

Universidad Autónoma de Querétaro



Facultad de Ciencias Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Facultad de Química

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

VALORACIÓN ECONÓMICA PARA EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HÍDRICOS EN LA MICROCUENCA JOAQUÍN HERRERA-EL PUEBLITO, QUERÉTARO, MÉXICO.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta

Peter Vázquez Montejo

Santiago de Querétaro, Qro. México
Noviembre de 2009.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencia Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Facultad de Química

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**“VALORACIÓN ECONÓMICA PARA EL PAGO DE SERVICIOS
AMBIENTALES HÍDRICOS EN LA MICROCUENCA JOAQUÍN
HERRERA – EL PUEBLITO, QUERÉTARO, MÉXICO.”**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:
Peter Vázquez Montejo

Dirigido por:
Dr. Gerardo Serrato Ángeles

SINODALES

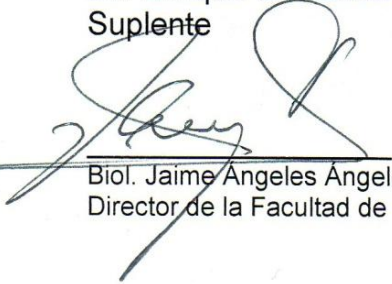
Dr. Gerardo Serrato Ángeles
Presidente

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Secretario

M.C. Alfredo Amador Garcia
Vocal

Dr. Alberto Hernández Sánchez
Suplente

Dr. Enrique González Sosa
Suplente


Biol. Jaime Angeles Ángeles
Director de la Facultad de Ciencias Naturales


Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

RESUMEN

Este trabajo se efectuó en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito está ubicado al suroeste de la capital de Querétaro, perteneciente al municipio de Corregidora.

La problemática que presenta el recurso hídrico y la reforestación en la actualidad, ha incentivado la conservación y protección de este servicio ambiental, para asegurar su abastecimiento futuro en calidad y en cantidad. Los mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA), basados en la teoría de las externalidades económicas, son una solución que puede permitir que en zonas con altas densidades de crecimiento logre un desarrollo sostenible y aumente el valor de los recursos naturales escasos permitiendo mejorar su protección y conservación.

El PSA se financia con lógica de mercado, a través de cobros a los demandantes de servicios ambientales y pagos por actividades verificables a los productores o protectores de dichos servicios, lógica que es opuesta a las subvenciones y donaciones. El mecanismo de PSA consiste en coordinar flujos financieros producidos a través de tarifas e impuestos, de manera que los demandantes satisfagan sus necesidades a cambio de un precio que responda a su costo de oportunidad y que a su vez este precio sea suficiente para que el oferente cubra como mínimo sus costos de producción y se tomen las medidas para que se conserve el recurso sostenidamente.

A través de estos resultados se pueden definir los valores que permitan un financiamiento a largo plazo de programas para la recuperación y conservación de estas áreas y de esta forma garantizar la continuidad del abastecimiento de agua potable y la protección de cuencas abajo a la población mediante la implementación de un sistema de pago por servicios ambientales con la condicionante de que el beneficiario del servicio ambiental de hídrico pague y el que conserve gane.

Palabras clave: recurso hídrico, servicio ambiental, Pago por Servicios Ambientales (PSA).

SUMMARY

This work was conducted in the watershed Joaquin Herrera-El Pueblito is located southwest of the capital of Queretaro, in the municipality of Corregidor.

The issues presented by the water resources at present, has prompted the conservation and protection of the environmental service to ensure its future supply quality and quantity. Payment Mechanisms for Ecosystem Services (PES), based on the theory of economic externalities, are a solution that can allow high densities in areas of growth to achieve sustainable development and increase the value of scarce natural resources allow us to improve their protection and conservation.

The PSA is financed with market logic, through charges to the plaintiffs of environmental services and activities verifiable payments to producers and protectors of these services, a logic that is opposed to grants and donations. The mechanism of PSA is to coordinate financial flows produced through fees and taxes, so that the applicants meet their needs in exchange for a price that meets their opportunity cost and in turn this price is enough for the offeror least cover their production costs and taken measures to conserve the resource is sustained.

Through these results can define the values that allow for long-term funding of programs for the recovery and conservation of these areas and thus ensure continuity of supply of drinking water and watershed protection down to the population through implementing a system of payment for environmental services with the condition that the beneficiary of the environmental service of water to keep pay and win.

Key words: water resources, environmental services, Payment for Environmental Services (PSA).

Gracias Dios por la oportunidad de vivir

*A mis padres Micaela y Emilio,
Personas amables y pacientes, sabias y
amorosas, fuertes y justas, que me dieron
libertad y confianza.*

Son ustedes la razón de mí vivir, ¡los amo!

*A mis hermanos con quienes comparto esta
aventura que es la vida, ¡los quiero mucho!*

*A mis grandes amigos, cuya presencia en mi
vida ha servido para continuar vivos mis
anhelos y mis sueños, ¡gracias por
compartirlos!*

*A todos aquellos que me acompañan en esta
aventura que es el vivir y me aceptan como
soy.*

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT institución que me otorgó la beca para realizar estos estudios.

Al Dr. Raúl Pineda López por su confianza; por su valiosa asesoría y dirección al frente de este Plan de Estudios.

Al Dr. Gerardo Serrato Ángeles, por el apoyo inicial para el planteamiento de este proyecto, por las enseñanzas posteriores, por la apertura al diálogo y sus enormes conocimientos.

Al Dr. Luis Hernández Sandoval, por su apoyo incondicional para la realización de la tesis y la motivación de la misma.

Al Dr. Enrique González, por impulsarme a mejorar en mi trabajo y sobre todo a cuidar el estudio teniendo detalles finos al momento del análisis de mi tesis.

Al Dr. Alfredo Amador García, por su asesoría en la interpretación de los resultados.

Al Dr. Alberto Hernández Sánchez, quien acompañó e incentivó adecuadamente nuestra formación y comprendió el ímpetu de mi persona.

A todos los profesores de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, mi mayor admiración y respeto; todo ustedes demostraron un enorme compromiso, cuidan nuestra formación vigilantes incansables de formar recursos humanos para este estado y nuestro país.

A mis compañeros de la Maestría, su presencia y amistad me proporcionaron la seguridad de un verdadero trabajo conjunto y su comprensión y aceptación me permitieron explayarme, espero lo mejor para ustedes, y espero seguir contando con su apoyo para enfrentar nuevos retos y nuevos proyectos.

Gracias a todos aquellos que aportaron algo a este proyecto.

CONTENIDO

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.1.1. Estudios de caso.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	9
1.3.1. Objetivos específicos.....	9
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. BALANCE HÍDRICO.....	10
2.1.1. Precipitación Pluvial.....	11
2.1.2. Intercepción.....	13
2.1.3. Evapotranspiración.....	13
2.1.3.1. Medida y cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR).....	16
2.1.3.2. Influencia de la vegetación en la evapotranspiración.....	17
2.1.4. Escurrimiento Superficial.....	17
2.1.5. Infiltración.....	18
2.1.6. Ley de Darcy y Modelo de Green-Amp.....	20
2.1.7. Aguas Subterráneas.....	22
2.1.8. Formaciones geológicas y su relación con el agua.....	23
2.2. MERCADO DE LOS SERVICIOS DE CUENCAS HÍDRICAS.....	23
2.3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	24
2.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES.....	27
2.5. MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.....	38
CAPITULO 3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	40
3.1. LOCALIZACIÓN.....	40
3.1.1. Descripción física.....	41
3.2. CLIMA.....	43
3.3. VEGETACIÓN.....	43
3.3.1. Matorral espinoso.....	43
3.3.2. Matorral subtropical.....	44
3.3.3. Matorral crasicaule.....	44
3.3.4. Pastizal inducido.....	45
3.3.5. Agricultura de riego.....	45
3.3.6. Agricultura de temporal.....	45
3.3.7. Erosión hídrica.....	45
3.3.8. Urbano.....	46
3.3.9. Industrial.....	46
3.4. FAUNA.....	48
3.5. EDAFOLOGÍA.....	48

3.6. ASPECTOS SOCIOECONÓMICAS.....	49
CAPITULO 4. METODOLOGÍA.....	56
4.1. CARTOGRAFÍA Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	56
4.2. MEDICIÓN DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE MICROCUENCA.....	57
4.3. BALANCE HÍDRICO.....	57
4.3.1. Precipitación.....	58
4.3.2. Intercepción de la precipitación.....	58
4.3.3. Infiltración.....	59
4.3.4. Evapotranspiración real.....	59
4.3.5. Escurrimiento Superficial.....	60
4.3.6. Recarga Subterránea.....	61
4.4. VALORACIÓN ECONÓMICA-ECOLÓGICA DE SERVICIOS HIDROGRÁFICOS.....	61
4.4.1. Cuantificación y cálculo de recurso hídrico.....	62
4.4.2. Cuantificación y cálculo de la oferta hídrica.....	62
4.5. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.....	63
4.5.1. Diseño del formato de encuesta de la VC.....	63
4.5.2. Muestreo y tamaño de muestra.....	63
4.5.2.1. Muestreo aleatorio simple (MAS).....	63
4.5.2.2. Tamaño de la muestra.....	65
4.5.3. Modelación.....	66
4.5.4. Ajuste y pruebas del modelo.....	68
4.5.5. Signos esperados.....	69
4.6. POLITICAS PÚBLICAS Y NORVATIVIDAD AMBIENTAL.....	70
CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
5.1. CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	71
5.2. MEDICIÓN DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA.....	71
5.3. COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO.....	73
5.3.1. Precipitación.....	73
5.3.2. Evapotranspiración Potencial.....	76
5.3.3. Escurrimiento Superficial.....	79
5.3.4. Infiltración.....	81
5.3.5. Balance Hídrico.....	83
5.4. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	85
5.4.1. Comportamiento descriptivo de las variables de modelo.....	85
5.4.2. Vehículo de pago para un fondo verde.....	86
5.4.3. Escolaridad.....	86
5.4.4. Edad.....	87
5.4.5. Sexo.....	88
5.4.6. Estado civil.....	88
5.4.7. Ingreso familiar.....	89
5.4.8. Ingreso individual.....	89

5.4.9. Precio de subasta.....	90
5.4.10. Sector productivo.....	90
5.4.11. Disponibilidad a pagar de los consumidores del servicio ambiental hídrico.....	91
5.5. MODELO GENERAL DE LA DAP CON LOGARITMO EN EL INGRESO POR REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	92
5.5.1. Calculando la media de la DAP del modelo.....	96
5.5.2. Calculando la mediana de la DAP del modelo.....	96
5.6. MODELO GENERAL DE LA DAP LINEAL EN EL INGRESO POR REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	96
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....	99
CAPITULO 7. RECOMENDACIONES.....	100
CAPITULO 8. BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS.....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pagina
Tabla 2.1. Valores económicos y servicios ambientales.....	29
Tabla 2.2. Métodos de enfoque de valor de mercado.....	35
Tabla 2.3. Métodos de enfoque de mercados sustitutos.....	35
Tabla 2.4. Enfoque de mercados simulados.....	35
Tabla 2.5. Técnicas para la valoración de bienes y servicios ambientales.....	36
Tabla 3.1. Uso de Suelo y Vegetación de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	46
Tabla 3.2. Comparativa de la población total estatal y municipal con la de la microcuenca.....	49
Tabla 3.3. Población total estatal, municipal y microcuenca.....	50
Tabla 3.4. Total de viviendas habitadas por Estado, Municipio y Microcuenca.....	51
Tabla 3.5. Total de viviendas con piso de tierra y distinto a tierra por Estado, Municipio y Microcuenca.....	51
Tabla 3.6. Total de viviendas con piso de tierra y distinto a tierra por Microcuenca El Pueblito y Joaquín Herrera.....	52
Tabla 3.7. Numero de dormitorios a nivel Estatal, Municipal y por Microcuenca.....	52
Tabla 3.8. Porcentaje de analfabetismo que existe en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.....	53
Tabla 3.9. Población Económicamente Activa de la Microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.....	53
Tabla 3.10. Acceso al servicio de salud por Estado, Municipio y Microcuenca.....	54
Tabla 3.11. Datos del Estado, Municipio y Microcuenca referentes a los servicios de drenaje, energía eléctrica y agua entubada.....	55
Tabla 3.12. Datos del Estado, Municipio y Microcuenca, referente al tipo de vivienda y servicios de excusado y agua.....	56
Tabla 4.1. Información requerida para la encuesta.....	63
Tabla 4.2. Variables incluidas en el modelo empírico.....	69
Tabla 5.1. Parámetros de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	71
Tabla 5.2. Precipitación media anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	74
Tabla 5.3. Principales variables utilizadas en la encuesta.....	85
Tabla 5.4. Información sobre la convergencia.....	92
Tabla 5.5. Estimación de los parámetros.....	93
Tabla 5.6. Estimación de los parámetros.....	93
Tabla 5.7. Estimación de los parámetros.....	94
Tabla 5.8. Medias estimadas de los parámetros.....	95
Tabla 5.9. Medidas paramétricas de la disponibilidad a pagar.....	96
Tabla 5.10. Análisis de máxima verosimilitud.....	97
Tabla 5.11. Medias.....	97
Tabla 5.12. Medidas Paramétricas de la disponibilidad a pagar.....	97
Tabla 5.13. Estimación y modelo final.....	98

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
Figura 2.1. Elongación del perfil de humedad durante la redistribución entre sucesos de lluvia propuesto por GAR (Ogden y Saghafian, 1997).....	21
Figura 2.2. Valor Económico Total.....	30
Figura 2.3. Impacto ambiental y medidas de valor económico.....	32
Figura 3.1. Ubicación de la Microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito, dentro del Estado de Querétaro.....	40
Figura 3.2. Mapa actual de Uso de Suelo y Vegetación de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	47
Figura 5.1. Distribución de la precipitación anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	75
Figura 5.2. Temperatura media anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	77
Figura 5.3. Mapa de Evapotranspiración Potencial Anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	78
Figura 5.4. Mapa de Escurrimiento Superficial en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	80
Figura 5.5. Mapa de Infiltración Anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	82
Figura 5.6. Mapa de Recarga Potencial en la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito. Fuente: Elaboración propia.....	84

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Pagina
Gráfica 5.1. Curva hipsométrica microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.....	72
Gráfica 5.2. Distribución de la temperatura y precipitación anual de la microcuenca Joaquin Herrera–El Pueblito.....	73
Gráfica 5.3. Vehículo de pago a los SAH.....	86
Gráfica 5.4. Escolaridad de la muestra en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.....	87
Gráfica 5.6. Sexo de los entrevistados en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.....	88
Gráfica 5.7. Estado civil en la muestra dentro de la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.....	88
Gráfica 5.8. Ingreso familiar.....	89
Gráfica 5.9. Ingreso individual.....	90
Gráfica 5.10. Precio de subasta.....	90
Gráfica 5.11. Sector de empleo.....	91
Gráfica 5.12. Disposición o no de pagar por los usuarios del servicio ambiental hídrico.....	92

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito se encuentra ubicado en el municipio de Corregidora, Estado de Querétaro. La microcuenca tiene una superficie total de 6,541.214 ha, con una población de 53,352 habitantes. En los últimos años, en el municipio ha tenido un desarrollo importante principalmente de las inmobiliarias, que ha cambiado el uso de suelo agrícola o forestal a la construcción de casas habitación, y esto genera mayor demanda de servicios como agua, luz, educación, salud, principalmente.

