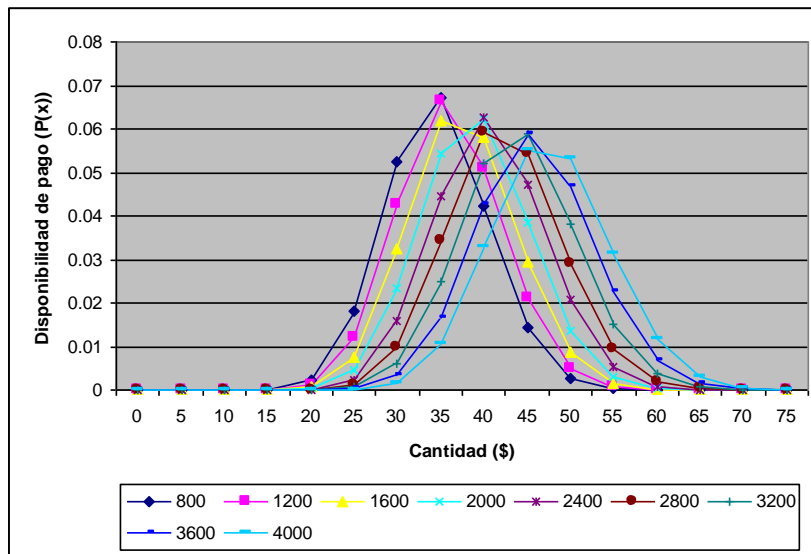


Figura 27. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino en función del nivel de ingreso.

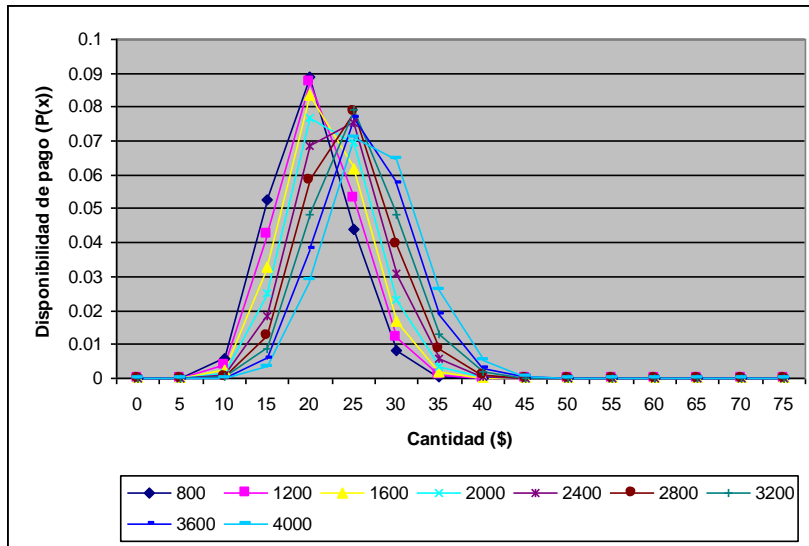


Figura 28. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino en función del nivel de ingreso.

Respecto al estado civil, cuando se grafican la probabilidad de la disponibilidad de pago para hombres y mujeres casados, la interpretación de las Figuras 29 y 30 muestra una tendencia de mayor cantidad de pago al tener mayores ingresos en los hombres casados que en las mujeres casadas, pero con una mayor probabilidad en la disponibilidad de pago de las mujeres que de los hombres, es muy notoria también la amplitud de las curvas, en donde el rango es mayor en los hombres que en las mujeres.

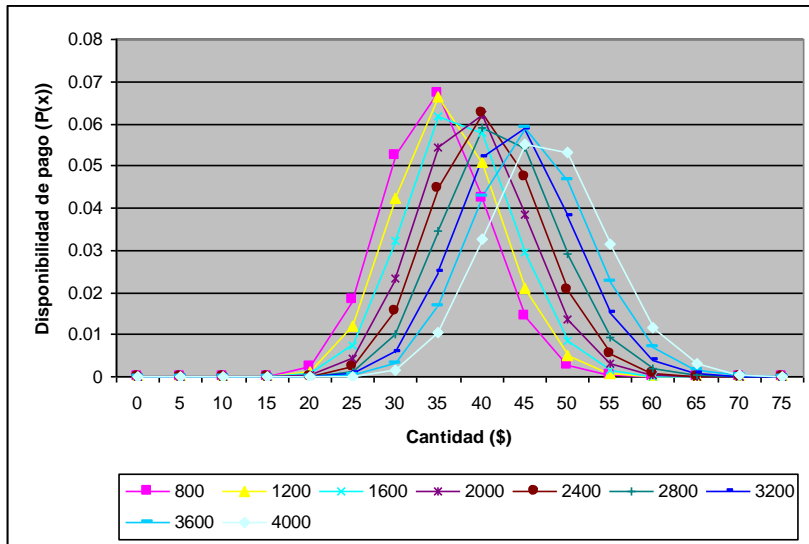


Figura 29. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino casados en función del nivel de ingreso.

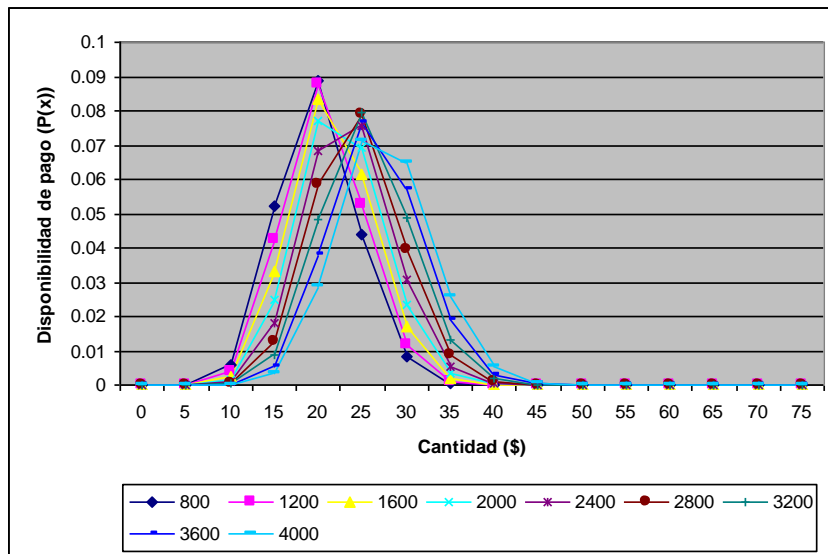


Figura 30. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino casadas en función del nivel de ingreso.

Las gráficas de la distribución de la probabilidad de pago de los hombres solteros (Figura 31) y mujeres solteras (Figura 32) considerando el nivel de ingresos familiar, muestran de nuevo la tendencia que se ha venido observando en las figuras anteriores; los hombres manifiestan una cantidad mayor a pagar conforme mayores son los ingresos económicos, mientras que las mujeres aunque con una cantidad

menor de DAP, también guarda una relación directamente proporcional entre la cantidad a pagar y la cantidad de ingresos familiares. También se observa en las figuras que la probabilidad de la DAP es mayor en las mujeres solteras que en los hombres del mismo estado civil.

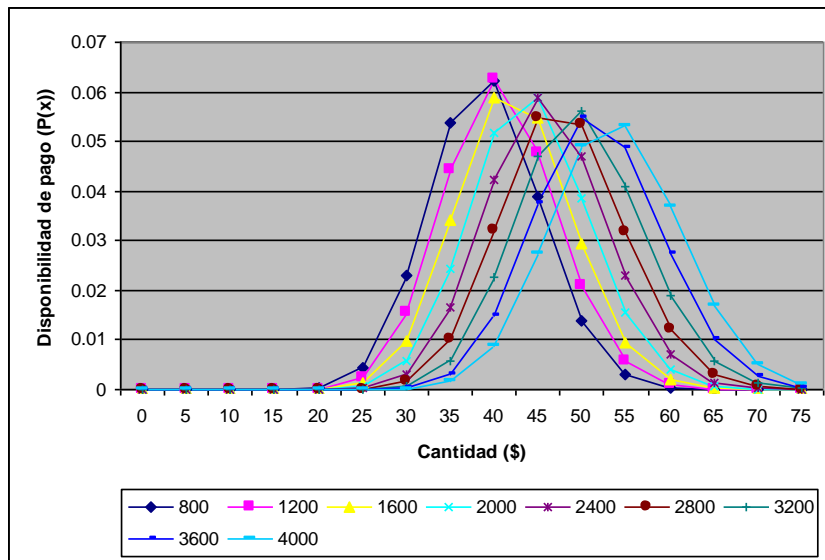


Figura 31. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo masculino solteros en función del nivel de ingreso.

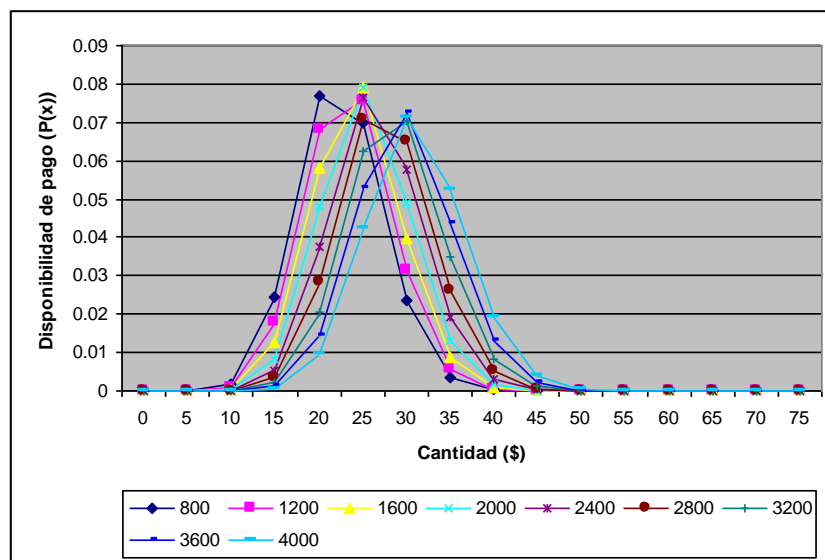


Figura 32. Distribución de la probabilidad de pago de usuarios del sexo femenino solteras en función del nivel de ingreso.

### 6.7.1.2. Conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución en la DAP

Respecto al conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución, las variables que se observan con mayor peso en el análisis estadístico en el primer eje son la regularidad en el servicio (*rs*), el número de días que se cuenta con el agua (*nds*) y el horario en que se dispone del servicio (*hor*); mientras que para el segundo eje toman fuerza las variables de uso del agua para aseo personal (*uap*) y uso del agua en el aseo de la casa (*uac*), y se mantiene en el modelo la regularidad en el servicio (*rs*). El Modelo de Regresión Logística [11] matemáticamente se expresa como sigue, al sustituir los valores estimados con una confiabilidad del 90% de los parámetros del Cuadro 7:

Cuadro 7. Parámetros estimados para el modelo logístico de Disponibilidad a pagar [11] en función de las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	-1.2791	0.7774	-2.7823	0.2212	2.71	0.0999
Rs	1	4.0146	2.2321	0.1553	8.7428	3.23	0.0721
Nds	1	-0.6604	0.4001	-1.4977	0.0220	2.73	0.0988
Hor	1	0.0958	0.1237	-0.1598	0.3322	0.60	0.4387

En donde: *rs* = regularidad en el servicio, *nds* = número de días que se cuenta con el servicio de agua, *hor* = horario en que se dispone del servicio.

Se puede observar que el horario en que se dispone del servicio no resulta muy significativa al nivel de confiabilidad del 90%, sin embargo se consideró oportuno incluirla en el modelo por la influencia que refleja en forma gráfica del modelo.

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp(-1.2791 + 4.0146(rs) - 0.6604(nds) + 0.0958(hor))} \quad [11]$$

Con el modelo logístico [11] se elaboraron las gráficas correspondientes, haciendo diferentes combinaciones de las variables mencionadas. Las Figuras 33 y 34 se elaboraron para el número de días a la semana con servicio de agua (*nds*) y el número de horas diarias que se cuenta con el servicio (*hor*), modificando la regularidad en el servicio (*rs*), para el primer caso = No existe regularidad en el servicio, y para el segundo caso = Sí existe regularidad en el servicio. Se observa en forma muy evidente que existe una mayor disponibilidad de pago (probabilidad) en aquellos que no cuentan con un servicio regular de abasto de agua, que disponen de menos días a la semana y menos horas al día con el servicio, justificando plenamente que en el estado hipotético de ausencia de agua o del servicio hidrológico ambiental, la DAP es mayor (Figura 33); en caso opuesto, cuando se tiene un servicio regular la DAP (probabilidad) disminuye en tanto más días y más horas se cuenta con el servicio (Figura 34).

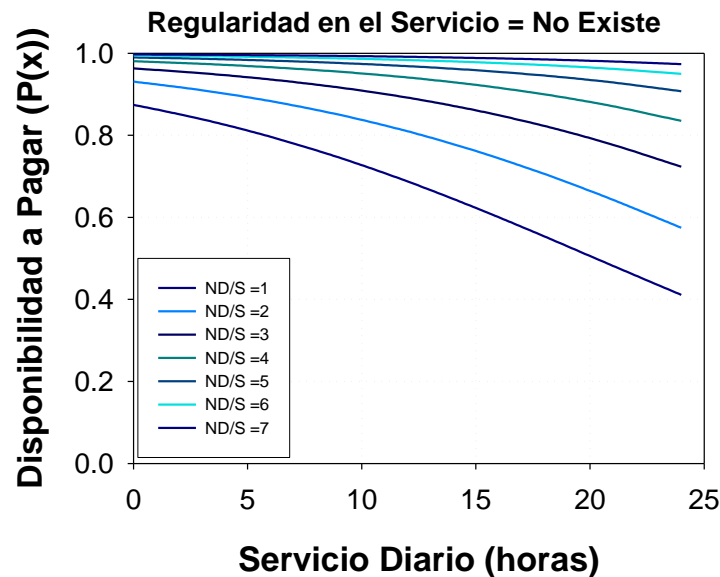


Figura 33. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios sin regularidad en el servicio de abasto de agua, considerando las horas de servicio diario y el número de días a la semana con el servicio.

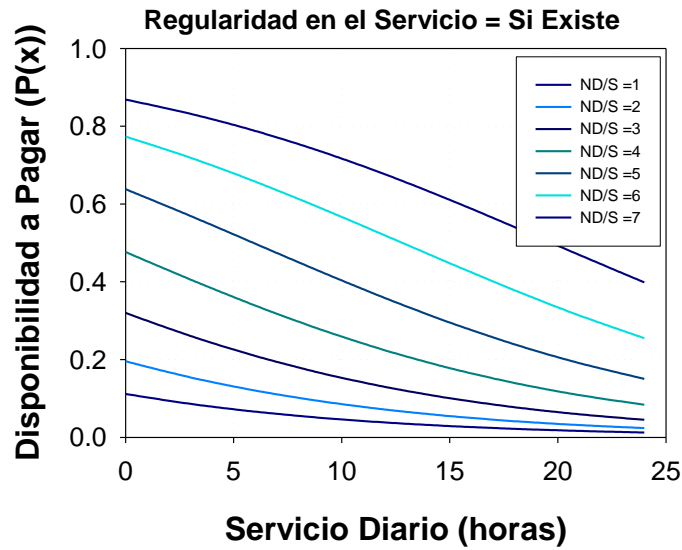


Figura 34. Disponibilidad a pagar (Probabilidad) de los usuarios con regularidad en el servicio de abasto de agua, considerando las horas de servicio diario y el número de días a la semana con el servicio.

Los valores estimados para los parámetros del modelo [12] de la DAP considerando las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto se muestran en el Cuadro 8. El nivel de confiabilidad empleado es del 90%, con excepción de la variable regularidad en el servicio (*rs*) misma que se incorporó en el modelo por representar una variable de mucha trascendencia en la DAP, como se puede apreciar en la representación gráfica de la misma.

Cuadro 8. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a pagar [12] en función de la variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto.

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	3.3332	0.5007	2.3519	4.3146	44.32	< 0.0001
Rs	1	-0.3258	0.2693	-0.8535	0.2020	1.46	0.2263
Uap	1	-0.2401	0.0991	-0.4343	-0.0459	5.87	0.0154
Uac	1	0.2289	0.0980	0.0367	0.4210	5.45	0.0196

En donde: *rs* = regularidad en el servicio, *uap* = intensidad de uso del agua para el aseo personal, *uac* = intensidad de uso del agua para el aseo de la casa.

El Modelo de regresión del parámetro  $\lambda$  de la distribución Poisson [12] queda matemáticamente expresado como:



$$\log \lambda_i = 3.3332 - 0.3258(rs) - 0.2401(uap) + 0.2289(uac) \quad [12]$$

Para el caso del Modelo de Poisson, en donde se obtiene el valor de  $\lambda$  como la cantidad a pagar, la Figura 35 muestra que para aquellos usuarios con regularidad en el servicio, la mayor probabilidad de pago se obtiene en el valor de \$20 pesos, mientras que para los usuarios sin regularidad en el servicio (Figura 36) la cantidad a pagar se incrementa a \$25 pesos como el mayor valor, seguido de \$30 pesos en forma muy próxima. Estos resultados son congruentes con los del modelo de regresión logística en el sentido de que quienes actualmente carecen del servicio son quienes muestran mayor interés por pagar y aquí también manifiestan una mayor cantidad por pagar.

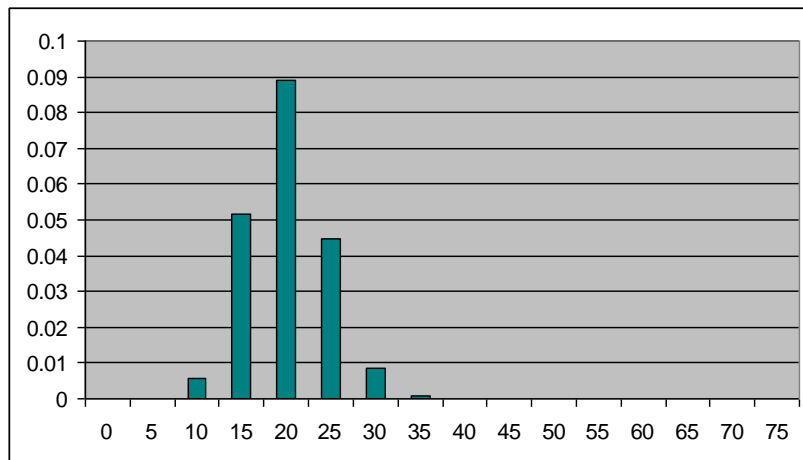


Figura 35. Distribución de la probabilidad de pago de los usuarios con regularidad en el servicio de abasto de agua.

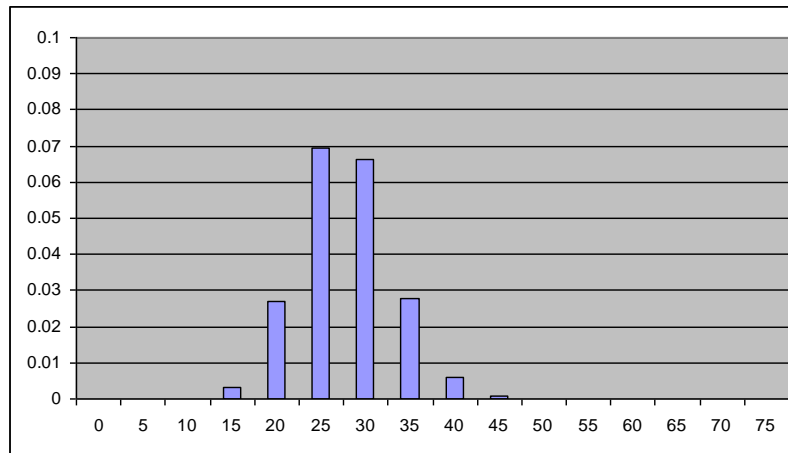


Figura 36. Distribución de la probabilidad de pago de los usuarios sin regularidad en el servicio de abasto de agua.

#### 6.7.2. Disponibilidad a aceptar el pago (DAA)

El total de los ejidatarios entrevistados (21) contestaron que sí están dispuestos a aceptar un pago por proveer del servicio hidrológico ambiental a la población de El Salto, por lo que no es necesario realizar el modelaje de la disponibilidad de aceptar el pago al no haber variación en este sentido. La DAA es en promedio ponderado de \$7.14 pesos ha a<sup>-1</sup> con una desviación estándar de 7.22 y un intervalo de confianza ( $\alpha=0.05$ ) de  $\pm 3.164$ .