Las cuencas hidrográficas proporcionan una serie de bienes y servicios importantes para la vida humana. Los bosques desempeñan un papel importante en la regulación de los flujos hídricos y en la reducción de la sedimentación. Los cambios en la cobertura forestal en la cuenca alta pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua en la parte baja de la cuenca, así como su dinámica temporal. Algunos economistas opinan que una forma de lograr lo anterior, es dejar que las leyes de oferta y demanda funcionen libremente en el mercado en su uso y aprovechamiento. Lo anterior no representa mucho problema para la mayoría de los bienes ambientales ya que cuentan con un mercado definido debido a que los precios reflejan su valor de producción o utilidad intrínseca. En cambio, el mercado de servicios ambientales enfrenta varios problemas, tales como: (a) la definición del producto, (b) la definición del derecho de propiedad del servicio ambiental, y (c) la identificación de los agentes (i.e., beneficiados y productores), el precio o valor de intercambio y el mecanismo de intercambio.

El pago de servicios ambientales (**PSA**) es una innovación social o instrumento de política que pretende revertir el deterioro y disminución de los recursos naturales. Esta innovación se cristaliza mediante la compensación o transferencia de recursos para retribuir el mantenimiento de la función ambiental. El **PSA** es el beneficio que recibirían los dueños de las tierras por la utilización de los servicios ambientales y cuyos efectos en la calidad de vida son tangibles e intangibles (Comisión de Servicios Ambientales, 1998). Este beneficio se puede lograr a través de la creación de un mercado en cuyo espacio los demandantes o

usuarios aportan explícitamente a la conservación o mejoramiento del servicio o a través de formas indirectas (i.e., impuestos, subsidios, acuerdos de conservación, otros).

En México, la aplicación del **PSA** es relativamente incipiente y surge como un mecanismo eficaz, novedoso, interesante, alentador y útil. Sin embargo, el **PSA** por un servicio (por ej., captación de agua) requiere de una valoración de los efectos derivados del mismo desde diferentes dimensiones (i.e., sociales, políticas, económicas y ecológicas) y también de los actores sociales que reciben el estímulo o incentivo.

Los ecosistemas forestales no sólo son fuente de materias primas, sino que brindan además una serie de servicios ambientales de vital importancia para el sostén de las poblaciones urbanas y rurales. Los servicios ambientales derivados de los ecosistemas forestales están ligados a la regulación de procesos naturales, como la provisión de agua, mejorar la calidad del aire, control de la erosión del suelo, acervo genético de plantas y animales y como soporte esencial en la mitigación de riesgos naturales (CONAFOR, 2008).

Las funciones ecosistémicas son las relaciones entre los elementos del ecosistema y originan los servicios ambientales. De la misma manera como se diferencia las funciones ecosistémicas y los servicios ambientales, se pueden visualizar la diferencia entre bienes y servicios ambientales. Esto facilita el servicio de cualquier problemática ambiental. Los servicios ambientales son funciones ecosistémicas (no tangibles) y los bienes ambientales son las materias primas que utiliza el hombre en sus actividades económicas (tangibles) (CCAD-PNUD/GEF, 2002).

Los servicios ambientales forestales tales como la protección de las cuencas hidrológicas se clasifican como valores de uso indirecto, en vista del papel que juegan en el apoyo y protección de la actividad económica y la propiedad.

Entender los impactos hidrológicos del cambio de uso de suelo es también importante para determinar cuánto deben pagar los compradores de servicios de agua. Los cálculos son particularmente difíciles porque no se les pide a los usuarios

del servicio de agua que paguen por los servicios hidrológicos adicionales, sino por los cambios de uso de suelo que se espera generen dichos servicios.

1.1. ANTECEDENTES

Los numerosos y valiosos servicios ambientales que proporcionan los bosques, incluyendo la estabilización climatológica, la captura de carbono, la protección de las funciones hidrológicas y la conservación de la biodiversidad, por fin empiezan a llamar la atención. Hace sólo tres décadas todavía no se había relacionado entre la deforestación y el cambio climático global. Actualmente los gobiernos, empresas y ciudadanos reconocen cada vez más el valor de la amplia gama de servicios que proporcionan nuestros ecosistemas forestales.

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Artículo 7 Fracción XXXVII) los principales servicios ambientales son: Los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como; la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros (LGDFS, 2003).

1.1.1. Estudios de caso

El tema de PSA en México a través de cuatro estudios de caso (PRISMA, 2002):

I. Fondo BioClimático (Chiapas).

El Fondo BioClimático se estableció en 1997 para administrar el financiamiento de Scolel Té, un proyecto piloto de captura de carbono que surgió de la colaboración entre la organización campesina Unión de Crédito Pajal Ya kac'itic (PAJAL), el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), y la Universidad de Edimburgo (Reino Unido). Participan en el proyecto más de 300 campesinos cafetaleros y milperos que siembran árboles para absorber carbono en una hectárea en promedio de sus parcelas individuales de 4-5 hectáreas.

En 1997, la Federación Internacional de Automovilismo compró las primeras 5,500 toneladas de carbono - su estimación de emisión global anual - a un precio de US\$10 por tonelada - subió luego a US\$12 - pagados en tres tramos a lo largo de 10 años y sobre la base de un compromiso de 20 años.

El incentivo del pago por captura de carbono representa un ingreso marginal para los campesinos, pero dicho incentivo se refuerza por las posibilidades de incursionar en el mercado de la madera producida bajo esquemas de forestería sustentable y de integrar la captura de carbono en otras estrategias como la producción de café orgánico u otras iniciativas agro-ecológicas. Los participantes aprovechan adicionalmente la asistencia en la planeación de agro-ecosistemas, ofrecido por AMBIO a través del "Plan Vivo" que orienta al productor y permite monitorear el carbono capturado bajo la estrategia elegida por el productor.

II. UZACHI, Unión de Comunidades Zapoteco-Chinantecas (Oaxaca).

El proyecto de UZACHI inició como un movimiento de recuperación del control del aprovechamiento del bosque en sus territorios. Luego evolucionó hacia un esquema de silvicultura comunitaria y recientemente, ha realizado esfuerzos para incorporar los servicios ambientales de biodiversidad y captura de carbono.

El territorio de las tres comunidades que conforman la UZACHI (26,112 ha) se maneja colectivamente bajo un Plan de Manejo Forestal y un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) construidos participativamente. Se definen las zonas de protección a la diversidad biológica, suelo y agua; las zonas de producción para generar ingresos (producción de madera); y las zonas para la producción de autoconsumo (trigo y maíz).

El desarrollo de la oferta de servicios ambientales se concentra en la investigación de recursos biológicos y la captura de carbono. La investigación de recursos biológicos apoya la diversificación productiva a través de la producción de hongos, orquídeas y otras plantas ornamentales.

Además, bajo un contrato de tres años con SANDOZ (hoy Novartis) firmado en 1995 para investigar plantas medicinales, UZACHI asumió actividades de campo y laboratorio, mientras que SANDOZ financió un laboratorio, capacitó al personal,

pagó por el servicio prestado y se comprometió a pagar una cuota fija a UZACHI por su participación, en caso de encontrarse un nuevo producto de aplicación terapéutica. Esa experiencia muestra cómo beneficiar a las comunidades, incentivando el mantenimiento de áreas silvestres y generando avances científicos.

En cuanto a la captura de carbono, UZACHI, IXETO (Unión de Comunidades Ixtlán-Etla, Oaxaca), junto con las organizaciones civiles ERA y CCMSS (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible) formularon una propuesta de captura de 836,000 toneladas de carbono a lo largo de 30 años aplicando sistemas de silvicultura y agro-silvicultura.

III. Ecoturismo: Ventanilla (Oaxaca).

El proyecto de Ventanilla se desarrolló después del desastre del Huracán Paulina (1997), cuando las tareas de limpieza y reforestación del manglar resultaron en un esfuerzo adicional para adaptar el área para ecoturistas interesados en observar aves y cocodrilos, siendo la regeneración de estos últimos una actividad fundamental. La Asociación de Comuneros de Ventanilla organiza las actividades de servicios turísticos y de mantenimiento de los esteros y manglares.

IV. Pago de los Servicios Ambientales de la Zona Montañosa del Municipio de Coatepec.

El caso de municipio de Coatepec, Veracruz, es un ejemplo local de pago de servicios ambientales en México relacionando agua y bosques, del cual se obtuvieron lecciones importantes para la elaboración del programa a nivel federal. En mayo y junio de 1998 el agua total del río apenas alcanzó para el consumo corriente de la ciudad. Si bien es cierto que 1998 había sido un año donde el fenómeno climático de “El Niño” había sido inusualmente fuerte, y toda la región había sufrido sequía, la gente percibía que además de la oscilación natural en el clima, estaban siendo más vulnerables a ella debido a la deforestación acelerada que había sufrido la cuenca a lo largo de las tres últimas décadas (García Coll, 2002).

La preocupación por la sustentabilidad del municipio llevó a cabo en el año 2001 a plantear una idea innovadora. El alcalde solicitó al cabildo y al organismo operador local de agua que incluyeran en el recibo del agua una petición a los

usuarios para que donaran \$1 (US\$0.09) en el recibo mensual del agua para la conservación de los bosques en la cuenca. Con estos fondos buscaba pagarles un monto anual a los propietarios de los bosques que quedaban en buen estado en la cuenca, a cambio de que los conservaran.

El alcalde de Coatepec sumó a esta recaudación voluntaria las contribuciones del presupuesto general del municipio y recursos aportados por la CONAFOR. Con ello inscribió a las 500 ha mejor conservadas a su programa, pagando el equivalente a US\$ 90.1 anuales por ha. Este monto de pago fue calculado a partir de las ganancias por hectárea que estaban obteniendo en promedio los cafetaleros de la región, aunque no era el verdadero costo de oportunidad de la tierra aun bajo bosque, más aún con un precio internacional del café que caía. En 2003, el municipio decidió incluir la compra directa de tierras dentro de su estrategia de protección al servicio ambiental, y así realizar un solo pago para mantener conservadas ciertas zonas a perpetuidad.

La venta de los servicios de ecosistema es un desempeño complejo con una enorme variedad de estructuras de mercado, esquemas de pagos y cantidades y clases de participantes. Tiene impactos extensivos desde el nivel local hasta el global. La emisión de derechos sobre la propiedad, el establecimiento de precios y las interacciones entre los servicios, sin hacer mención de los servicios que todavía no se han definido, siguen siendo problemáticos. Son limitadas las innovaciones en este campo en cuanto escala, alcance e impacto, y el comercio de los servicios ambientales todavía es una actividad naciente. Los numerosos participantes apenas empiezan a entender las maneras potenciales en que los mercados pueden ayudar a proteger los servicios forestales y mejorar la calidad de vida.

1.2. JUSTIFICACIÓN

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

En la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito, en el municipio de Corregidora, Querétaro, el agua es escasa y no disponible en la época seca en la

mayoría de las fuentes. El uso intensivo de la tierra y las prácticas agrícolas y pecuarias degradantes del suelo, pueden ser causas principales de la poca retención e infiltración de agua, tomando en cuenta que son zonas caracterizadas por laderas. En estas zonas, la población paga una tarifa simbólica (donde se paga) que posiblemente refleja parte de los costos de infraestructura para proveerla (donde hay), más no el costo de producción y conservación ambiental; en parte, porque este costo no está calculado.

La parte alta de la microcuenca ha sido deforestada para fines agrícolas y pecuarios, lo que ha ocasionado severa degradación del suelo, no existe un manejo adecuado y prácticas de conservación, para que haya un manejo sustentable de los recursos naturales.

El 29 de septiembre del 2006, se presentó un evento de precipitación extraordinaria de 132 milímetros en tan sólo 8 horas, trayendo por consecuencia el desbordamiento del río El Pueblito a la altura de la cabecera municipal de Villa Corregidora, que provoco inundaciones de hasta 2 metros, ello afectó a diferentes sectores de la población principalmente en colonias populares aledañas a la ribera del río.