##### 6.7.2.1. Conjunto de variables socio-económicas en la DAA

Para el modelo de regresión de Poisson, las variables que estadísticamente resultaron ser más significativas con un nivel de confiabilidad del 90% en el grupo de variables socio-económicas son el nivel de educación ( $ne$ ) y el nivel de ingresos familiares ( $ni$ ) (Cuadro 9), esta última fuera del rango de confiabilidad, pero gráficamente se observa que influye en la DAA. Al sustituir los parámetros en el modelo de Poisson, matemáticamente queda estructurado como sigue [13]:

$$\log \lambda_i = 1.4228 + 0.3990 (ne) - 0.0001 (ni) \quad [13]$$

Cuadro 9. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a aceptar [13] en función de las variables socio-económicas

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	1.4228	0.5809	0.2843	2.5613	6.00	0.0143
ne	1	0.3990	0.1554	0.0965	0.7015	6.68	0.0097
ni	1	-0.0001	0.0001	-0.0002	0.0000	1.73	0.1882

En donde: *ne* = nivel de educación, *ni* = nivel de ingresos familiares

La representación gráfica del modelo [13] se presenta en la Figura 37, la cual muestra en forma muy clara que a mayor nivel de educación se desea un mayor nivel de pago (hasta \$45 pesos) por parte de los usuarios del servicio, y en contraparte, los ejidatarios de menor nivel educativo están dispuestos a aceptar un pago menor (\$6 pesos). Esto se puede atribuir a que los profesionistas tienen un mayor conocimiento del valor real del costo de producción y abasto del agua, razón por la que aspiran a recibir un pago mayor, mientras que las personas que aparentemente desconocen esta situación, es decir que tienen un menor nivel educativo, aceptarían un pago muy por debajo de los de mayor nivel de educación.

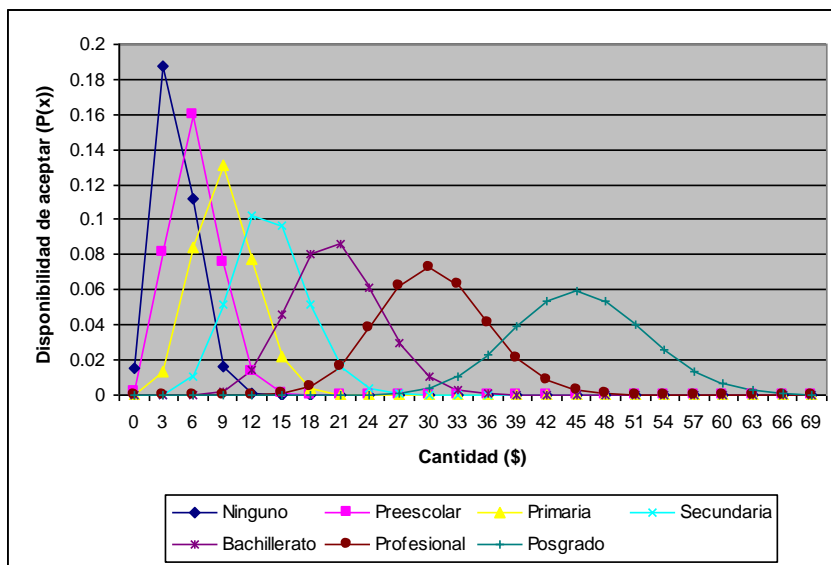


Figura 37. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función del nivel de educación

La Figura 38 representa la dispersión gráfica de la variable nivel de ingresos con respecto a la probabilidad de la DAA por la prestación del SAH, en la que se observa que las personas encuestadas que perciben menores ingresos aspiran a recibir un pago mayor, mientras que los que más ingresos perciben, aceptarían un pago menor. Resulta contrastante esta figura con la anterior, ya que se podría suponer que las personas de mayor nivel educativo, es decir los profesionistas, son los que percibirían un mayor ingreso económico, sin embargo al relacionar ambas gráficas, se puede deducir que por la probabilidad de la DAA el pago en la muestra, no necesariamente los profesionistas son los que mejores ingresos tienen.

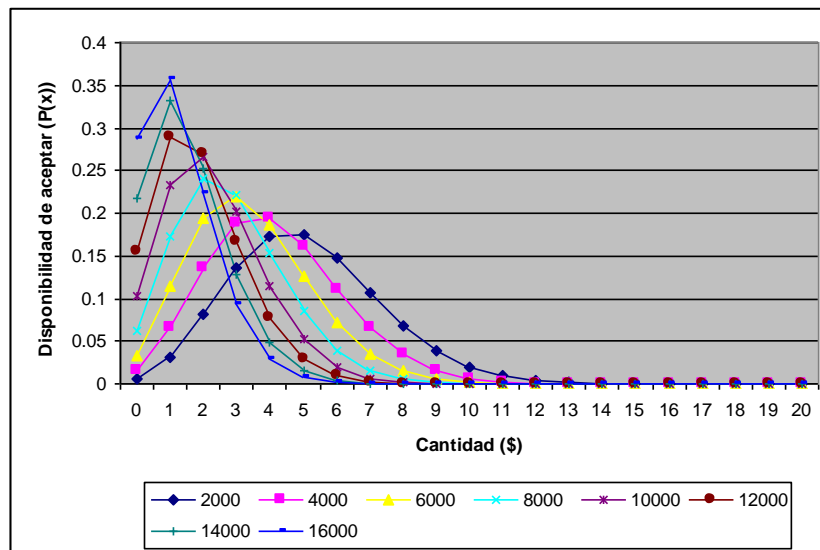


Figura 38. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función del nivel de ingresos

#### 6.7.2.2. Conjunto de variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de distribución en la DAA

Del grupo de variables relacionadas con el uso del agua y la eficiencia en el servicio de distribución, resultaron ser estadísticamente significativas con una confiabilidad del 95%, son la intensidad de uso del agua en el aseo personal (*uap*), la intensidad de uso del agua en el aseo de la casa (*uac*) y la intensidad de uso del agua para lavar vehículos (*ulv*) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Parámetros estimados para el modelo tipo Poisson de Disponibilidad a aceptar [14] en función de las variables de uso del agua y eficiencia en el servicio de abasto

Parámetro	GL	Valor estimado	Error	Intervalos de confianza al 95%		Chi cuadrada observada	Pr > Chi cuadrada
Interceptada	1	5.4121	0.8627	3.7213	7.1029	39.36	< 0.0001
Uap	1	-0.7567	0.2456	-1.2381	-0.2753	9.49	0.0021
Uac	1	-0.4101	0.1135	-0.6326	-0.1876	13.05	0.0003
Ulv	1	0.6399	0.1221	0.4005	0.8793	27.45	< 0.0001

En donde: *uap* = intensidad de uso del agua en el aseo personal, *uac* = intensidad de uso del agua en el aseo de la casa, *ulv* = intensidad de uso del agua para lavar vehículos.

El modelo de regresión de Poisson que resulta después de sustituir los parámetros del Cuadro 10, matemáticamente queda estructurado como sigue [14]:

$$\log \lambda_i = 5.4121 - 0.7567 (uap) - 0.4101 (uac) + 0.6399 (ulv) \quad [14]$$

Al graficar los valores obtenidos con el modelo de Poisson [14] para la primera variable significativa, es decir la intensidad de uso del agua para el aseo personal, se genera la Figura 39 en la que se aprecia que aquellas personas encuestadas que menos usan el agua para el aseo personal, son los que tienen la disponibilidad de aceptar un pago mayor (\$130 pesos ha a<sup>-1</sup>). En contraste las personas que usan el agua bastante y regularmente estarían dispuestas a aceptar una cantidad considerablemente menor (\$10 pesos ha a<sup>-1</sup>).

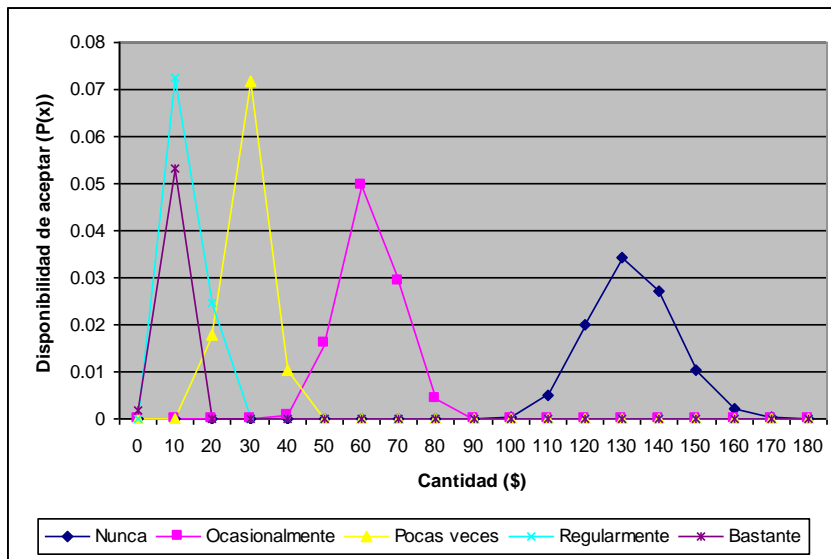


Figura 39. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el aseo personal

Al graficar el modelo [14] en función de la variable intensidad del uso del agua para el aseo de la casa ( $uac$ ) (Figura 40) se observa que los ejidatarios que mayor cantidad de dinero aceptarían recibir son aquellos que nunca u ocasionalmente utilizan el agua para este fin, la tendencia que muestra la distribución de las curvas nos dice que a mayor uso del agua en el aseo de la casa, menor es la cantidad que se aceptaría. Conscientes tal vez los ejidatarios de la importancia que tiene el agua en la vida diaria (higiene en el hogar) no impondrían un pago alto por la prestación del servicio hidrológico ambiental.

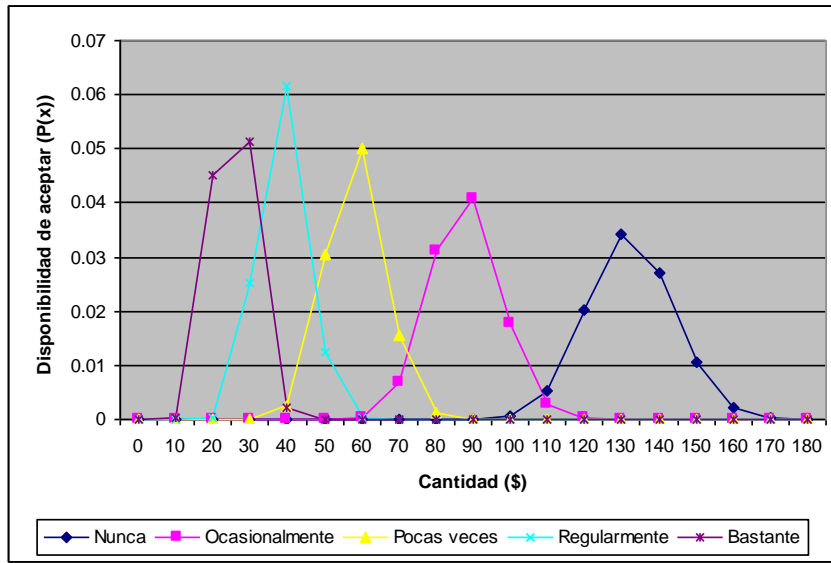


Figura 40. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el aseo de la casa

Por último se elaboró la gráfica en función de la intensidad con que se usa el agua para lavar los vehículos (carros o camionetas) del ejidatario entrevistado, encontrando en la Figura 41 una relación inversa a la observada en la Figura 40, es decir, en este caso entre más se usa el agua para lavar carros, más alta es la cantidad que se aceptaría como pago.

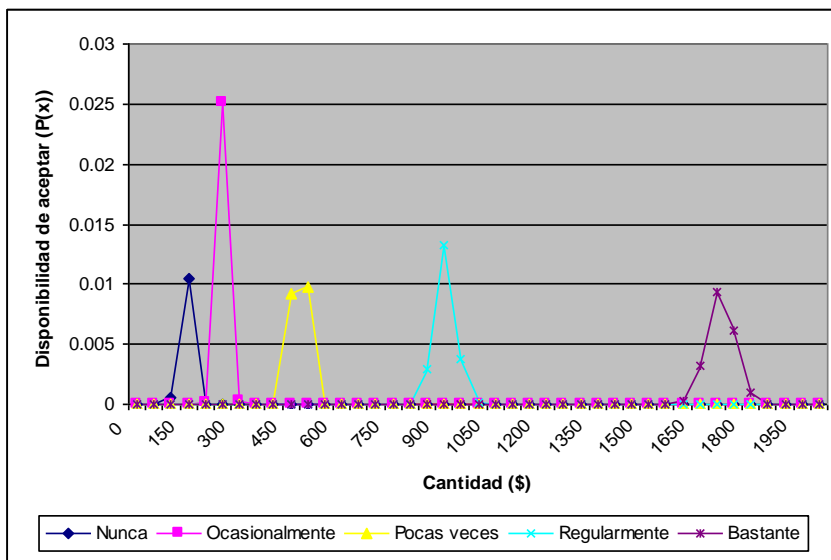


Figura 41. Distribución de probabilidades de aceptar el pago en función de la intensidad del uso de agua para el lavado de vehículos

## 6.8. Valoración de contingencia

La generación del costo de protección o conservación se realizó en función de las actividades listadas en el programa de manejo forestal del ejido (Hernández, 2007). Todas las actividades propuestas permiten que la microcuenca tenga un estado de conservación aceptable; con mínimos riesgos para el bosque en cuanto a incendios, clandestinaje, plagas y enfermedades; con retención de sedimentos, infiltración del agua, regulación del caudal y el incremento de la superficie arbolada. En el Cuadro 11 se presentan los costos de protección y restauración de manera desglosada.

Cuadro 11. Cuadro de costos de protección y recuperación de la microcuenca La Rosilla

Concepto	Meta	Unidades	Costo unitario (\$)	Costo total Año inicial (\$)	Costo total Años siguientes (\$)
Costos de protección					
Cercado perimetral	10,890.00	m	15.00	163,350.00	
Acordonamiento de materiales muertos	1,500.00	m	1.69	2,535.00	2,535.00
Construcción de presas filtrantes	3.00	m3	1,380.00	4,140.00	4,140.00
Suavización de taludes	3.00	m2	1,380.00	4,140.00	4,140.00
Conservación de caminos	3.00	ha	1,380.00	4,140.00	4,140.00
Encargado del cuidado del área	1.00	Persona	54,000.00	54,000.00	54,000.00
Brechas cortafuego	10.89	Km	2,000.00	21,780.00	21,780.00
Vehículo	1.00	Camioneta	60,000.00	60,000.00	
Costo de recorridos	12.00	Recorridos	16,200.00	16,200.00	16,200.00
Total de Costos de protección				330,285.00	106,935.00
Costos de recuperación					
Plantación	94	ha	9,305.00	874,670.00	
Mantenimiento	94	ha	1,011.50		95,081.00
Total de Costos de recuperación				874,670.00	95,081.00



Se pueden observar costos diferentes para el año 1 que para el resto del tiempo, considerando un periodo de 10 años. Lo anterior se debe a que las actividades como el cercado perimetral y el establecimiento de las plantaciones se ejecutan en el año inicial y ya no se realizan en los 9 años siguientes; permanecen las actividades de mantenimiento de la reforestación y las actividades de conservación de suelos, como construcción de presas filtrantes, suavización de taludes y conservación de caminos durante los 9 años restantes.

La evaluación económica del servicio ambiental hidrológico en la microcuenca La Rosilla para los 10 años siguientes se presenta en el Cuadro 12. En dicho cuadro se consideraron los costos conforme a las metas y las actividades a desarrollar.

Cuadro 12. Evaluación económica del Servicio Ambiental Hidrológico de la microcuenca La Rosilla

Conceptos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos (\$)										
Producción										
Forestal	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628
Ganadero	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000
Agrícola	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Conservación (Protección)	330,285	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935
Recuperación (Reforestación)	874,670	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081
Costo total (\$)	4,110,583	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644
Ingresos (\$)										
DAP		1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045
DAA		660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536
Ingreso total (\$)		1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045
Beneficios netos (\$)	-4,110,583	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599	-1,815,599

El Cuadro 12 claramente muestra que hay un déficit en el ingreso total si se consideran los costos totales por conservar la microcuenca para la producción exclusiva del agua para el uso doméstico y urbano de la ciudad de El Salto. Si se considera la disponibilidad de los ejidatarios a recibir un pago, entonces no existe ningún déficit y esto refleja que los dueños del bosque desconocen con precisión

cuál es el valor del agua y cuál es el costo de conservación de la microcuenca. El déficit se considera entonces con la suposición de que eventualmente se plantearía un acuerdo por conservar la microcuenca para la producción del agua y que las demás actividades productivas dejarían de operar y si las actividades adicionales de protección y conservación. Dichos costos comparados con la utilidad proveniente de la DAP en promedio, generan un déficit económico del orden de \$4.1 M pesos para el primer año y \$1.8 M pesos en cada uno de los años siguientes (2 al 10) de operación del proyecto de SAH.

## **6.9. Escenarios de la Disponibilidad a Pagar**

Una de las aplicaciones más importantes de los modelos logísticos es la generación de escenarios deseables o la prevención de ambientes indeseables, a partir de la manipulación de sus parámetros, esto debe realizarse dentro de rangos lógicos considerando la información obtenida en este caso, de las encuestas.

Durante el desarrollo del presente trabajo se encontraron algunos puntos clave que permiten generar diferentes escenarios para influir en la cantidad y DAP de los usuarios del servicio ambiental hidrológico.

### **6.9.1. DAP en función de nivel de educación y el número de integrantes de la familia**

En el modelo [9] las variables que resultaron ser más significativas son el nivel de educación (*ne*) y el número de integrantes en la familia (*if*). Partiendo de los datos generales de la encuesta, la DAP es del 90% de los entrevistados. Al modificar en el modelo los valores posibles para las variables *ne* e *if*, se obtienen los siguientes resultados para la DAP:

Cuadro 13. Cálculo de la Disponibilidad a Pagar

<i>ne \ if</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Primaria</b>	97.16	96.63	96.00	95.27	94.41	93.40	92.23	90.87	89.30	87.49	85.43	83.10	80.47
<b>Secundaria</b>	96.07	95.35	94.50	93.51	92.35	91.01	89.46	87.68	85.64	83.34	80.74	77.85	74.66
<b>Bachillerato</b>	94.59	93.61	92.47	91.15	89.62	87.86	85.85	83.57	81.01	78.15	74.99	71.54	67.82
<b>Profesional</b>	92.59	91.29	89.78	88.04	86.06	83.81	81.27	78.44	75.31	71.89	68.19	64.25	60.11
<b>Posgrado</b>	89.94	88.22	86.27	84.04	81.53	78.73	75.63	72.23	68.56	64.64	60.52	56.24	51.86
<b>Otros</b>	86.47	84.27	81.79	79.01	75.94	72.58	68.93	65.04	60.93	56.66	52.29	47.89	43.51

Los valores calculados cuando el número de integrantes en la familia van de 1 a 8 y el nivel de educación de Primaria a Profesional resultan ser mayores a la DAP del 90% manifestada por la muestra. El 97.16% es el mayor valor y se obtiene cuando sólo hay un integrante en la familia y su nivel de estudios es primaria, esta situación en la vida real es muy difícil de encontrar, sin embargo el valor obtenido cuando son 4 integrantes de familia y el nivel de estudios es secundaria, si es un valor bastante común en la muestra, para esta combinación, la DAP es de 93.51%, lo que nos indica que es muy factible que ese porcentaje de la población esté dispuesta a pagar, mejorando en 3.51% el valor muestral.

#### 6.9.2. Cantidad a pagar en función del sexo, estado civil y nivel de ingresos

Respecto a la cantidad que pagarían, las variables que resultaron estadísticamente más significativas para el modelo [10] son el sexo (*sex*), el estado civil (*ec*), la ocupación (*ocup*) y el nivel de ingresos familiares (*ni*). La cantidad promedio ponderada a pagar son \$27.54 pesos  $m^{-3}$  por mes, lo que equivale a \$1'292,044.60 pesos  $a^{-1}$ . En el Cuadro 14 se presentan diferentes cantidades económicas que los habitantes de El Salto estarían dispuestos a pagar en función de las variables mencionadas, la primera columna considera la DAP de 90% obtenida en la muestra y la segunda la DAP de 93.51% para las condiciones señaladas en el párrafo anterior.