El problema con la valoración de agua es la limitación al traducir el valor en un (posible) financiamiento. El valor intrínseco puede ser relativamente bajo, pero el valor indirecto, por ejemplo cuando hay una sequía total o una inundación desastrosa, es enorme. También el valor no monetario (para la salud, el bienestar, etc.) es extremadamente difícil, sino imposible, de expresar el monto de dinero que se necesitaría para asegurar su presencia. Relacionado con esto está el problema de la simplificación: por el afán de dar un precio al agua, no se detallan los diferentes conceptos o relaciones indirectas que dan valor al agua, no se considera que un ecosistema es más que solo agua.

Es muy importante destacar el papel de los servicios ambientales en la sociedad, pero también lo es resaltar que día a día se ven amenazadas por el uso de prácticas no sustentables de manejo de recursos. En este sentido existen dos razones por las que no se generan señales a favor de la conservación de los

recursos y con ello una producción de dichos servicios: 1) no tienen un mercado definido y 2) se conoce muy poco de su cuantía (Torres y Guevara, 2002).

Consideremos el caso de los campesinos que enfrentan la decisión de talar los bosques naturales en una zona limítrofe (entre tierras forestales y tierras con un uso de suelo distinto) para usar la tierra con fines agrícolas. Los campesinos, al tomar dicha decisión, evidentemente considerarán los beneficios que esperan obtener de una mayor producción agrícola, ya sea para la venta o el consumo familiar. También tomarán en cuenta el costo de las herramientas indispensables para desmontar la tierra, los fertilizantes y otros insumos requeridos para producir el cultivo, más la mano de obra necesaria para desmontar el bosque y preparar las tierras agrícolas. Pero ¿qué hay de los otros beneficios que brinda el bosque y que se perderían o reducirían si se le desmonta? Si el campesino recolecta leña y otros productos no maderables, o pastorea el ganado en el bosque, tendrá que tomar en cuenta la pérdida de estos servicios. Por otro lado, es probable que no tome en consideración otros beneficios como el de la protección de la cuenca hidrológica.

El desarrollo de un sistema de pagos por servicios ambientales (PSA) efectivo, puede generar importantes ingresos, uso sustentable de los ecosistemas y sus recursos, distribución nacional e internacional más equitativa de sus beneficios y el consecuente mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales (Agüero 2001).

El mecanismo de PSA, a nivel local, parte de la participación comunitaria de todos los actores y requiere la utilización de otras herramientas que permitan la creación y manejo transparente de fondos ambientales, de uso exclusivo para autogestionar acciones de capacitación, mantenimiento, recuperación y protección del recurso hídrico, que fortalezcan paulatinamente a la entidad ambiental que administre dicho fondo.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Valorar económicamente los servicios ambientales hídricos en la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito, Municipio de Corregidora, Estado de Querétaro, para el diseño de un Sistema de Pago por Servicios Ambientales Hídricos e implementar la protección y conservación.

1.3.1. Objetivos específicos

1. Determinar la Problemática Ambiental – Estado de la Cuenca, cantidad y calidad del Agua.
2. Cuantificar el costo de implementar acciones que promuevan la protección y conservación de los recursos hídricos, en zonas prioritarias en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.
3. Calcular la DAP por los servicios ambientales del proyecto propuesto.
4. Analizar la Disposición a Pagar (DAP) de los diferentes usuarios (en función a sus utilidades marginales) para contribuir a las obras de conservación y manejo de las áreas de conservación (áreas de recarga del recurso hídrico).

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es una forma de hacer una “evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre” (Sokolov, 1981; 12).

La importancia del balance hídrico es que al ser conocido, es posible dar un uso racional al agua en el espacio y en el tiempo, además de que se puede mejorar la distribución del recurso basándose en predicciones. También es pertinente mencionar que se puede hacer la comparación de recursos hídricos específicos para diferentes periodos de tiempo y con ello conocer el grado de influencia en las variaciones del régimen natural del agua (Sokolov, 1981).

El balance hídrico de la cuenca de un río, indica los valores relativos de las entradas y salidas de agua y su variación en volumen. Las entradas son comprendidas por la precipitación en forma de lluvia o nieve que es realmente recibida en la superficie del suelo, así como las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de una cuenca o desde fuera. Las salidas incluyen la evaporación desde la superficie (Sokolov, 1981).

Orozco (2003), considera el balance hídrico como la relación entre la oferta y la demanda del recurso agua, la oferta es definida por los componentes ya mencionados por Sokolov (1981), sean estos precipitación, escurrimientos superficiales y subsuperficiales y evaporación. Este autor menciona que la oferta hídrica es toda aquella agua que llega a la cuenca aunque solo una parte de ésta se encuentra disponible para aprovecharse en las diversas actividades realizadas por el hombre.

Se dice además que existen ciertos componentes que intervienen en este proceso como la textura del suelo y su profundidad, la pendiente del terreno y la evapotranspiración causada por la cobertura vegetal. Este ultimo componente es importante retomarlo, ya que se ha observado que la cobertura vegetal densa, interviene en el régimen del agua y como ejemplo se tienen los bosques que ayudan

a evitar los problemas de erosión y arrastre de sedimentos a los cauces de mejorar la calidad (Orozco, 2003).

En cuanto a la demanda hídrica, ésta puede ser calculada basándose en la cantidad de agua empleada para cubrir las necesidades de los ecosistemas presentes y de las actividades humanas realizadas (Orozco, 2003).

Las zonas cubiertas de vegetación funcionan como reguladores de los procesos que intervienen en el ciclo hidrológico, y más específicamente del balance hídrico. A continuación se presenta cada uno de ellos y de que manera interviene.

2.1.1. Precipitación Pluvial

La precipitación es la fuente primaria de las aguas epicontinentales; sus mediciones constituyen el punto de partida de la mayor parte de los estudios sobre uso y control de agua (Becerra 2005).

Según la definición internacional; la niebla consiste en pequeñas gotas, desde 1-100 μm (velocidad terminal de $> 1\text{-}2\text{ cm s}^{-1}$), lo suficientemente pequeñas como para seguir la masa de movimientos del aire. La lluvia consiste de gotas mucho más grandes ($> 500\ \mu\text{m}$), que bajan por gravedad (velocidad terminal $> 200\text{ cm s}^{-1}$). La llovizna consiste de gotas más pequeñas que las de la lluvia (200-500 μm ; velocidad terminal de 70-200 cm s^{-1}), y es más susceptible al viento que la lluvia. La llovizna se clasifica también según su intensidad: 1) ligera ($< 0.25\text{ mm h}^{-1}$); 2) moderada (0.25-0.50 mm h^{-1}); y 3) pesada (0.50-1.00 mm h^{-1}). Cuando la tasa de precipitación es $> 1\text{ mm h}^{-1}$, toda o una parte de la precipitación generalmente es lluvia (Holwerda y Bruijnzeel, 2007a).

La precipitación se presenta una vez que se reúnen tres condiciones en la atmosfera: a) saturación de la atmosfera, la cual ocurre cuando se enfría la masa de aire hasta alcanzar la presión de vapor saturado o bien cuando se añade humedad a la masa de aire; b) presencia en la atmosfera de pequeñas partículas o núcleos de ellas, pudiendo entonces ocurrir la condensación o sublimación y c) unión de las partículas de agua o hielo las que, al aumentar su tamaño suficientemente, se precipitan por acción de la gravedad. Normalmente la precipitación ocurre cuando

una masa de aire se enfría al elevarse y alcanza la presión de vapor saturado. Las masas de aire se elevan como resultado de (Granados, 2005):

- a) La precipitación frontal ocurre cuando dos masas de aire de diferentes temperaturas y diferentes índices de humedad se ponen en contacto debido al movimiento general y el aire se eleva en las superficies frontales. Un frente frío resulta de una masa de aire frío que se eleva por una masa de aire caliente. Por el contrario, un frente cálido se presenta cuando una masa de aire caliente es elevada por una masa de aire frío.
- b) La precipitación orográfica ocurre cuando una masa de aire se ve forzada a subir para pasar por encima de sistemas montañosos como resultado del movimiento general del aire. Cuando una masa de aire se eleva, un mayor volumen de esa masa alcanza la presión de vapor saturado, dando como resultado un aumento de la precipitación conforme se eleva la altitud.
- c) La precipitación convectiva es el resultado del excesivo calentamiento de la superficie de la tierra. Cuando el aire más próximo a la superficie se calienta más que la masa de aire que se halla por encima, se produce una elevación. El aire que se eleva rápidamente, puede llegar a alcanzar grandes altitudes en sitios donde las gotas de agua se congelan y forman granizo o caen mezcladas con la lluvia; estas tormentas de granizo o lluvia son los tipos de precipitación más severos que existen.

Las características de la lluvia que más influyen en la magnitud y características de los escurrimientos superficiales son: intensidad, duración de las lluvias y frecuencia de la lluvia. Estas se describen a continuación.

Intensidad y duración, la intensidad es la altura de la precipitación expresada en milímetros para un intervalo dado, la intensidad de la lluvia generalmente se calcula para varios intervalos y diferentes periodos. Las lluvias con altas intensidades y en cortos periodos, presentan una mayor actividad erosiva en los suelos e incrementan los volúmenes escurridos (COLPOS, 1991).

La frecuencia, es la periodicidad media estadística en años, con que puede presentarse las tormentas de características similares en intensidad y duración. En

los trabajos de conservación de suelos, las frecuencias que más se utilizan son las de 5 o 10 años (COLPOS, 1991).

2.1.2. Intercepción

El dosel boscoso en su parte aérea, sirve como una barrera contra la precipitación, lo que impide alcanzar la superficie de la tierra. Una parte de la precipitación es interceptada inevitablemente por el dosel. Los flujos a lo largo del tallo o fuste hacía la superficie de la tierra, el goteo de hojas, ramas o aquella que atraviesa los claros del dosel alcanzando el suelo, o la cantidad de la precipitación que es interceptada por el suelo del bosque. Estos procesos causan una reducción en la cantidad de la precipitación y una redistribución de la misma hacía el suelo (Chang, 2003).

Lee (1980) describe que la cantidad de reducción (intercepción por el dosel) es determinado por la cantidad y al frecuencia de precipitación, y por la capacidad de almacenamiento del dosel y la tasa de secado; observó que varia ampliamente, no sólo entre regiones climatológicas y tipos de bosques, con densidad y edad, sino también con relativa posición de los fustes o tallos de los arboles en una particular posición. El agua que es interceptada por las coronas de los árboles es también hidrológicamente importante, pues esto causa un mojado no uniforme sobre el suelo forestal, inhibe la transpiración y reduce la presencia de humedad sobre suelo, se evapora más rápidamente que la transpiración que puede ocurrir en el mismo microclima y se agrega significativamente a la pérdida de vaporización total.

2.1.3. Evapotranspiración

Es el proceso en el que se suma las cantidades de agua evaporada, desde el suelo o cuerpos de agua (lagos, ríos, presas, etc.), y transpirada por las plantas; este fenómeno se compone de los términos de evaporación y transpiración que pueden presentarse por separado o en conjunto. Además, es uno de los componentes del balance que representa las mayores pérdidas de agua incorporándola de vuelta a la atmosfera por el fenómeno de evapotranspiración real (Sánchez, 2001). A continuación se describen estos términos por separado, cuales

son los factores que influyen para que ocurran y como pueden ser medidos o calculados.

La **evaporación** es el fenómeno físico en el que el agua pasa del estado líquido ó solido a vapor. Actualmente, la evaporación de agua interceptada por el dosel debe ser determinada por la energía disponible, gradiente de presión de vapor, resistencia aerodinámica de las hojas y características del aire. Cuando todo el dosel es mojado, la ecuación Monteith–Penman (Monteith y Unsworth, citados por Chan, 2003), puede ser usada para estimar la tasa de evaporación potencial del agua interceptada. Si los niveles de humedad del dosel son menores que el nivel de saturación, entonces el potencial de evaporación es proporcional al porcentaje de dosel mojado (Rutter y Morton, citados por Chang, 2003).

La evaporación se genera a partir de diferentes superficies de la tierra, como son el suelo, la vegetación, los cuerpos de agua libre, etc., Sánchez (2001) menciona algunos:

- a) La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- b) Desde las superficies de cuerpos de agua libre como: ríos, lagos y embalses.
- c) Desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial. Puede tratarse de agua recién infiltrada o en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo.

Evaporación Potencial (EP). Es la máxima pérdida de agua hacia la atmosfera de una superficie líquida o sólida saturada libremente a condiciones ambientales. En el caso de una superficie sólida saturada, debe haber abastecimiento de humedad del agua al suelo en todo momento (Monsalve, 1998).

Transpiración. Es la pérdida de agua de las plantas en forma de vapor. Sin embargo a diferencia de la evaporación desde una superficie acuosa, la transpiración es modificada por la estructura de la planta y el comportamiento de los estomas que operan con los principios físicos que rigen a la evaporación (Kramer, 1974). Las

plantas absorben agua del suelo a través de sus raíces, toman una pequeña parte para su crecimiento y el resto lo transpiran. Como son difíciles de medir por separado y además en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmosfera sea del modo que sea, se consideran conjuntamente como Evapotranspiración (ET) (Sánchez, 2001).

Evapotranspiración Potencial (ETP). Es la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra coto el terreno, cuando es limitada la cantidad de agua suministrada (Ortiz, 1987).

Evapotranspiración Real (ETR). Es la cantidad de agua perdida por el complejo planta – suelo en las condicione meteorológicas, edáficas y biológicas existentes. Es evidente que $ETR \leq ETP$; en un lugar desértico, puesto que la ETP puede ser de 6 mm/día y la ETR y ETP de 0, debido a que no existe agua en el medio para evapotranspirar. La ETR y ETP son iguales siempre que la humedad del suelo es optima (capacidad de campo) y que exista un buen desarrollo vegetal. Eso sucede en un campo de cultivo bien regado o en una área con vegetación natural en un periodo de suficientes precipitaciones (Sánchez, 2001).

Los factores que influyen en la Evapotranspiración:

Sánchez (2001), menciona que la evaporación y transpiración dependen de las condiciones de la atmosfera, edáficas, tipo de vegetación, cuerpos de agua libre, etc., que a su vez se relaciona con los siguientes factores:

- Radiación solar.
- Temperatura (en relación estrecha con la anterior, pero más sencilla en medir).
- Humedad menos cuando hay más evaporación por la radiación solar.
- Presión atmosférica y la altitud en relación con ella, a menor presión (y o mayor altitud) más evaporación.

En cuerpos de agua libre, la evaporación depende de:

- El poder evaporante de la atmosfera (radiación solar).
- Salida del agua.

- La temperatura del agua.

En un suelo desnudo:

- El poder evaporante de la atmosfera.
- El tipo de suelo (textura, estructura, profundidad, etc.).
- Grado de humedad del suelo.

La transpiración está en función de:

- El poder evaporante de la atmósfera.
- El grado de humedad del suelo.
- El tipo de planta (especie).
- Variaciones estacionales: En un cultivo de acuerdo al desarrollo de las plantas, en zonas de bosque de hoja caduca la caída de la hoja paraliza la transpiración.
- Variaciones interanuales: En áreas de bosque la ET aumenta con el desarrollo de los árboles.

Todos los factores intervienen en el complejo proceso de Evapotranspiración, el cual no es fácil determinar, debido a la interacción de unos con otros y a las características particulares que cada uno manifiesta, pues algunos dependen de procesos fisiológicos de plantas y animales, mientras que otros de cuestiones físico-químicos y meteorológicas.

2.1.3.1. Medida y cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR)

Al realizar medidas podemos asimilar la evaporación que se produce desde la lámina de agua libre al poder evaporante de la atmosfera. El líquido básico de medida es el tanque de evaporación o evaporómetro, el cual es un recipiente de tamaño estándar, con un tornillo micrométrico para medir el nivel del agua con precisión. Para el cálculo de la ETP García (1979), citado por Ortiz (1987), menciona que a partir de los datos de Evaporación (Ev), obtenidos del tanque evaporómetro, se estima de la siguiente manera:

$$ETP = 0.8(Ev)$$

El cálculo de la ETR se determina a partir de método de Blanney – Criddle, utilizando coeficientes globales de desarrollo de los cultivos y el factor de temperatura y luminosidad, los cuales deben emplearse en las formulas establecidas para determinación de ETR.

2.1.3.2. Influencia de la vegetación en la evapotranspiración

La vegetación influye de manera directa con la evaporación, provocando varios efectos, por lo que difiere según el tipo de cubierta vegetal; al aumentar la edad y disminuir la espesura de la masa forestal, la evaporación tiende a aumentar, debido a que las corrientes de aire pasan a través del estrato vegetal reduciendo los contenidos de humedad en la superficie de las hojas. Pasa lo mismo si aplicamos tratamientos silvícolas intensivos como cortas de regeneración y cortas de liberación que pertenecen al MDS reduciendo significativamente la densidad, esto genera que los suelos pueden expuestos a la radiación solar perdiendo agua por evaporación (Pizarro, 2001).

En cuanto a la transpiración, ésta es influenciada por la luz solar, la temperatura, el contenido de humedad y la composición del estrato vegetal. Si tenemos bosques jóvenes la evapotranspiración es mayor debido a la demanda de agua para los procesos fisiológicos de los árboles, en comparación con las masas adultas las cuales sólo la usan para requerimientos mínimos (Pizarro, 2001).

2.1.4. Escurrimiento Superficial

El concepto de escurrimiento se aplica a el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (Aparicio, 2005), de éste, solo se llama escurrimiento superficial a la fracción de la precipitación que fluya sobre la superficie terrestre hacia los ríos, lagos u océanos (Becerra, 2005).

Los escurrimientos para su estudio se han clasificado en: superficial, subsuperficial y subterráneo. El primero es constituido por el flujo sobre el terreno y las corrientes en algún cauce; el segundo consta del agua precipitada que se infiltra y escurre pendiente abajo dentro del suelo, cerca de la superficie; y por último el escurrimiento subterráneo que es el agua que se infiltra hasta una profundidad

inferior al nivel freático. Aunque relativamente arbitraria, esta clasificación es conceptualmente útil para estudiar el fenómeno de la escorrentía.

El escurrimiento superficial es la fracción de la lluvia que llega a la superficie terrestre y fluye en terrenos con pendiente, hacia los ríos, lagos u océano. Esta cantidad de lluvia varía en un rango amplio, dependiendo de diversas características de la lluvia y del terreno, pero en términos generales pueden establecerse dos situaciones diferentes: la primera cuando la intensidad de la precipitación es menor que la velocidad de infiltración del suelo, el escurrimiento superficial será prácticamente nulo, pues el agua que no sea interceptada por la cobertura vegetal se infiltrará en seguida, al menos hasta el punto donde la capacidad del suelo sea saturada. Por lo que la precipitación subsecuente dará origen al escurrimiento. La segunda cuando la intensidad de la precipitación es mayor que la velocidad de infiltración del suelo, esta infiltrará sólo parte del agua precipitada y el excedente quedara sobre el terreno como encharcamiento o fluirá como escorrentía.

2.1.5. Infiltración

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo hasta sus capas inferiores, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también influyen en el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración (Aparicio, 2005 y Vélez et al, 2002).

Con base en Springall (1970), la infiltración puede considerarse como una secuencia de tres pasos: entrada en la superficie, trasmisión al suelo, y agotamiento en la capacidad de almacenaje del suelo. Además de estos factores, se debe tener en cuenta el medio permeable y el flujo.

a) Entrada en la superficie

La superficie del suelo puede obstruirse por partículas finas y el impacto de gotas de agua, lo cual evita o retarda la entrada del agua dentro del suelo; por este hecho, un suelo con una buena red de drenaje puede tener baja capacidad de infiltración. La vegetación tiene una influencia importante en este aspecto.

b) Trasmisión a través del suelo

La rapidez con que el agua penetra en un suelo depende de su capacidad de trasmisión, la cual varía para los diferentes horizontes del perfil del suelo, una vez que este se ha saturado, la capacidad de infiltración está limitada por la menor trasmisión del agua infiltrada que tenga el suelo.

d) Agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo

El almacenaje disponible de cualquier horizonte depende de su porosidad, espesor y contenido de humedad. La naturaleza y magnitud de la porosidad del horizonte del suelo depende de su textura, estructura, contenido de materia orgánica, penetración de las raíces y muchos otros factores. La infiltración que ocurre en el inicio de la tormenta está controlada por el volumen, tamaño y continuidad de los poros no capilares, ya que proporcionan fáciles trayectorias para el movimiento del agua. La capacidad de almacenaje afecta directamente a la cantidad de infiltración durante la tormenta. Cuando esta última está controlada por su trasmisión a través de los estratos del suelo, ésta irá disminuyendo conforme se agota el almacenaje de los estratos superiores al estrato que tiene la menor trasmisión.

d) Características del medio permeable

Para el suelo, la capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución. En suelos en estado seco con cantidades apreciables de limo o arcilla, es posible tener poros relativamente largos que pueden desintegrarse durante una tormenta. Dichos suelos normalmente contienen material coloidal, el cual se hincha cuando está húmedo; así, un cambio en la permeabilidad de la masa más frecuente que en las arenas. Por otra parte el impacto de las gotas de agua compactan el suelo y ocasionan que partículas muy pequeñas de limo y arcilla penetren en los poros del material, sellándolos y reduciendo la infiltración. Las modificaciones del tamaño del poro y su distribución son comunes en el campo, y dependen principalmente del contenido de materia orgánica del suelo.

e) Características del flujo

Uno de los cambios más importantes en el agua infiltrada es su contaminación, que en la mayoría de los suelos, ocurre en menor o mayor escala, debido a las arcillas finas y los coloides. Esto afecta en forma directa a la infiltración, ya que el material en suspensión que lleva el agua infiltrada bloquea los poros del suelo por los cuales pasa.

2.1.6. Ley de Darcy y Modelo de Green–Ampt

El modelo original de Green y Ampt (1911) describe la infiltración de agua en un suelo bajo condiciones de encharcamiento permanente y las siguientes hipótesis: (a) suelo encharcado con una lámina de agua h_0 somera desde el principio ($t \geq 0$); (b) suelo profundo y homogéneo, con un contenido inicial de humedad uniforme en profundidad θ_i ; y (c) frente de avance de humedad plano (flujo en forma de “pistón”), es decir el agua se mueve saturando el suelo (humedad a saturación, θ_s) a la misma velocidad en toda la sección del suelo, definido por una succión S_{av} [L] en el frente de avance. Con estas hipótesis de partida y aplicando la Ley de Darcy entre la superficie del suelo (con $h_0 \approx 0$) y el punto a profundidad $Z=Z(t)$ [L] donde se encuentra el frente de avance, se obtiene la expresión de la tasa de infiltración del suelo o infiltración potencial (bajo condiciones de encharcamiento), f_p [LT^{-1}],

$$f_p = K_s \left(\frac{S_{av} M}{F} + 1 \right)$$

donde K_s [LT^{-1}] es la conductividad hidráulica saturada de Darcy; $M=(\theta_s-\theta_i)$, es la porosidad “llenable” de agua; y F_p [L] es la infiltración acumulada que para el caso del perfil rectangular (Figura 2.1) es $F_p=(\theta_s-\theta_i)L = M \cdot L$, con $f_p = dF_p/dt$.

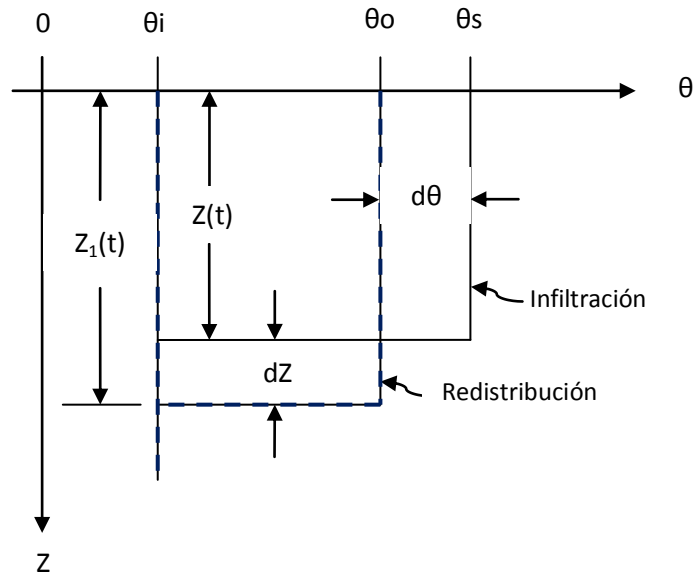


Figura 2.1. Elongación del perfil de humedad durante la redistribución entre sucesos de lluvia propuesto por GAR (Ogden y Saghafian, 1997).

Para el caso de suelo sin encharcamiento inicial bajo lluvia constante r [LT-1], Mein y Larson (1973) aplicaron la ecuación de GA calculando primero la infiltración acumulada que hace falta para llegar al tiempo de encharcamiento ($t=t_p$) y aplicando GA para el resto de la lluvia bajo encharcamiento posterior según,

$$\begin{aligned}
 & f = r \quad ; \quad F = r \cdot t && \text{para} \\
 & t < t_p && \\
 & f = f_p = K_s \left[\frac{S_{av} M}{F_p} + 1 \right] && \left. \vphantom{\begin{aligned} f = r \\ t < t_p \end{aligned}} \right\} \text{para} \\
 & K_s (t - t_p + t_{pp}) = F - S_{av} M \ln \left[1 + \frac{F}{S_{av} M} \right] && \\
 & t \geq t_p &&
 \end{aligned}$$

donde el subíndice "p" en las infiltraciones (F_p , f_p) denota las correspondientes al suelo encharcado según la teoría de GA, y el factor t_{pp} (tiempo equivalente) permite desplazar el valor de F en $t=t_p$ al origen del plano de coordenadas (t, F).

La **Ley de Darcy** describe, con base en experimentos de laboratorio, las características del movimiento del agua a través de un medio poroso. La expresión matemática de la **Ley de Darcy** es la siguiente:

$$Q = \frac{K * S * H}{L} = K * S * I$$

Donde:

Q = Caudal infiltrado ($m^3/año$).

K = Coeficiente de permeabilidad de Darcy o conductividad hidráulica (para medios porosos no saturados), expresado en dimensiones de velocidad (m/s).

S = Superficie de la sección transversal de flujo (m^2).

$\frac{H}{L}$ = Gradiente hidráulico o gradiente de potencial del agua del suelo, también denominada I . es la diferencia en el nivel de agua entre dos puntos (H), dividido por la distancia más corta entre esos dos puntos.

H = Altura (mm, cm o m).

L = Distancia, recorrido que realiza el agua (m/hr).