Cuadro 14. Cálculo de la cantidad a pagar

Variables			Cantidad a pagar (\$ a <sup>-1</sup> )	
Sexo	Estado civil	Ingresos (\$ mes <sup>-1</sup> )	DAP = 90%	DAP = 93.51%
Hombre	Casado	800.00	1,624,315.40	1,687,663.71
Hombre	Soltero	800.00	1,834,893.49	1,906,454.34
Hombre	Casado	2,000.00	1,831,410.51	1,902,835.51
Hombre	Soltero	2,000.00	2,068,836.64	2,149,521.26
Hombre	Casado	3,200.00	2,064,909.58	2,145,441.05
Hombre	Soltero	3,200.00	2,332,606.79	2,423,578.46
Mujer	Casada	800.00	935,463.11	971,946.18
Mujer	Soltera	800.00	1,056,737.61	1,097,950.38
Mujer	Casada	2,000.00	1,054,731.72	1,095,866.25
Mujer	Soltera	2,000.00	1,191,468.33	1,237,935.60
Mujer	Casada	3,200.00	1,189,206.69	1,235,585.75
Mujer	Soltera	3,200.00	1,343,376.79	1,395,768.49

La cantidad a pagar adquiere valores que van desde \$935,463.11 pesos a<sup>-1</sup> cuando el pago lo va a realizar una mujer casada cuyos ingresos son de \$800 pesos mes<sup>-1</sup>, cuyo escenario no es probable; hasta \$2'423,578.46 pesos a<sup>-1</sup> cuando el pago lo va a realizar un hombre soltero con ingresos de \$3,200 pesos mes<sup>-1</sup>, cuyo escenario es también poco probable. Las condiciones más comunes que señala el muestreo y los datos de INEGI (2005) indican que generalmente el hombre es quien aporta los recursos económicos al hogar y que el ingreso familiar regularmente es de \$3,200 pesos mes<sup>-1</sup>, cuando es casado, con nivel de estudios de secundaria y mantiene a cuatro integrantes en la familia; por lo que la cantidad que se esperaría recibir por el pago del SAH es de \$2'145,441.05 pesos a<sup>-1</sup>. Esta cantidad es superior en un 66% a \$1'292,044.60 pesos a<sup>-1</sup>, esta última calculada directamente con los datos promedios de la muestra.

El déficit que se aprecia en el Cuadro 12, bajo este nuevo escenario se reduce entonces para el primer año a \$1'965,141.95 pesos a<sup>-1</sup> y \$962,202.95 pesos a<sup>-1</sup> para los años posteriores. Estas últimas cantidades son necesarias para cubrir los costos totales de producción del agua en la microcuenca La Rosilla, incluidos los costos de conservación y restauración. Deberá influirse entonces en la DAP de los usuarios del SAH para incrementar la cantidad a pagar. Otra forma de aumentar los recursos es la gestión de apoyos ante los diferentes niveles de gobierno, actividades como la

reforestación, la construcción de brechas cortafuego, obras de conservación de suelos, etc., que son financiadas por la CONAFOR y la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno del Estado a través de programas como Proárbol.

Idealmente debe pensarse en obtener una utilidad por la prestación del SAH, la cual podría ser empleada en garantizar que la microcuenca mantenga un buen estado de conservación realizando actividades de protección, también para mejorar la calidad y la regularidad en el servicio de distribución del agua e implementar una planta de tratamiento de las aguas residuales lo que influiría positivamente en la DAP y en la cantidad a pagar por parte de los usuarios del SAH.

#### 6.9.3. Aplicación de los modelos en la evaluación económica

La información generada en los incisos anteriores, aplicada en el Cuadro 15 para calcular los beneficios netos (en la fila DAP Escenario 1), modifica los valores del Cuadro 12, reduciendo el déficit económico, bajo las suposiciones ya comentadas.

Cuadro 15. Evaluación económica de un escenario altamente probable en la DAP

Conceptos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos (\$)										
Producción										
Forestal	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628	2,338,628
Ganadero	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000	315,000
Agrícola	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
Conservación (Protección)	330,285	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935	106,935
Recuperación (Reforestación)	874,670	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081	95,081
Costo total (\$)	4,110,583	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644	3,107,644
Ingresos (\$)										
DAP Original	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045	1,292,045
DAP ESCENARIO 1	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441	2'145,441
DAA	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536	660,536
Ingreso total (\$)	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441	2,145,441
Beneficios netos (\$)	-1,965,142	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203	-962,203

Los valores anotados en el Cuadro 15 de la DAP, son los valores originales obtenidos de la muestra. Los valores de la DAP Escenario 1 se logran con el modelo de regresión de Poisson [10] para las siguientes condiciones:  $sex = \text{hombre}$ ,  $ec = \text{casado}$ ,  $ni = \$3,200 \text{ pesos mes}^{-1}$ ,  $ne = \text{secundaria e}$ ,  $if = 4$ . Iterativamente pueden generarse diferentes escenarios y recalcular la DAP y los beneficios netos, se seleccionó el escenario anterior para hacer una demostración de la utilidad del modelo y por considerar que son las condiciones más comunes en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Se observa una reducción en el déficit del Cuadro 6 de \$4.1 M pesos a \$1.9 M pesos para el primer año y de \$1.8 M pesos a \$0.9 M pesos en cada uno de los años siguientes (2 al 10); aunque el balance es menor aún sigue siendo deficitario.

Para alcanzar un punto de equilibrio en donde no existan cantidades negativas en el balance económico, podrían considerarse varias alternativas como la generación de un proyecto de captura de carbono para la superficie de la microcuenca. En la región

de El Salto, el incremento corriente anual de los bosques es de  $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , incluida la parte aérea y el sistema radicular (Návar, 2007b), este volumen equivale aproximadamente a  $1.25 \text{ ton ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  de carbono fijado, por las 730 ha arboladas en la microcuenca, resulta en  $912.5 \text{ ton a}^{-1}$ . El precio en el mercado de los bonos de carbono se estima en 5 dólares promedio por tonelada, lo que equivale a \$48,362.50 pesos  $\text{a}^{-1}$  considerando una tasa de cambio de \$10.66 pesos por dólar. Si se incluye en el proyecto de captura de carbono la superficie que será reforestada en el primer año (90 ha) con un incremento en volumen de  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , la cantidad de carbono fijado aumenta en  $225 \text{ ton a}^{-1}$  y el ingreso económico aumenta también en \$11,992.50 pesos  $\text{a}^{-1}$ . En total por concepto de captura de carbono por el bosque nativo y por la plantación, la microcuenca La Rosilla podría obtener \$60,355 pesos  $\text{a}^{-1}$ .

Se puede proyectar también como otra alternativa suscribir un convenio de adhesión con la CONAFOR en el programa de SAH y obtener \$300 pesos  $\text{ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , el ingreso por este concepto sería de \$219,000 pesos  $\text{a}^{-1}$  incluyendo toda la superficie arbolada de la microcuenca (730 ha). Para reducir la aportación de los ejidatarios en los costos que se incurre por conservación y restauración de los suelos y bosques de la microcuenca, es posible concursar en las convocatorias de la CONAFOR dentro del programa Proárbol y los recursos necesarios para realizar dichas obras obtenerlos vía apoyos y no con cargo al ejido. La cantidad de dinero que aportaría el Programa Proárbol asciende a \$279,355 pesos por conceptos como reforestación, suavización de taludes y cabeceo de cárcavas, construcción de presas filtrantes y apertura de la brecha cortafuego en el perímetro de la microcuenca.

Sumando las cantidades mencionadas y agregándola a los beneficios netos, se tendría un déficit de \$480,832 pesos para el primer año y los consecutivos.

Existen más alternativas para generar los recursos económicos que permitan reducir el déficit del balance económico mostrado en el Cuadro 15. Entre otras actividades se puede mencionar: a) incidir en la población para incrementar la DAP y la cantidad

a pagar, b) generar tarifas diferenciadas en función del tipo de uso: doméstico, comercial o industrial, pudiendo ser mayores (el doble o más) para los dos últimos, c) recurrir a subsidios en los tres niveles de gobierno, d) reducir el costo de oportunidad en las actividades restringidas, permitiendo que se siembre en las áreas agrícolas o que se aprovechen de manera muy regulada las áreas forestales comerciales localizadas dentro de la microcuenca La Rosilla. El destino futuro de este proyecto irá creando las experiencias necesarias para ajustarlo a las condiciones más reales de la región.



## VII. CONCLUSIONES

Actualmente no se suministra la cantidad de agua suficiente a la población de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, razón por la que no se pueden aplicar cuotas iguales en el cobro por el servicio. El 90% de los usuarios está dispuesto a pagar por el SAH, dicha disposición parece derivar más de la necesidad apremiante del servicio de abasto de agua, que de un elevado nivel de conciencia o educación ambiental. La microcuenca La Rosilla produce la cantidad de agua suficiente para abastecer la demanda hídrica de El Salto, sin embargo no es aprovechada totalmente.

Bajo las condiciones actuales, por la irregularidad en que se proporciona el servicio de distribución de agua, pensar en un escenario de cobro diferenciado por el mismo, puede originar un conflicto social. Dicha irregularidad en el servicio se podría resolver mediante la construcción de otra presa que permita captar el potencial real de producción de agua en la microcuenca. Aún y cuando se logre cubrir toda la demanda de agua y se logre también captar el total de la cuota para la conservación de la fuente de abastecimiento de agua, en el 20% de los casos no será posible contar con la esorrentía suficiente de acuerdo con el historial de los resultados de la modelación hidrológica de la región en donde se ubica la microcuenca. Pritchett (1986) y Barzev (2004) señalan que en un escenario de ausencia total de bosques, se debe esperar que el volumen del recurso hídrico en épocas de estiaje se vea reducido incluso hasta el grado de limitar el desempeño de la actividad humana. Lo anterior significa que la permanencia y el incremento de las áreas de bosque natural son de gran importancia para garantizar un flujo hídrico durante todo el año.

La cuota económica obtenida en la DAP de los usuarios del servicio ambiental hidrológico no cubriría totalmente el costo de producción de agua en la microcuenca, por lo que deben buscarse alternativas para cubrir el faltante a través de los programas de servicios ambientales por captura de carbono o producción de agua,

del programa Proárbol para realizar las actividades de conservación de la microcuenca o incluso a través de subsidios gubernamentales de los tres órdenes de gobierno. Se debería también buscar estrategias para incidir en la percepción de los habitantes de El Salto, a través por ejemplo, de un programa de educación ambiental en el que se de a conocer la importancia que tienen la cobertura vegetal de las áreas forestales para la regulación del flujo de agua en las partes bajas de las cuencas. De esta manera se podría incrementar la DAP de la población.

## VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Derivado de los resultados de la presente investigación, se recomienda destinar la microcuenca La Rosilla al propósito exclusivo de producción de agua, evitando las actividades económicas tradicionales en la región como son los aprovechamientos forestales, la agricultura y la ganadería. Se debe optimizar la capacidad de almacenamiento de la presa o incluso construir otra represa que permita aprovechar la capacidad de producción de agua en la microcuenca y así poder satisfacer la demanda hídrica de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Los resultados del balance hidrológico indican que se cuenta con la oferta de agua suficiente para satisfacer la demanda, sin embargo esta oferta no se obtiene de manera regulada a lo largo del año, generando escasez en época de secas y la derrama del agua en tiempo de lluvias, conservando la cobertura forestal se podría influir en que mayor cantidad de agua se infiltre y se incremente el flujo de agua en los meses que no llueve.

Los resultados obtenidos de las encuestas indican que la DAP es de \$27.54 pesos  $\text{mes}^{-1}$  mientras que los modelos logísticos estiman para el escenario seleccionado una DAP de \$44.01 pesos  $\text{mes}^{-1}$ . Se recomienda implementar una cuota diferenciada por clases socio-económicas, en donde las clases más altas paguen una cantidad mayor, una propuesta se presenta en el cuadro 16.

Cuadro 16. Propuesta de escalafón tarifario para el cobro del agua en El Salto

Nivel de ingreso \$ $\text{mes}^{-1}$	Clase social	No. de tomas de agua	Tarifa \$ $\text{mes}^{-1}$
< 1,000	Baja	143	15.00
1,000 - 2,500	Media Baja	2118	34.44
2,500 - 4,000	Media Alta	1418	45.00
> 4,000	Alta	230	60.00
-	Comercio	434	60.00

La mayoría de las encuestas indican que el pago debe hacerse a través de SIDEAPAS y cobrarse en el mismo recibo, por lo que se recomienda atender esta opinión de los usuarios a fin de facilitar la forma de pago.

Para cubrir el déficit en el costo de producción del agua, se recomienda participar en proyectos de captura de carbono y de SAH mediante la conservación de los ecosistemas forestales de la microcuenca. También se recomienda participar en el programa Proárbol para obtener apoyos que permitan realizar las actividades de conservación y restauración de la microcuenca como son la apertura de brechas cortafuego, obras de conservación de suelos y agua (cabeceo de cárcavas, presas filtrantes, suavización de taludes). La diferencia restante podría gestionarse a través de subsidios gubernamentales.

## IX. LITERATURA CITADA

- Allison, P., D. 1999. Logistic Regression Using the SAS System: Theory and Application. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Amigues, J.P., C. Boulatoff (Broadhead), B. Desaignes, C. Gauthier, and J. E. Keith. 2002. The benefits and costs of riparian analysis habitat preservation: a willingness to accept/willingness to pay contingent valuation approach. *Ecological Economics* 41: 17-31.
- Barrantes, G. y Castro, E. 1999. Implementación de un Esquema de Cobro y Pago por Servicio Ambiental Hídrico: el Caso de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. Costa Rica.
- Barzev, R. 2002. Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. Serie Técnica No. 4. Managua, Nicaragua. 149 p.
- Barzev, R. 2003. Estudio de Valoración Económica de la Oferta y Demanda Hídrica del Bosque en que nace la Fuente del Río Chiquito (Finca El Cacao, Achuapa) – Implementación de Mecanismos de Pagos por Servicios Hídricos. [www.fao.org/Regional/LAmerica/Foro/psa/pdf/estudio.pdf](http://www.fao.org/Regional/LAmerica/Foro/psa/pdf/estudio.pdf)
- Barzev, R. 2004. Guía Metodológica de Valoración Económica de los Recursos Hídricos. Estudio de caso Cuenca del Río Humuya, Honduras. Borrador. 66 p.
- Bishop, J.T. (ed.) 1999. Valuing Forests: A Review of Methods and Applications in Developing Countries. International Institute for Environment and Development: London.
- Cajo J. F. Ter Braak. 1998. Unimodal Models to Relate Species to Environment. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 264 p.
- Caula, S. y De Nóbrega, J. R. 2006. La valoración contingente de dos proyectos de desarrollo del Jardín Botánico de Valencia: efecto de la información de la diversidad de aves y de factores socioeconómicos y actitudinales. Postgrado de Ecología, Laboratorio de Sociología Instituto de Zoología Tropical Universidad Central de Venezuela. Revista Faces. Pp 84.
- Comisión Federal de Electricidad. 1998. Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad General de La Presa La Rosilla II. Elaborado en convenio con CNA. Durango, México.

- Comisión Nacional del Agua. 2005. Estadísticas del Agua en México 2005. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. México, D.F.
- Comisión Nacional del Agua. 2007. Estadísticas del Agua en México 2007. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. México, D.F.
- Comisión Nacional Forestal. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Gerencia de suelos forestales. 3a edición. México. D.F. 300 p.
- De Groot, R.S., M. A. Wilson and R. M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics* 41: 393-408.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Acuerdo por el que se publican las Reglas de Operación del Programa Proárbol de la Comisión Nacional Forestal. Segunda sección. México. D.F.
- FAO. 2005. Situación de los bosques del mundo. Dirección de información de la FAO. Roma, Italia 6ª. Edición
- Freesse, F. 1969. Muestreo Forestal Elemental. Boletín de Agricultura No. 32. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo internacional. México-Buenos Aires. 96 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (adaptación a la Republica Mexicana). 4ª. Edición, D.F. 130 p.
- Gash, J.H.C., Lloyd, C.R., and Lachaud, G. 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *J. Hydrol.* 170: 79-86.
- Haab, T.C. and K.E. McConnell. 2002. Valuing Environmental and Natural Resources. The Econometrics of Non-market Valuation. Edgard Elgar Publishing Inc. Massachussets, USA. 326 p.
- Hernández, F. J. 2007. Programa de Manejo Forestal 2007-2017 Nivel avanzado del Ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Dgo. Durango, México.
- Herrador, D. y Dimas, L. 2001. Valoración económica del agua para el área metropolitana de San Salvador. PRISMA. San Salvador.
- Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Physics. Academic Press. London, UK.
- INEGI. 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. II Censo de población y vivienda por localidad. Disco Compacto. México.

- Jäger, M., J. García-Fernández, J. Cajal, R. Burkart y E. Riegelhaupt. 2001. Valoración económica de los Bosques, Revisión, Evaluación, Propuestas. Informe final para la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) Oficina Regional para América del Sur.
- Kengen, S. 1997. Forest Valuation for Decision-Making: Lessons of Experience and Proposals for Improvement. Rome, FAO.
- López-Paniagua, C., M. J. González Guillén, J. R. Valdez Lazalde y H. M. de los Santos. 2007. Demanda, disponibilidad de pago y costo de oportunidad hídrica en la Cuenca Tapalpa, Jalisco. *Madera y Bosques* 13(1): 3-23.
- Manzano, C. M., J. Návar, M. Pando y A. Martínez. 2000. Overgrazing and desertification in Mexico: Highlights on the northeastern region. *Annals of Arid Zone* 39:285-304.
- Nasi, R., Wonder, S. y Campos, J. J. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Serie Técnica, Informe Técnico No. 331. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 41 p.
- Návar, J. y Bryan, R. 1994. Fitting the analytical model of rainfall interception of gash to semi-arid shrubs in northeastern México. *Agricultural and Forest Meteorology* 68: 133-143.
- Návar, J., Charles, F., y Jurado, E. 1999. Spatial variations of interception loss components by Tamaulipan thornscrub in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 124: 231-239.
- Návar, J. 2007a. Métodos y Modelos para Proyectos Sustentables en Ecosistemas Forestales. Inédito.
- Návar, J. 2007b. Interception loss from temperate forests of the Eastern Sierra Madre of northeastern Mexico: an application of the gash analytical interception loss model. Inédito.
- Owen, O. S. 1984. Conservación de recursos naturales. Editorial Pax-México, México, D.F. 648 p.
- Pérez-Verdín, G. 2003. Evaluating Strategies for Managing Outdoor Recreation Opportunities in Southern Durango, Mexico. Thesis of Master of Science in Forestry. North Arizona University. 140 p.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos Forestales. Propiedades, conservación y manejo. México. Ed. Limusa. Pp 193-212.

- Rosa, H., Kandel, S., and Dimas, L. 2004. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales, Lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias; México, D.F. Editado por Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA); Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT); Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C. (CCMSS). 125 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México. Ed Limusa. 432 p.
- Sánchez Vélez, A. 1987. Conceptos elementales de hidrología forestal. Agua, cuenca y vegetación. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 149 p.
- Sánchez Vélez, A., García Núñez, R. M. y Palma Trujano, A. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. SEMARNAT. México, D.F. 48 p.
- SEMARNAT. 2005. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal. México, D.F. 267 p.
- SIDEAPAS. 2007. Entrevista personal con el Director y el Subdirector del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de El Salto. H. Ayuntamiento de Pueblo Nuevo, Durango.
- Silva F., R. 2006. Estudio para el Fortalecimiento de las Actividades Productivas en la Empresa Forestal Ejidal "La Victoria", Municipio Pueblo Nuevo, Dgo. Informe final. CONAFOR-PROCYMAF II. Durango, México. 29 p.
- UNESCO-WWAP. 2003. Water for people, water for life. Executive Summary of the UN World Water Development Report. UNESCO. Paris, France. [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap).



## **X. ANEXOS**

1. Encuesta para estimar la Disponibilidad a pagar (DAP) de los usuarios del servicio ambiental
2. Encuesta para estimar la Disponibilidad de aceptar el pago (DAA) por parte de los proveedores del servicio ambiental
3. Localización de los sitios de muestreo de suelos en la microcuenca La Rosilla

**ANEXO 1****ENCUESTA PARA ESTIMAR EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA  
EN EL SALTO, P.N., DGO.****I. PRESENTACIÓN**

Buenos días/tardes, mi nombre es (nombre del encuestador) \_\_\_\_\_, soy estudiante y estoy apoyando el desarrollo de un trabajo de investigación para conocer el valor que se le da al agua en el consumo doméstico y la importancia de los bosques para la protección de las fuentes de agua.