2.1.7. Aguas Subterráneas

El agua subterránea es el agua potable para más del 50% de la población, 40% del agua se utiliza para irrigación y proporciona más del 25% de las necesidades de la industria. El uso excesivo y desmedido de éste recurso se ha traducido en escasez de agua, agotamiento de las corrientes, hundimiento del terreno, contaminación salina, aumento en el costo de equipo de bombeo y contaminación del agua subterránea (Tarbuck y Lutgens, 1999).

El agua subterránea representa el mayor depósito de agua dulce que resulta indispensable para los seres humanos, y su valor en términos de economía y de bienestar humano es incalculable.

Cuando llueve parte del agua escurre por la superficie, otra se evapora y el resto se infiltra en el suelo. Los factores que influyen en esta variación son el grado

de pendiente, la naturaleza del material edafológico y geológico, la intensidad de la lluvia y el tipo de vegetación (Tarbuck y Lutgens, 1999).

2.1.8. Formaciones geológicas y su relación con el agua

Los acuíferos son definidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de almacenar y transmitir agua. De tal manera que exista en la naturaleza diversas formaciones con capacidades muy diversas para almacenar y transmitir el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones se dividen en cuatro grupos principales (González, 2004).

2.2. MERCADO PARA LOS SERVICIOS DE CUENCAS HÍDRICAS

Los mercados para los servicios de las cuencas hídricas son por lo general locales en alcance, ya que la mayor parte de las transacciones se efectúa en el ámbito de la cuenca hídrica. Los mercados de la protección de la cuenca hídrica por lo general no incluye el canje de mercancías, por ejemplo cantidad o calidad del agua, sino más bien financiamiento de usos del suelo que generan beneficios a la cuenca (Pagiola, 2002). La demanda de los servicios hídricos por lo general se origina en los usuarios del agua corriente abajo, por ejemplo productores agrícolas, generadores de energía eléctrica y consumo doméstico en áreas urbanas (FAO, 2000b). Dada la naturaleza local de la demanda y la presencia de un número limitado de beneficiarios bien organizados (por ejemplo centrales hidroeléctricas o comisiones de irrigación), es relativamente fácil movilizar a los beneficiarios corriente abajo para que participen en esquemas de PSA.

Los servicios de cuenca hídrica por lo general se financian por medio de pago de derechos de los usuarios para mejorar la gestión del área protegida corriente arriba (Pagiola, *et al.* 2003b). Es esencial, por tanto, contar con complejos modelos hidrológicos que permitan vincular las prácticas de conservación con la generación de servicios de calidad y cantidad del agua, con el fin de asegurar que el sistema de PSA proporcione los servicios que los beneficiarios pagan.

Un estudio de 61 esquemas de pagos por cuenca hídrica efectuado por Landell-Mills y Porras (2002) encontró que estos mercados están más institucionalizados y se apoyan en una relación de cooperación entre oferta y

demanda, más que en la competencia entre proveedores de servicio y sus beneficiarios. El estudio encontró también una creciente disposición de los beneficiarios a pagar por los servicios, conforme crece en importancia la conservación en las áreas altas de las cuencas para el mantenimiento de los servicios hídricos.

La conservación en las áreas altas de las cuencas para el mantenimiento de los servicios hídricos es una estrategia puesta en práctica en varios países de América Latina y el Caribe, entre ellos Brasil, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Honduras y Panamá (World Bank, 2003). En la mayor parte de los casos el enfoque preferido es el establecimiento de áreas protegidas, más que la creación de sistemas de PSA para mejorar las prácticas de gestión entre los usuarios. No obstante, los esquemas de PSA con base en cuencas hídricas son de uso creciente y se han puesto a funcionar en varios países, entre ellos Estados Unidos, México, Colombia, Ecuador, Costa Rica, Honduras y Brasil.

2.3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El objetivo de los proyectos de valoración de las cuencas hidrográficas es doble: primero, las técnicas de valoración ayudan a los encargados de formular las políticas a establecer la importancia relativa de los sistemas hidrológicos naturales; segundo, esas técnicas sirven de base para que puedan formular las políticas que equilibren la preservación de esos sistemas y el mejoramiento simultáneo del rendimiento económico de los bienes y servicios ambientales que generan. La cantidad y calidad del agua potable comercializada depende totalmente de variables de las primeras etapas del proceso de producción, como las prácticas agrícolas aplicadas, la conservación de suelos y los niveles de forestación, todo lo cual tiene grandes efectos en la funcionalidad general de los procesos ecológicos e hidrológicos naturales de las cuencas y, a su vez, incide en el agua potable consumida en las etapas finales por las comunidades. Si no se piensa en prácticas de manejo de los primeros procesos de producción, como la agricultura orgánica, la ganadería sostenible, la conservación de suelos y la reforestación, las tecnologías de purificación utilizadas en las etapas finales del proceso pueden demostrar ser más

costosas que beneficiosas, pues puede plantearse la necesidad de reasignar el capital para corregir el mayor deterioro de las fuentes de agua en sus etapas primarias, lo que incide directamente en la calidad y cantidad de agua en las etapas posteriores (Krchnak, 2007).

La contabilidad del valor económico total de las cuencas hidrográficas y la integración de variables de las etapas primarias en las prácticas de manejo vigentes, estimula otra opción de manejo en que los encargados de formular las políticas puedan gestionar los recursos hídricos en todas sus dimensiones y en que puede, al mismo tiempo, mejorar la sostenibilidad de las comunidades que viven cerca de las fuentes de generación primaria del agua. De manera que la internalización de los valores no comercializados (externalidades) vinculados a las cuencas hidrográficas permitirá un mejor uso social y económico de los sistemas hidrológicos.

Para llegar a un nivel de gestión óptimo que preserve la integridad ambiental y fomente el rendimiento de las cuencas hidrográficas, las políticas deben reflejar el valor de todos los posibles beneficios y costos marginales asociados a los proyectos de manejo del agua. Desde la perspectiva económica neoclásico, las comunidades tienden a equilibrar los beneficios marginales y los costos marginales para formular y ejecutar las políticas. Si los costos marginales superan a los beneficios marginales, las comunidades carecerán de incentivos para invertir más en el contexto existente de manejo de las cuencas hidrográficas. De manera que, mediante el análisis de los beneficios y costos agregados asociados a una determinada cuenca, los administradores de proyectos pueden calcular el **valor económico total** de los beneficios y costos generados por dichos sistemas, y pueden entonces formular y ejecutar más efectivamente las políticas de gestión en la cuenca hidrográfica de que se trate (Wilson y Carpenter, 1999).

Actualmente, el valor económico total que se asigna a las cuencas hidrográficas tiende a ser inexacto. Los proyectos de manejo de cuencas hidrográficas habitualmente sólo toman en cuenta los valores explícitamente por los mercados. Dado que en las evaluaciones de cuencas hidrográficas más al día no se toman en cuenta los valores no comercializados, las políticas actuales tienden a

subestimar los valores económicos totales de esos sistemas. Si no existe un empeño por cuantificar los beneficios no comercializados vinculados a los bienes y servicios generados por las cuencas hidrográficas, las decisiones de política y manejo pueden resultar sesgadas a favor de prácticas adversas para el medio ambiente por el descuido de los intereses difusos que se benefician de muchas de las características de dichos sistemas comercialmente indeterminadas (Wilson y Carpenter, 1999).

El valor económico total de los sistemas hidrográficos está compuesto por valores de “uso directo” y valores de “no uso” o intrínsecos. Los valores de uso directo de las cuencas hidrográficas están comprendidos por los valores que las personas obtienen de la utilización directa de un bien o servicio conexo, como el agua potable o la capacidad de irrigación de una cuenca hidrográfica. Aunque están más ligados al bienestar humano, esos valores corresponden sólo a una parte del valor económico total de las cuencas hidrográficas. Los administradores de los recursos y los encargados de formular las políticas correspondientes deben ser conscientes de que los valores de “no uso”, que se refieren al valor actual o futuro que las personas pueden obtener de bienes y servicios independientemente de todo uso directo, también constituyen una porción sustancial del valor económico del sistema hidrográfico.

Los valores de no uso o intrínsecos son los “valores de existencia” o “valores intrínsecos puros”, los “valores de legado” y los “valores de opción” (Anderson y Bishop, 1986). Estos dos últimos constituyen los valores de no uso o intrínsecos con mayor efecto en el valor económico de las cuencas naturales. Los valores de legado derivan del deseo de las personas de preservar las cuencas para el uso de las generaciones futuras. Los valores de opción, por su parte, derivan de la incertidumbre acerca de la demanda u oferta futura de bienes y servicios de las cuencas hidrográficas. Desconocer la importancia de esos valores intrínsecos o de no uso puede llevar al agotamiento, deterioro y sobreexplotación de los recursos de las cuencas a largo plazo, lo que causaría una pérdida general de bienestar social (Barbier, 1991). En consecuencia, esos valores constituyen la lógica en que se funda el movimiento hacia un mejoramiento de las prácticas de gestión en las primeras etapas de producción, como la agricultura orgánica, la explotación ganadera

sostenible, la conservación de suelos y la reforestación (Wilson y Carpenter, 1999). Sin embargo, dado que el ámbito temporal de estos valores de no uso o intrínsecos se fundamenta en la preservación de los bienes y servicios futuros de las cuencas hidrográficas, simplemente no existen mercados para esos valores, de ahí que no se pueda cuantificar o comprender exactamente la necesidad actual de las prácticas mencionadas de manejo sostenible de las cuencas hidrográficas. Por tanto, los economistas y los científicos sociales preocupados por la elaboración de políticas utilizan una amplia gama de técnicas de valoración para medir el valor no comercial de los bienes y servicios ambientales con el objetivo de demostrar el valor económico total de los bienes evaluados, asegurar la asignación óptima de los recursos disponibles y justificar los pedidos de nuevas inversiones, cuando estas son necesarias. Hasta ahora, se han venido aplicando periódicamente técnicas de valoración a nivel de política, pero, en su mayoría, han estado relativamente limitadas a la esfera académica. Sin embargo, esas técnicas tienen escaso interés práctico si no se aplican a nivel de políticas.

2.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES

El medio ambiente como sistemas de sustentación de la vida ofrece una gama de servicios económicos a los seres humanos, entre los que destacan la provisión de recursos naturales para la producción de bienes, la asimilación de desechos y la regeneración de las condiciones básicas para las actividades económicas. No obstante, muchos de esos servicios, por ser gratuitos o porque los perjuicios infligidos a ellos se cargan a la sociedad en su conjunto, no aparecen en las evaluaciones acerca de los costos y beneficios de las actividades económicas. La economía neoclásica atribuye esta “deficiencia” a las fallas de mercado, que coinciden, por un lado, en la ausencia de los mercados para ciertos bienes y servicios, como externalidades, bienes públicos y recursos comunes, que significa la ausencia de precios para ellos y, por el otro, la existencia de “imperfecciones”, lo cual genera una distorsión de precios (Hoffman, 1996).

La magnitud y ritmos de agotamiento de los ecosistemas y recursos naturales, así como del deterioro ambiental de diferentes medios (agua, aire, suelo,

paisaje), son tan graves que resulta imprescindible valorar los costos ecológicos y sociales derivados de las actividades humanas en general, y en particular de aquellas vinculadas con las actividades de producción y consumo de bienes y servicios intermedios y finales (Vega, 1997).

La idea de la evaluación social de proyectos económicos, cuyos beneficios y costos involucran a muchos individuos y cuyos costos de transacción son muy altos, surge, entonces, de la teoría neoclásica de la economía del bienestar y de su objetivo principal, la cuantificación en términos monetarios de los beneficios obtenidos de un medio sano y de los costos de evitar daños ambientales, o de los costos de los mismos, basándose en la preferencia individual de los ciudadanos.

La ausencia de una valoración económica integral de los recursos naturales se debe a que en las decisiones de producción y consumo que toman los diferentes agentes económicos no se consideran los atributos biológicos ni las funciones ambientales de los ecosistemas. Por lo tanto, no se contabiliza la totalidad de bienes y servicios que estos ofrecen, ni tampoco la de los impactos ambientales que los mismos reciben en forma directa e indirecta.

Es preciso subrayar que la valoración económica de los recursos naturales no representa un fin en sí mismo. Es un medio para apoyar proyectos de conservación ecológica, circuitos de aprovechamiento sustentable de ecosistemas y funciones ambientales, y de programas de manejo de recursos naturales con circuitos ecológicos. Representa también un instrumento, que permiten diseñar incentivos económicos para internacionalizar los costos ambientales de cada una de las decisiones de producción y consumo, con el propósito final de acercarse a procesos más eficientes de asignación de recursos escasos, más sustentables en términos de escalas y tamaños de producción y consumo, y más equitativos en cuanto a la distribución de costos y beneficios sociales (Vega, 1997).