Es muy importante conocer su opinión sobre este tema. Si está de acuerdo en contestar algunas preguntas muy sencillas, tomaría aproximadamente 15 a 20 minutos en hacerlo, la información es confidencial y sólo será usada en la investigación.

Fecha de entrevista	Hora inicial	Hora final

Lugar de entrevista

Calle		No.
Colonia		
Mpio. de Pueblo Nuevo, Dgo.		

**II. INFORMACIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO**

2.1. ¿Cuál es la fuente principal de abastecimiento de agua en su casa? Marque sólo una respuesta

1. SIDEAPAS  
2. Llave pública  
3. Pipa


4. Pozo  
5. Manantial  
6. Otros ¿cuál? \_\_\_\_\_


Si la respuesta es SIDEAPAS pase a la 2.2., de otra forma pase a la 2.7.

2.2. ¿Recibe un servicio regular de agua en su casa (todos los días y a todas horas)? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Si la respuesta es No, pase a la 2.3., de otra forma pase a la 2.6.

2.3. ¿Cuántos días a la semana recibe agua en su casa? \_\_\_\_\_ días

2.4. Los días que recibe el servicio de agua, es durante:  
 Marque sólo una respuesta

- |                       |                          |                                 |                          |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1. Todo el día        | <input type="checkbox"/> | 5. Por la mañana y por la tarde | <input type="checkbox"/> |
| 2. Sólo por la mañana | <input type="checkbox"/> | 6. Por la mañana y por la noche | <input type="checkbox"/> |
| 3. Sólo por la tarde  | <input type="checkbox"/> | 7. Por la tarde y por la noche  | <input type="checkbox"/> |
| 4. Sólo por la noche  | <input type="checkbox"/> |                                 |                          |

2.5. Durante los días que recibe agua en su casa, ¿cuántas horas al día la recibe? \_\_\_\_\_ horas por día

2.6. ¿Tiene tanque de almacenamiento (tinaco) o cisterna en su casa? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2.7. De acuerdo a la intensidad de uso del agua en su casa, ¿qué calificación le pondría a cada una de las siguientes actividades? Considere: 1 Nunca, 2 Ocasionalmente, 3 Pocas veces, 4 Regularmente, 5 Bastante uso

- |                                    |                          |                            |                          |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. Para tomar y preparar alimentos | <input type="checkbox"/> | 5. Lavar carro o camioneta | <input type="checkbox"/> |
| 2. Aseo personal                   | <input type="checkbox"/> | 6. Regar plantas o jardín  | <input type="checkbox"/> |
| 3. Lavar ropa                      | <input type="checkbox"/> | 7. Otros usos ¿cuál? _____ | <input type="checkbox"/> |
| 4. Aseo de la casa                 | <input type="checkbox"/> |                            |                          |

2.8. ¿Qué calificación le daría a la importancia que tiene el agua para el desarrollo de su vida diaria? Califique de 0 No importante, 5 Importante, hasta 10 Vital. \_\_\_\_\_

2.9. ¿Sabe Usted de dónde obtiene SIDEAPAS el agua para distribuirla en los hogares de El Salto? Explique

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.10. ¿Cómo considera que es la calidad de agua que consumen en su casa? Califique de 0 Mala calidad, 5 Regular, hasta 10 Excelente. \_\_\_\_\_

2.11. ¿Paga actualmente alguna cantidad por el agua? No \_\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuánto? \$ \_\_\_\_\_/mes

2.12. ¿Qué calificación le daría a la importancia que tienen los bosques y la vegetación con respecto a la existencia del agua? Califique de 0 No importante, 5 Importante, hasta 10 Vital.

\_\_\_\_\_

2.13. ¿Quién considera Usted que debería cuidar los bosques?

- |                       |                          |                                  |                          |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Gobierno Federal   | <input type="checkbox"/> | 5. Todos los ciudadanos          | <input type="checkbox"/> |
| 2. Gobierno Estatal   | <input type="checkbox"/> | 6. Los propietarios              | <input type="checkbox"/> |
| 3. Gobierno Municipal | <input type="checkbox"/> | 7. Combinación de los anteriores | <input type="checkbox"/> |
| 4. Empresas privadas  | <input type="checkbox"/> |                                  |                          |

\_\_\_\_\_

### III. ESCENARIO HIPOTÉTICO Y DISPONIBILIDAD A PAGAR

Actualmente SIDEAPAS obtiene el agua de la presa La Rosilla II para potabilizarla y hacerla llegar a las casas en El Salto. El agua se capta en la microcuenca del mismo nombre ubicada en terrenos del ejido La Victoria.

Estudios científicos demuestran que al eliminar el arbolado que está arriba de la presa, se produciría un aumento en los escurrimientos superficiales (agua que corre por arroyuelos y ríos), arrastrando muchas partículas del suelo y perdiendo el agua la calidad para su consumo o haciendo más caro su tratamiento y limpieza, además de que la presa se azolvaría y cada vez retendría menos agua.

Si se mantienen los árboles, si el bosque se cuida de los incendios, del pastoreo y del ataque de plagas, además de realizar obras de conservación de suelos, se favorece la infiltración del agua y la recarga de los mantos acuíferos, el agua es de mejor calidad y su flujo es regulado, de tal manera que todo el año se cuente con el vital líquido. Esto requiere muchas veces de un apoyo extra para lograr los objetivos de protección y en ocasiones este apoyo debe venir de los propios usuarios

3.1. Tomando en cuenta lo anterior, es importante que se protejan y conserven los bosques de La Rosilla, de tal manera que esto le asegure el suministro de agua proveniente del ejido La Victoria, ¿estaría Usted dispuesto(a) a pagar una cuota extra mensual para conservar los bosques de donde proviene el agua?

Sí \_\_\_\_\_ ¿Cuánto? \$ \_\_\_\_\_ mensuales

No \_\_\_\_\_ Pase a la Pregunta 3.5.

3.2. ¿Estaría dispuesto(a) a pagar más? Sí \_\_\_\_\_ ¿Hasta cuánto? \$ \_\_\_\_\_

3.3. ¿Quién cree que sería el más apropiado para recibir el pago?

1. SIDEAPAS – Presidencia

Municipal

2. Ejido La Victoria


3. Organización no gubernamental encargada de la administración

4. Otros \_\_\_\_\_


3.4. ¿Cuál cree que sería la forma más apropiada de recolección del pago?

1. En el recibo del agua

2. Pagar directamente


3. En un recibo adicional

4. Otros \_\_\_\_\_


3.5. ¿Por qué motivos no está dispuesto(a) a pagar?

1. No le interesa

2. Por razones económicas


3. Es obligación del gobierno

4. Otros \_\_\_\_\_


**IV. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS**

Esta es la parte final de la entrevista, le recuerdo que sus respuestas son confidenciales y sólo serán empleadas para la investigación

4.1. Sexo del entrevistado:      Hombre \_\_\_\_\_ Mujer \_\_\_\_\_

4.2. Estado civil:      Casado \_\_\_\_\_ Soltero \_\_\_\_\_ Viudo \_\_\_\_\_ Divorciado \_\_\_\_\_

4.3. Edad : \_\_\_\_\_ años

4.4. Nivel de Estudios alcanzados:

    Primaria \_\_\_\_\_ Secundaria \_\_\_\_\_ Bachillerato \_\_\_\_\_ Profesional \_\_\_\_\_ Postgrado \_\_\_\_\_ Otro:  
\_\_\_\_\_

4.5. ¿Cuál es su ocupación? \_\_\_\_\_ Sin empleo \_\_\_\_\_

4.6. Número de integrantes en su familia : \_\_\_\_\_

4.7. ¿Cuál es el nivel de ingresos familiares totales por mes? Se debe incluir todas las fuentes de ingreso económico de la casa. \_\_\_\_\_ pesos

## ANEXO 2

### ENCUESTA PARA ESTIMAR EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA EN EL SALTO, P.N., DGO. (DAA)

#### I. PRESENTACIÓN

Buenos días/tardes, mi nombre es (nombre del encuestador) \_\_\_\_\_, soy estudiante y estoy apoyando el desarrollo de un trabajo de investigación para conocer la importancia de conservar el bosque y los terrenos forestales para la producción de agua.

Nos gustaría conocer su opinión sobre el tema. Si está de acuerdo en contestar algunas preguntas muy sencillas, tomaría aproximadamente 15 minutos en hacerlo, la información es confidencial y sólo será usada en la investigación.

Fecha de entrevista	Hora inicial	Hora final

Lugar de entrevista

Calle		No.
Colonia		
El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.		

#### II. ESCENARIO HIPOTÉTICO Y DISPONIBILIDAD A ACEPTAR

Actualmente el agua que se usa para consumo doméstico en El Salto proviene de las presas La Rosilla I y La Rosilla II y es distribuida a las casas y comercios a través de SIDEAPAS después de darle un tratamiento de cloración. Muchas ciudades a nivel mundial están conservando los bosques a su alrededor para la producción y regulación del flujo de agua hacia la ciudad. El Salto es pionero en el norte de México en este sentido.

Estudios científicos demuestran que al eliminar el arbolado que está arriba de la presa, se produciría un aumento en los escurrimientos superficiales y una disminución de recargas de los pozos. Los escurrimientos superficiales arrastran muchas partículas de suelo, con lo que el agua pierde calidad, o su tratamiento y limpieza se hacen más caros, además de que la presa se azolvaría y cada vez retendría menos agua.

Es necesario entonces, mantener los árboles, cuidar el bosque de los incendios forestales, del pastoreo y del ataque de plagas, además de realizar obras de conservación de suelos para favorecer la infiltración del agua y la recarga de los mantos acuíferos. Con lo anterior, el agua será de mejor calidad

y su flujo será regulado, de tal manera que todo el año se cuente con el vital líquido en beneficio de la población de El Salto, incluidos los ejidatarios de La Victoria y sus familiares.

2.1. Tomando en cuenta lo anterior, es importante que se protejan y conserven los bosques de la microcuenca La Rosilla, de tal manera que esto asegure el suministro de agua a la población de El Salto. Suponiendo que los consumidores del agua en El Salto estuvieran dispuestos a realizar un pago al ejido La Victoria para asegurar en buena parte el abasto de agua, ¿Cuánto estaría Usted dispuesto(a) a aceptar por parte de los usuarios del agua y otras Dependencias como cuota mínima por hectárea cada año para conservar los bosques de la microcuenca La Rosilla?