En la Tabla 2.1 se presenta los tipos de valor de los bienes y servicios ambientales para tener en forma conjunta el valor económico total de los recursos naturales. Se identifica los valores de uso directo en la producción, valores de uso

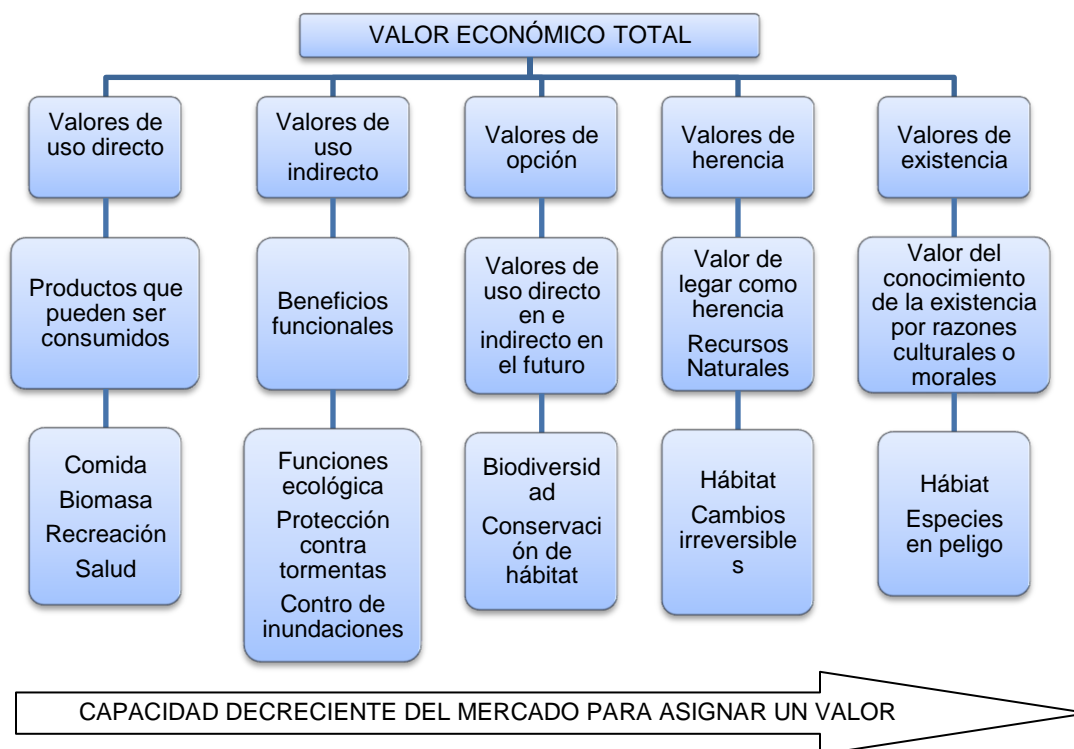
consuntivo y no consuntivo, los valores de uso directo y los valores de no uso de (de extinción) los cuales integran el valor económico total.

En la Figura 2.2 se resume la integración del valor económico total, integrado por los valores de uso directo, de uso indirecto, valores de opción, valores de herencia y valor de existencia.

Tabla 2.1. Valores económicos y servicios ambientales.

TIPO DE VALOR	SERVICIOS AMBIENTALES
Valores de uso directo en la producción	Servicios de mercado y sin mercado que son usados como insumos productivos para bienes y servicios de valor de mercado <ul style="list-style-type: none"> ◆ Recursos (v.gr. canales, depósitos de agua) insumos en navegación y producción de hidroenergía. ◆ Productividad de la tierra para la producción de alimentos y fibras, producción comercial e industrial. ◆ Insumo agua para procesos industriales y abasto municipal y residencial. ◆ Cosecha de productos comerciales, fauna y productos naturales.
Valores de uso consuntivo y no consuntivo	Servicios que no tienen mercado y que contribuyen a la utilidad del consumidor a través de su uso directo. <ul style="list-style-type: none"> ◆ Base de hábitat acuáticos consuntivo (v.gr. pesca, natación, remo, cacería de aves acuáticas). ◆ Distracciones/estéticas (v.gr. beneficios visuales y culturales). ◆ Recreación no consuntivo (v.gr. excursión, campismo, visualizar aves).
Valorar de uso indirecto	Servicios ecológicos sin mercado que contribuye indirectamente a la utilidad de consumidor por soportar y prevenir daños para un amplio rango de actividades de mercado y sin mercado. <ul style="list-style-type: none"> ◆ Evitar inundaciones ◆ Retención de sedimentos ◆ Mitigar el viento ◆ Reducción de la contaminación del aire y agua
Valores de no uso (de existencia)	Valores de existencia asociados con el conocimiento de que un ecosistema y su producción ecológica (v.gr. biodiversidad) existen para servicio de la humanidad.

Fuente: Apugge Research, Inc, 1996. IWR. Report 96-R-24. U.S.A. 64p. Citado por Torres, 2001).



Fuente: Belausteguiguitia y Pérez, 1996.

Figura 2.2. Valor Económico Total.

La estimación de los valores netos de agotamiento de los recursos naturales y del deterioro ambiental podría contribuir a:

- Dimensionar los costos del uso irracional que se hace del capital natural del país así como de sus bienes y servicios ambientales.
- Establecer objetivos y metas de políticas en la materia, acuerdos entre agentes económicos diversos, así como mecanismos para la evaluación de unos y otros.
- Diseñar incentivos (disincentivos) económicos que internalicen dichos costos ambientales y que apoyen programas de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Conocer los valores actuales y potenciales de las diferentes alternativas de uso de los recursos naturales contribuirá al planteamiento y realización de propósitos generales, tales como la asignación más eficiente del capital natural y sus flujos; la determinación de escalas de producción y consumo más apegadas a los umbrales de sustentabilidad; así como apoyar la distribución de costos y beneficios sociales e

inter temporales entre los diversos agentes y sectores económicos más equitativa (Vega, 1997).

Dixon et. al. 1995, (citado por Torres, 2001) clasifican el impacto al ambiente y señalan los principales métodos de valoración, lo cual se presenta en la Figura 2.3.

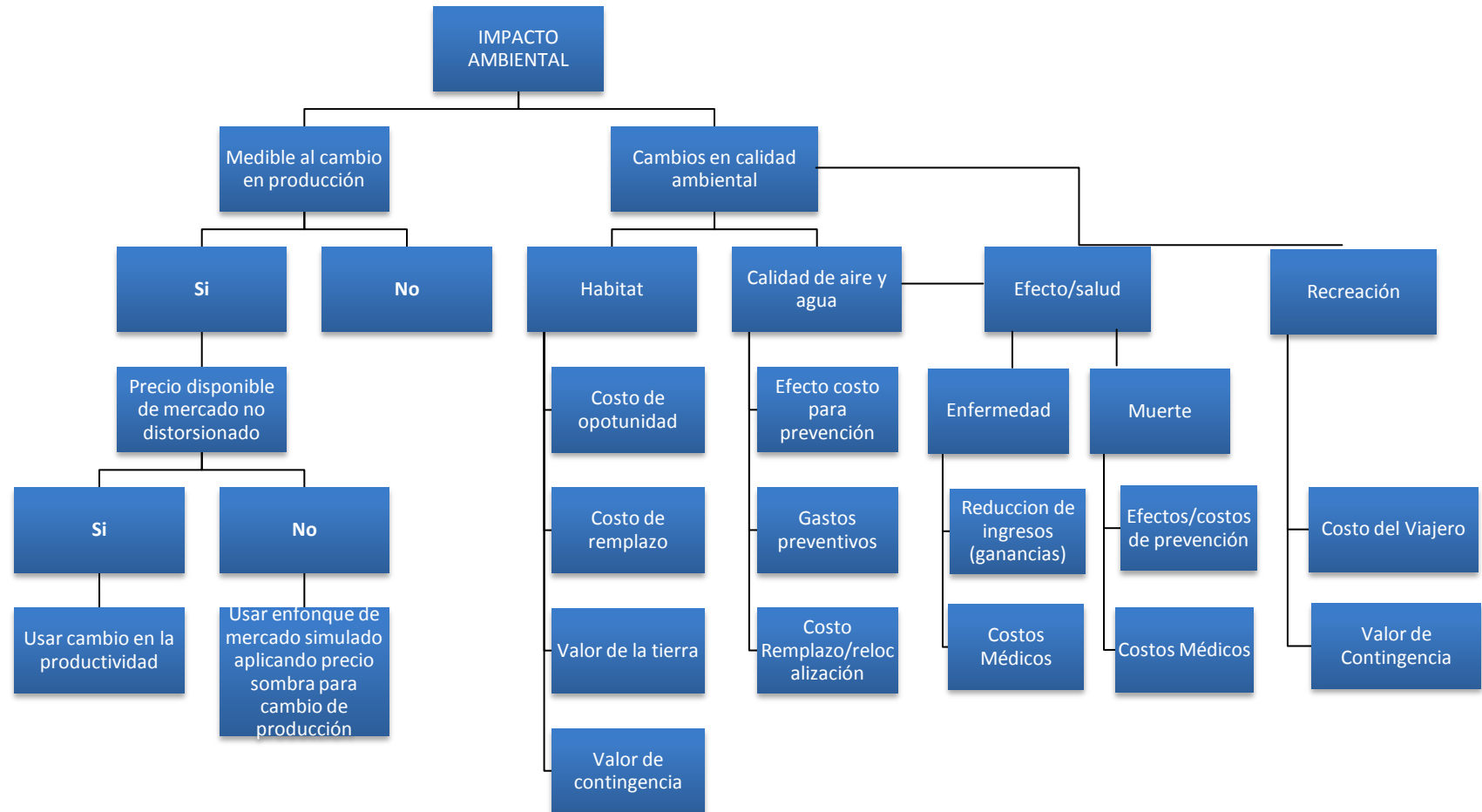


Figura 2.3. Impacto ambiental y medidas de valor económico.

La valoración económica de los bienes y servicios ambientales enfrenta el problema irresoluble de reducir sus diversos valores a una unidad homogénea de medida, esto es especialmente cierto cuando se trata de los usos indirectos, valores de opción y de existencia. Dentro de los problemas por resolver para lograr la valoración económica de los bienes y servicios ambientales se tienen los siguientes:

- Los verdaderos valores de los bienes y servicios ambientales no son reflejados por el mercado, debido a la existencia de externalidades que el mercado es incapaz de controlar.
- Una alta proporción de los recursos naturales está amenazada, debido a causas de mecanismos de mercado. La racionalidad del mercado ha operado claramente en contra de la conservación de estos.
- Mientras que la más alta proporción de los recursos naturales del planeta se concentra en su granja intertropical, donde viven los países más pobres, la mayoría de las metodologías y las técnicas de valoración económica se han generado en el norte, lo que refleja el problema de intranferibilidad (Pearce y Moran, 1994).
- Aun en los propios contextos de los países en desarrollo las técnicas desarrolladas para valorar los recursos naturales son difícilmente equiparables, por la falta de información y metodologías comunes de valoración.

El valor económico total (VET) de un bien o servicio ambiental se define de la manera siguiente (Pearce y Moran, 1994, Toledo, 1997; Belausteguigoita y Pérez, 1996):

$$VET = VU + VO + V_NU$$

A su vez cada término se subdivide de la manera siguiente $VU = VUD + VUI$

$$V_NU = VUD + VH$$

Donde:

VU: valor de uso que se compone de los valores de uso directo (VUD) y de los valores de uso indirecto (VUI).

VUD: valores de uso directo. Incluye actividades tales como recreación, turismo, cosecha de recursos naturales, cacería, servicios de pool genético, investigación y educación. Estas actividades pueden ser comerciales, incluir recursos que se comercializa en un mercado (cosecha de madera u otros bienes, turismo), o bienes sin mercado formal o regular (recolección de leña, pastoreo informal, etc.).

VUI: Valores de uso indirecto. Son valores derivados de usos indirectos, tales como protección de la cuenca, mejoramiento del hábitat para especies migratorias, estabilidad cismática y captura del carbón, hábitat para insectos, los cuales polinizan los cultivos locales, etc. Los usos indirectos son diversos y no son medidos o valorados en un mercado.

VO: Valor de opción. Son valores derivados de la opción de uso del área en algún tiempo futuro. Este uso futuro puede ser directo o indirecto y puede incluir valores futuros de información derivados de la protección del área. En este se incluyen particularmente la biodiversidad, sobre todo de genes no probados que pueden proveer insumos a la agricultura, farmacéutica y productos cosméticos.

V_NU: Valores de no uso. Son valores que incluyen dos ejemplos comunes valores de existencia (VE) y valores de herencia (VH). Los valores de herencia se relacionan con el beneficio de saber que otros se benefician o se beneficiarán de la conservación de la naturaleza. Los valores de existencia reflejan los beneficios de saber que la naturaleza existe aun cuando no se visite o use de ninguna forma. Los valores de no uso son particularmente difíciles de medir.

En general, existen tres clases de métodos de valoración:

- a) Utilizar precios de mercado para medir los efectos físicos sobre la producción, ocasionados por un cambio ambiental.
- b) El uso de encuestas para como valoran las personas el medio ambiente y los recursos naturales.
- c) Diferentes técnicas que estiman la valoración que las personas hacen del medio ambiente y los recursos naturales, a través del análisis de sus acciones y comportamientos.

De acuerdo con Binning, et al. (1993) los métodos de valoración, se pueden agrupar como se muestra en las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4.

Tabla 2.2. Métodos de enfoque de valor de mercado.

EFFECTOS DEL CAMBIO	TECNICAS DE VALORACIÓN
Cambios en la disponibilidad, calidad o cantidad de un producto.	Cambios en productividad.
Cambios en la disponibilidad, calidad o cantidad de un insumo.	Cambios en el ingreso.
Reponer a la sociedad, grupos o individuos un activo total, parte del activo o la calidad de este.	Costo de reemplazo.
Gastos monetarios de la sociedad, grupos o individuos para defender su ambiente.	Gastos preventivos.
Actividades de recolección de la sociedad, grupos o individuos.	Costos de recolección.

Fuente: Bining et. al. (1993).

Tabla 2.3. Métodos de enfoque de mercados sustitutos.

SUSTITUTO	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA	APLICACIÓN
Costo de viaje	El costo de viaje es aproximadamente el precio que se paga por el uso del Recurso ambiental.	Costo del viaje	Recreación
Precio de mercado de bienes con una características	Cambios en el salario. Es valorado con el cambio en el ambiente.	Valor de propiedad (Método Hedónico)	Contaminación del aire, conservación de suelo, ruido
Salario de mano de obra	Cambios en el salario. Es valorado con el cambio en el ambiente.	Diferencias de salarios	Declinación urbana
Valor de sustituto cercano	Valor de un sustituto cercano es el valor del efecto de interés	Bienes próximos	Investigación, bosque nativo

Fuente: Bining et. al. (1993)

Tabla 2.4. Enfoque de mercados simulados.

NATURALEZA DE LA PREGUNTA	NATURALEZA DE LA SIMULACIÓN	TÉCNICA
Preguntas directas sobre la valoración de la disponibilidad a pagar y disponibilidad a aceptar un pago compensatorio	Comprende un bien, servicio o activo ambiental	Valoración contingente
	Elegir entre alternativas cada una con un diferente nivel de efecto ambiental	Juego de intercambio
Pregunta directa sobre ranking y rating de preferencia	Tasa ambiental y otros bienes y servicios	Valoración de contingencia
Pregunta directa sobre cantidad de compra	Elegir la cantidad de compra de un mercado	Evaluación prioritaria

Fuente: Bining et. al. (1993).

En el Tabla 2.5, en su resumen las técnicas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales. Identificándose las técnicas de ingreso/productividad, costo de un viaje, valores de propiedad, valoración contingente y transferencia de beneficios.

Tabla 2.5. Técnicas para la valoración de bienes y servicios ambientales.

TÉCNICA	APLICACIÓN	BASES DE MEDICIÓN	FORTALEZAS Y LIMITACIÓN
Factor ingreso/productividad	Puede ser aplicado para estimar los beneficios de los bienes de ecosistemas que son vendidos directamente en el mercado y servicios ambientales sin mercado que sirven como factor de producción para bienes con mercado.	Estimación de funciones de producción para bienes con mercado para estimar los cambios en el ecosistema como factor de producción.	Su principal fortaleza es que evita la necesidad de un modelo de demanda de mercado. La principal limitación es que del lado de la oferta el enfoque de modelación es razonable solo si la unidad de producción en cuestión es relativamente pequeña para toda la producción del mercado del bien o si la mejora en el ecosistema representa solo un cambio marginal.
Costo de viajero	Puede ser aplicado para estimar beneficios de sitios de recreación, atributos de calidad del sitio y la introducción de nuevos sitios de recreación. Datos: usuarios visitantes, características y distancia del viajero a la región de recreación: datos sobre servicios provistos y sus características.	Investigación de los cambios en la cantidad consumida del bien de mercado complementario, viaje al sitio, para estimar la demanda por el servicio de recreación sin mercado.	Principal fortaleza es que los valores están basados en la selección actual de la gente. Principal desventaja es que amplia región del modelo debe igualmente ser necesario para estimar el impacto de mejoras en el cambio de la calidad del sitio.
Valores de propiedad	Puede ser aplicado para estimar beneficios de	Investigar los precios de bienes de mercado	Fortaleza: beneficio estimado basado en la selección actual de

TÉCNICA	APLICACIÓN	BASES DE MEDICIÓN	FORTALEZAS Y LIMITACIÓN
	ecosistemas locales, estética, comunidades y ciertos servicios ambientales. Datos: Precios de propiedad características del vecindario y atributos ambientales de la localidad.	complementarios, propiedad residencial, para revelar el precio implícito de los atributos ambientales locales.	la gente. Limitación: el alcance de los beneficios que suelen ser estimados está limitado por un grupo de servicios ambientales que pueden ser capturados por los residentes a través de su elección de resistencia local.
Valoración contingente de	Puede ser aplicado para estimar beneficios de uno o todos los servicios ambientales, como también para beneficios de no usos. Datos: Muestreo aleatorio de la población relevante.	Uso de sofisticadas encuestas para obtener información de contestadoras sobre su preferencia por los servicios ambientales.	Fortaleza: flexibilidad para aplicarse y estimar beneficios asociados con uno o todos los servicios ambientales. Limitación: las respuestas pueden no reflejar lo que la gente actualmente paga por el recurso en una economía real.
Transferencia de beneficios de	Puede ser aplicada para estimar beneficios de servicios de recreación, y para otros servicios del ecosistema. Datos: valores de estudios existentes y características del sitio de proyecto y número y características del sitio del proyecto.	Utiliza la valoración de resultados de otros sitios derivados de estudios previos, para desarrollar la estimación de beneficios de proyectos similares al sitio.	Fortaleza: implementación relativamente rápida y barata. Limitación: dado que la valoración del recurso es por región/sitio/uso específico, la transferencia de beneficios puede ser solo una aproximación gruesa de beneficios del proyecto del proyecto en cuestión.

Fuente: Apugge Research, Inc, 1996. IWR. Report 96-R-24. U.S.A. 64p. Citado por Torres, 2001).

Ante los números casos, algunos autores recomiendan diversos pasos para decidir que método usar para la valoración de bienes y servicios ambientales (Belausteguigoitia y Pérez, 1996).

- a. Decidir el tipo de problema ambiental que será analizado.
- b. Revisar que técnica de valoración es apropiada para ese problema, y para cada método a elegir.
- c. Considerar que información es requerida para el análisis del problema y para cada método a elegir.
- d. Verificar si la información es accesible, y a que costo.
- e. De acuerdo con lo obtenido en los incisos anteriores, revisar la elección del método de valoración.

2.5. MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE

El Método de Valoración Contingente se ubica dentro de los métodos directos/hipotéticos que trata de conocer que valoración hacen las personas de los cambios en el bienestar producidos por un cambio cuantitativo o cualitativo en la oferta de un bien ambiental, lo que se logra a través de la aplicación de cuestionarios en donde se realizan preguntas directas bajo el supuesto de la existencia de un mercado propio para estos bienes, esto es, se trabaja con un mercado hipotético. Se considera que el manejo de estos mercados es completamente comparable con las respuestas individuales que se hacen en los mercados reales actuales (Mitchell y Carson, 1993). A través del uso de este método se puede establecer una relación entre la calidad de un bien ambiental y el consumo que de él se hace. Otro aspecto de gran importancia, es que se puede estimar el valor de un solo bien debido a su propiedad de ser separables, esto es, aún y cuando el bien que se quiere estudiar forme parte de un conjunto de bienes que producen un nivel de utilidad, con el método de valoración contingente, el bien en estudio se puede valorar de manera independiente.

Básicamente, se les pregunta, mediante una encuesta directa, cuánto estarían dispuestos a pagar para recibir un beneficio. Lo que se busca son las valoraciones personales de los encuestados frente al crecimiento o la reducción de la cantidad de un bien, un contingente, en un mercado hipotético. Se considera que el mercado contingente no incluirá sólo el bien (mejor calidad y cantidad del

agua, retención de la erosión, procesamiento de nutrientes, etc.), sino también el contexto institucional en el que éste sería ofertado y la forma en que se financiaría.

De acuerdo a una tabla presentada por Mitchell y Carson (1993) los métodos directo/hipotético tienen como ventajas:

1. Posibilidad de obtener un precio estimado de opción en presencia de incertidumbre.
2. Posibilidad de valorar bienes no disponibles anteriormente.
3. Posibilidad de estimar todas las clases existentes de beneficios.
4. La curva de demanda es estimable directamente.
5. La curva de demanda compensada Hickisiano es directamente estimable.

Este método ha recibido muchas críticas favoreciéndolo o desaprobándolo, entre sus aspectos favorables se puede decir que es el único que permite valorar bienes de no-uso. Otro aspecto es que no requiere de ningún supuesto previo, ni de estimar funciones de demanda, a excepción de cuando se hace uso de cuestionarios binarios. Este método es el único que permite conocer la “compensación exigida” para permitir un cambio que deteriore el bienestar, o renunciar a uno que lo mejorara.

Con este método se obtiene la medida del excedente compensatorio, se pregunta de manera individual sobre su máximo deseo a pagar por un mejoramiento ambiental o su deseo de pagar para prevenir un deterioro. Asimismo se pregunta por su mínimo deseo de aceptar un deterioro o aceptar que no se realice una mejora ambiental.

CAPITULO 3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. LOCALIZACIÓN

La microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito está ubicada al suroeste de la capital de Querétaro, perteneciente al municipio de Corregidora. La microcuenca está situado al Suroeste del Estado de Querétaro, entre las coordenadas 20°27'35" y 20°35'28" de latitud Norte, y entre los 100° 24' 40" y los 100° 29' 20" de longitud Oeste. La altitud en la microcuenca varía de los 1796 a los 2260 msnm; localizándose el lugar más bajo en El Castillo y el más alto en el Cerro de Las Vacas, en la localidad de Purísima de La Cueva. El municipio de Corregidora tiene una extensión 23,598.00 ha que equivalen al 2.1 % de la superficie Estatal. El municipio limita al Norte con el municipio de Querétaro, al Sur y al Oeste con el Estado de Guanajuato y al Este con el municipio de Huimilpan. Su distancia a la capital del Estado es de 7 kilómetros.



Figura 3.1. Ubicación de la Microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito, dentro del Estado de Querétaro.

3.1.1. Descripción física

Orografía

Gran parte del municipio está atravesado por varios montes y cadenas montañosas. Las de mayor altura son: Las Vacas con 2 260 msnm y Buenavista con 2 230 msnm situados el primero al Oeste, un poco al Sur de La Cueva (hoy Joaquín Herrera), y el segundo al Suroeste de la misma población. Hay otros cerros con alturas aún no determinadas; entre ellos tenemos La Peña Rajada, situada en una barranca que sirve de cauce al Río El Pueblito, frente a la comunidad de San Francisco, y los cerros de El Chiquihuite y El Chiquihuitillo, al Sur de El Pueblito, El Shindó y San José de los Olvera.

Hay una muralla natural que circunda el valle en la mayor parte de sus puntos cardinales con cerros de poca elevación, de pendiente muy inclinada y cima que sigue un nivel casi regular en toda su extensión. Estos cerros se ubican al Este y al Sureste del Palillero, que más al Este da origen al Picacho; al Sur la loma de La Mesa y de La Cañada de La Plata; al Suroeste El Copal y al Oeste El Potrero, que se extiende por varios kilómetros.

Geología

Las rocas ígneas extrusivas del Terciario y Plioceno-Cuaternario dominan en la Zona Sur, en terrenos que pertenecen mayormente a la provincia del Eje Neovolcánico.

Los basaltos del Terciario Superior y Cuaternario, son dominantes en la zona del corredor San Juan del Río-Querétaro, asociados a tobas ácidas en las llanuras, y pequeños afloramientos de toba básica. En algunas zonas se observan brechas volcánicas y otras rocas que presentan metamorfismo, y que quedan expuestas principalmente en las escarpas de falla que, unas en sentido nornoroeste sursureste y otras perpendiculares a las primeras, limitan el bajío en el que se encuentra la capital del estado.

En la Sierra Queretana, encontramos extrusivos de composición ácida como tobas riolíticas, en las mesetas, y las sierras volcánicas están constituidas por andesitas y riolitas. Una estructura impresionante la constituye el medio circo de la caldera de Amealco, un amplio crater de explosión directamente al sur de la cabecera municipal.

Por último, en los terrenos que pertenecen a la Mesa del Centro, se encuentran sierras volcánicas en las que afloran basaltos y otros extrusivos tanto básicos como ácidos, más relacionados al episodio volcánico que formó la Sierra Madre Occidental, durante el Terciario Medio y Superior. Destaca el volcán La Joya, al noroeste del municipio de Querétaro.

En esta zona se encuentran algunos afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico superior, al norte del municipio de Querétaro: calizas y lutitas alternadas, así como, en el extremo más septentrional de dicho municipio, un afloramiento de esquistos (INEGI-SPP, 1983).

Hidrografía

La microcuenca de Joaquín Herrera – El Pueblito se ubica en la región hidrológica 12 Cuenca Lerma Chapala, subcuenca Alto Lerma. Es de tipo exorreico, sus aguas fluyen hacia el norte y se almacenan en la Presa Batán. La unión de los ríos Bravo y Río Florido originan al río El Pueblito. Ambos afluentes entran a Corregidora desde el municipio de Huimilpan. El río Bravo pasa por las comunidades de Bravo y Presa de Bravo y recibe al arroyo San José que baja de La Tinaja. El río Florido a su vez recibe al Arroyo Hondo antes de su confluencia con el Bravo (UAQ y AQEH. 1995).

Antes de la cabecera de Corregidora, el río El Pueblito pasa por la cañada del Batán y recibe los escurrimientos del arroyo El Zapote, formado en el sur del municipio por los cauces de los arroyos La Bruja y El Blanco en terrenos de Charco Blanco y La Cueva respectivamente. Del Pueblito, el río corre hacia el noroeste para unirse con el río Querétaro (UAQ y AQEH 1995).

3.2. CLIMA

El municipio cuenta con un clima seco y semicálido que oscila entre los 18°C y los 22°C; siendo mayo el mes más caluroso. Por su parte, predomina el régimen de lluvias de verano aunque en invierno también se registran lluvias.

3.3. VEGETACIÓN

La vegetación es del tipo mezquital y matorral, predominan las especies: palo bobo, huitzache, uña de gato, granjeno, palo shishote y algunos cactus como nopal, cola de diablo y biznaga. El matorral lo forman plantas de tallo cilíndrico o aplanado: nopaleras, cardonales y garambullales. También existen: el matorral (plantas de vástagos substanciosos) que se ubica en una porción del Centro del territorio de San Francisco, al Norte de la Purísima y al Sur de Lourdes; y el pastizal que se ubica al Sur de La Purísima, al Oeste de La Cueva y en San Rafael. En los linderos del municipio con el Estado de Guanajuato, hay una franja pequeña de matorral subtropical que pertenece a la selva baja caducifolia (Ver Tabla 3.1 y Figura 3.2).