\$ \_\_\_\_\_ Hectárea por año

2.2. ¿ Estaría dispuesto(a) a aceptar menos ? No \_\_\_\_ Sí \_\_\_\_ ¿ Hasta cuánto ? \$ \_\_\_\_\_ Ha/año

2.3. ¿Quién considera Usted que debe pagar por la protección de los recursos forestales? Asignar porcentajes

- \_\_\_\_\_ Los habitantes de El Salto
- \_\_\_\_\_ Los ejidatarios de La Victoria
- \_\_\_\_\_ La presidencia municipal
- \_\_\_\_\_ El gobierno del estado
- \_\_\_\_\_ El gobierno federal

2.4. ¿A través de quién le gustaría recibir el pago?

- |                                      |                      |                                  |                      |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1. SIDEAPAS – Presidencia Municipal  | <input type="text"/> | 3. Comisión especial del ejido   | <input type="text"/> |
| 2. Comisariado ejidal de La Victoria | <input type="text"/> | 4. Organización no gubernamental | <input type="text"/> |
| 5. Otros _____                       | <input type="text"/> |                                  |                      |

2.5. ¿Cuál cree que sería la forma más apropiada de recolección del pago?

- |                                     |                      |  |                      |
|-------------------------------------|----------------------|--|----------------------|
| 1. En el recibo del agua - SIDEAPAS | <input type="text"/> | 3. Pagar en el banco en cuenta del ejido | <input type="text"/> |
| 2. Pagar directamente al ejido      | <input type="text"/> | 4. Otra forma _____                      | <input type="text"/> |

2.6. ¿En qué porcentaje destinaría Usted los recursos recaudados en las siguientes actividades?

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 1. Obras de conservación de suelos (presas filtrantes) | <input type="text"/> |
| 2. Control de desperdicios forestales                  | <input type="text"/> |
| 3. Protección de incendios forestales                  | <input type="text"/> |
| 4. Prevención y combate de plagas y enfermedades       | <input type="text"/> |
| 5. Reforestación                                       | <input type="text"/> |
| 6. Control del pastoreo                                | <input type="text"/> |
| 7. Utilidades para los ejidatarios                     | <input type="text"/> |
| 8. Otra _____  | <input type="text"/> |

**III. INFORMACIÓN SOBRE LA FUENTE DE ABASTO DE AGUA Y LA IMPORTANCIA DEL BOSQUE EN LA PRODUCCION DE AGUA**

3.1. ¿Cuál es la fuente principal de abastecimiento de agua en su casa? Marque sólo una respuesta

- 1. SIDEAPAS
- 2. Llave pública
- 3. PIPA


- 4. Pozo
- 5. Manantial
- 6. Otros ¿cuál? \_\_\_\_\_


3.2. ¿Sabe Usted de dónde obtiene SIDEAPAS el agua para distribuirla en los hogares de El Salto? Explique

---



---

3.3. De acuerdo a la intensidad de uso del agua en su casa, ¿qué calificación le pondría a cada una de las siguientes actividades? Considere: 1 Nunca, 2 Ocasionalmente, 3 Pocas veces, 4 Regularmente, 5 Bastante uso

- 1. Para tomar y preparar alimentos
- 2. Aseo personal
- 3. Lavar ropa
- 4. Aseo de la casa


- 5. Lavar carro o camioneta
- 6. Regar plantas o jardín
- 7. Otros usos ¿cuál? \_\_\_\_\_


3.4. ¿Qué calificación le daría a la importancia que tiene el agua para el desarrollo de su vida diaria? Califique de 0 No importante, 5 Importante, hasta 10 Vital. \_\_\_\_\_

3.5. ¿Paga actualmente alguna cantidad por el agua? No \_\_\_\_ Sí \_\_\_\_ ¿Cuánto? \$ \_\_\_\_\_/mes

3.6. De acuerdo a la intensidad de uso que se da al bosque en la microcuenca La Rosilla en las siguientes actividades, ¿qué calificación le pondría a cada una? Considere: 1 Nunca, 2 Ocasionalmente, 3 Pocas veces, 4 Regularmente, 5 Bastante uso

- 1. Agricultura
- 2. Ganadería
- 3. Producción de madera
- 4. Producción de agua


- 5. Protección de la fauna
- 6. Paisaje y esparcimiento
- 7. Recolección de hongos y plantas medicinales o comestibles


3.7. ¿Qué calificación le daría a la importancia que tienen los bosques y la vegetación con respecto a la existencia del agua? Califique de 0 No importante, 5 Importante, hasta 10 Vital. \_\_\_\_\_



3.8. ¿Cual considera Usted que sería el manejo más adecuado que se debe dar al bosque para la producción de agua?. Ordene del más adecuado al menos adecuado

Corta de regeneración	<input type="text"/>
Corta de selección	<input type="text"/>
Aclareos	<input type="text"/>
Matarrasa	<input type="text"/>
No corta	<input type="text"/>
Reforestación	<input type="text"/>

3.9. ¿Quién considera Usted que debería cuidar los bosques?

1. Gobierno Federal	<input type="text"/>	5. Todos los ciudadanos	<input type="text"/>
2. Gobierno Estatal	<input type="text"/>	6. Los propietarios	<input type="text"/>
3. Gobierno Municipal	<input type="text"/>	7. Combinación de los anteriores	<input type="text"/>
4. Empresas privadas	<input type="text"/>		

**IV. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS**

Esta es la parte final de la entrevista, le recuerdo que sus respuestas son confidenciales y sólo serán empleadas para la investigación

4.1. Sexo del entrevistado: Hombre \_\_\_\_\_ Mujer \_\_\_\_\_

4.2. Estado civil: Casado \_\_\_\_\_ Soltero \_\_\_\_\_ Viudo \_\_\_\_\_ Divorciado \_\_\_\_\_

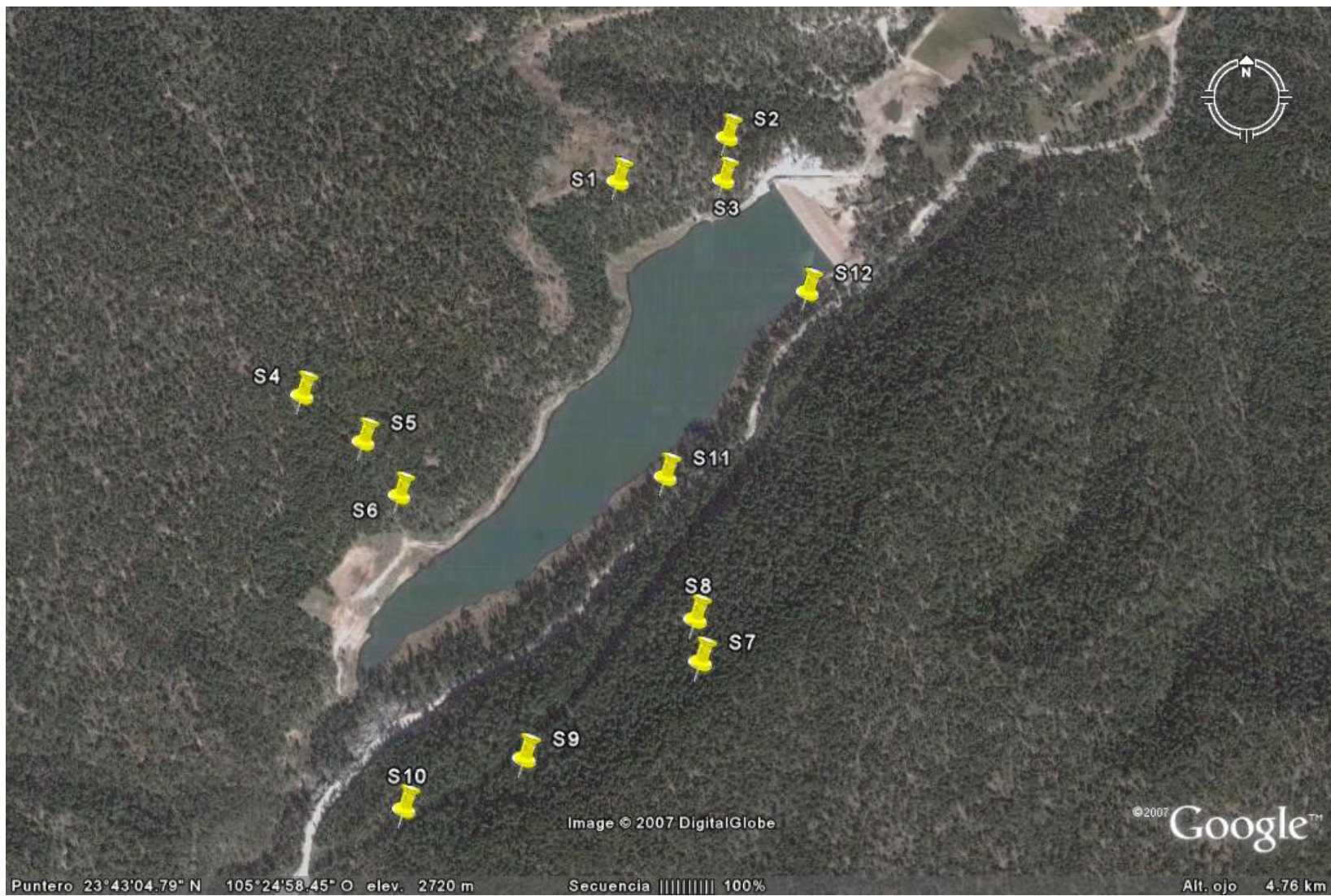
4.3. Edad : \_\_\_\_\_ años

4.4. Nivel de Estudios alcanzados:  
 Preescolar \_\_\_\_\_ Primaria \_\_\_\_\_ Secundaria \_\_\_\_\_ Bachillerato \_\_\_\_\_ Profesional \_\_\_\_\_ Posgrado \_\_\_\_\_

4.5. ¿Cuál es su ocupación? \_\_\_\_\_ Sin empleo \_\_\_\_\_

4.6. Número de integrantes en su familia : \_\_\_\_\_

4.7. ¿Cuál es el nivel de ingresos familiares totales por mes? Se debe incluir todas las fuentes de ingreso económico de la casa. \$ \_\_\_\_\_ mes



Anexo 3. Localización de los sitios de muestreo de los suelos en la microcuena La Rosilla.