3.3.1. Matorral espinoso

Se distribuye entre los 1,800-2,200 msnm, en laderas de pie de monte con alta pedregosidad y en lugares planos o con poco relieve. Varios autores lo consideran como «bosque espinoso» por la dominancia de especies arborescentes espinosas (Hernández *et al.* 2000). En la zona estas comunidades tienen menos estatura y presentan varios niveles de perturbación, con el subsiguiente cambio fisonómico. La alteración a estas comunidades se da por sobrepastoreo o extracción de leña.

En la microcuenca se encontraron dos asociaciones:

Matorral espinoso de *Acacia*: sobre laderas con suelos muy pedregosos. Son comunidades relativamente diversas con huizaches de *Acacia schaffneri* y *A. farnesiana*, así como de *Opuntia* sp., formando un dosel de 4 a 5 m. En el estrato arbustivo se encuentran granjenos *Celtis pallida*, *Condalia velutina* y *C. mexicana*.

Al **Matorral espinoso de *Acacia* alterado** se le ha llamado matorral subtropical o subinermé por las especies no espinosas e indicadoras de disturbio como el palo bobo *Ipomoea murucoides*, ocotillo *Dodonaea viscosa* o zarabuyo *Karwinskia humboldtiana*.

Matorral espinoso de *Prosopis*: sobre planicies o valles con suelos de aluvión (mezquiales, bosque tropical espinoso). Se caracterizan por presentar árboles y arbustos con espinas de hasta 5 m de alto, entre los que se encuentran el mezquite *Prosopis laevigata* y en menor proporción huisaches *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri*. En la condición conservada casi no hay arbustos, sin embargo en la zona casi no existe.

Los **Matorrales espinosos de *Prosopis* alterados** tienen varias especies de formas arbustivas que no sobrepasan los 3 m. Se encuentran las mismas especies de mezquite *Prosopis laevigata*, huisaches *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri* y en forma abundante la uña de gato *Mimosa aculeticarpa*, así como granjeno *Celtis pallida* y xonocostle *Opuntia imbricata*.

3.3.2. Matorral subtropical

Matorral con estrato arbustivo de unos 4 m de altura. Dominan especies no espinosas, algunas de ellas propias de las selvas secas. El casahuate (*Ipomoea murucoides*), copal (*Bursera sp.*), tepeguaje (*Lysiloma sp.*) y garambullo (*Mirtyllocactus geometrizers*) son las especies dominantes en toda la zona de estudio, en conjunto con nopales y otras plantas del género *Opuntia*: huizache (*Acacia spp*), capulín (*Karwinskia sp.*), granjeno (*Celtis sp.*) y *Zaluzania, sp.* Se le ha considerado como una etapa sucesional de selva baja caducifolia, alterada y de alta resiliencia, provocada desde tiempo atrás por la influencia de la actividad pecuaria y la tala de ciertos elementos. Esta vegetación se encuentra en los municipios de la parte norte de la zona en estudio.

3.3.3. Matorral crasicaule

Matorral dominado por especies de cactáceas, representadas en la región por asociaciones de garambullo (*Mirtyllocactus geometrizers*), nopales y otras *Opuntias*; pitayos (*Stenocereus queretaroensis* y *S. dumortieri*), acacias, uñas de

gato (*Mimosa sp.*), sangregado y otras especies propias de los matorrales xerófitos. Esta comunidad se presenta en la mayoría de los municipios de la zona Sur del estado.

3.3.4. Pastizal inducido

Vegetación dominada por gramíneas herbáceas, aun cuando pueden presentarse otros elementos herbáceos, arbustivos y algunos árboles. Los pastizales naturales en la zona están compuestas por especies del genero *Aristida*, *Muhlebergia*, *Bouteloua*, *Lycurus* y *Buchloe*. En la microcuenca se aprovecha prácticamente en su totalidad para la ganadería extensiva.

3.3.5. Agricultura de riego

Labranza mecanizada, en general; riego por gravedad, menos frecuente por aspersión y algunos métodos más tecnificados. Uno a dos ciclos al año. Se emplea fundamentalmente agua extraída del subsuelo en el corredor Querétaro-San Juan del Río. Parte del Bajío de Corregidora y en el valle de Amazcala. Con frecuencia se utilizan plaguicidas, herbicidas, y abonos químicos y orgánicos. Cultivos anuales y semiperennes principalmente: alfalfa, avena, trigo, maíz, cebada, hortalizas, frutales. Alto valor comercial. Venta en los mercados nacional, internacional y regional.

3.3.6. Agricultura de temporal

Labranza mecanizada o con tracción animal, en terrenos con cierta pendiente, algunas pedregosas o bien con alguna otra condición, que impide o dificulta el riego. Presente en toda la microcuenca. Poca tecnificación y uso de abonos químicos, herbicidas, etc. Maíz fundamentalmente, frijol y calabaza; excepcionalmente otras especies. Mercado regional o local y autoconsumo.

3.3.7. Erosión hídrica

Suelo desnudo sin presencia de cobertura vegetal. Incluye zonas muy erosionadas por la actividad humana y afloramientos rocosos naturales.

3.3.8. Urbano

Zonas donde dominan áreas construidas, que en este estudio abarcan todas las localidades de superficie mayor a las 30 ha.

3.3.9. Industrial

Parques industriales e instalaciones de instituciones de investigación y servicios, cuando están aisladas o asociadas a las primeras.

Tabla 3.1. Uso de Suelo y Vegetación de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Superficie (Km)²	%
Agricultura de temporal	2,729.90	27.30	41.73
Agricultura de riego	44.01	0.44	0.67
Bosque de galería	40.75	0.41	0.62
Erosión hídrica	15.27	0.15	0.23
Matorral crasicaule	353.61	3.54	5.41
Matorral crasicaule	1,502.82	15.03	22.97
Pastizal Inducido	506.68	5.07	7.75
Zona industrial	137.91	1.38	2.11
Zona urbana	839.74	8.40	12.84
Localidad rural	370.53	3.71	5.66
Total	6,541.21	65.41	100

Fuente: Elaboración propia con base a la rodalización en Google Earth 2009.

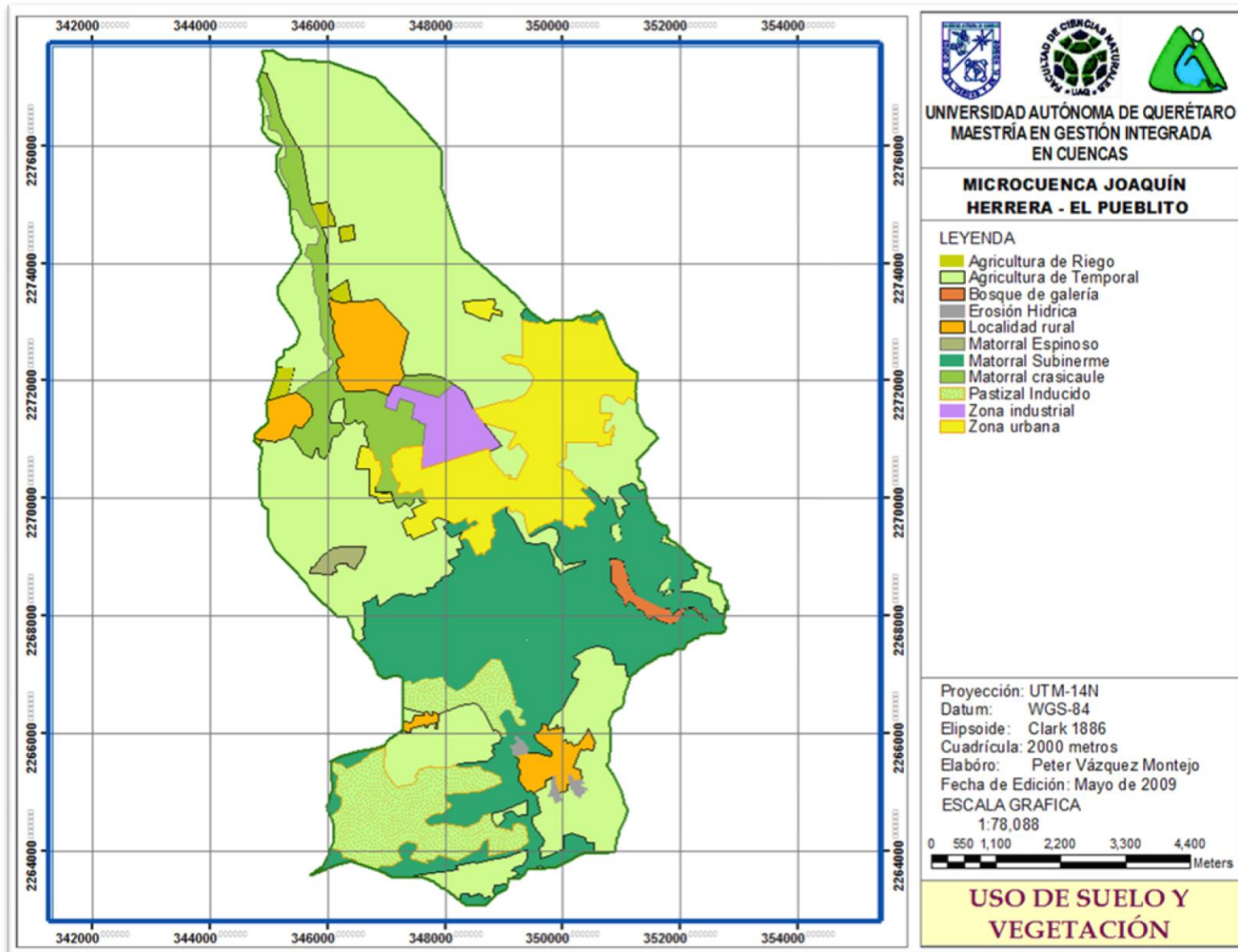


Figura 3.2. Mapa actual de Uso de Suelo y Vegetación de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.

3.4. FAUNA

Entre los mamíferos existen todavía zorrillos, tlacuaches, tlacomiches, tejones, tuzas y onzas, así como liebres, conejos y ratones. Hay también reptiles como: víbora chirrionera, ceniza, cascabel, coralillo, alicante y aún algunas muy pequeñas como la agujilla y las lagartijas. Del mismo modo, subsisten aves como: gorriones, calandrias, cenizontes, jilgueros, torcazas, shitos, chillones, golondrinas, urracas, colorines y filomenos.

3.5. EDAFOLOGÍA

Las unidades que más extensión superficial ocupan dentro de la microcuenca son los **Vertisoles** se encuentran en planicies acumulativas – conocidas como “bajíos” en la región– de la zona centro-sur del estado. Estos se caracterizan por las grietas anchas y profundas que les aparecen en época de sequía, provocadas por su alto contenido de arcilla expandible. Se trata de suelos fértiles, de color negro, profundos en general, masivos cuando secos y muy adhesivos cuando están húmedos. Se utilizan principalmente para agricultura de riego, son altamente productivos con cultivos de forrajes, granos y hortalizas. El acelerado crecimiento de las ciudades y de la industria ha provocado que el uso agrícola de estos suelos vaya disminuyendo gradualmente.

Los **Litsoles** su principal característica es que tienen un espesor menor a los 10 cm y descansan directamente sobre el estrato rocoso o tepetate.

Se localizan en zonas montañosas de fuertes pendientes y en algunas otras áreas, principalmente aquellas desmontadas para su incorporación a la agricultura de temporal o el pastoreo, cuestión que ha contribuido a incrementar la erosión y disminuir la profundidad del suelo.

Características y Uso del Suelo

La región pertenece al período Cuaternario; su composición es de conglomerados areniscos. El tipo de suelo predominante es de textura pesada y en la mayoría de lomas y cerros se localiza la clase geosen-háplico. El 60% del territorio municipal es agrícola y se utiliza para la siembra de cultivos de temporal;

el 15% se ocupa en viviendas; el 15% para comercio; el 3% para industria y el 7% para oficinas y espacios públicos.

3.6. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Se aprecia que el Estado de Querétaro de Arteaga de 1990 a 2005 ha tenido un aumento poblacional del 65%, el municipio de Corregidora un 42% y la microcuenca “Joaquín Herrera – El Pueblito” un 51% aproximadamente.

En 2000 la microcuenca contaba con el 3.1% del total de la población del Estado de Querétaro de Arteaga, y con el 59.2% del municipio de Corregidora y con el 3.3% del total de la población del Estado de Querétaro de Arteaga, y con el 51.3% del municipio de Corregidora.

3.6.1. Demografía

El Estado de Querétaro de Arteaga tiene una población total de 1,598,139 habitantes, y el municipio de Corregidora, cuenta con una población de 104,218 habitantes, con una distribución por sexo de 50,583 de hombres y 53,635 de mujeres, es decir el 48.5% son de sexo masculino y el 51.4% femenino. Mientras que en la microcuenca “Joaquín Herrera–El Pueblito”, existe una población total de 53,473 individuos con una distribución por sexo de 25,805 hombres y 27,547 mujeres, que esto equivale al 48.2% y 51.5% respectivamente (INEGI, 2005).

Tabla 3.2. Comparativa de la población total estatal y municipal con la de la microcuenca.

POBLACIÓN TOTAL			
Estado/Municipio/Microcuenca	2005	2000	1990
Querétaro	1598139	1404306	1051235
Corregidora	104218	74558	43775
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	53473	44195	27601

Fuente: INEGI 2005, 2000 y 1990.

Los censos del año 2005, 2000 y 1990, se observa que el Estado de Querétaro de Arteaga ha tenido un aumento poblacional del 65% aproximadamente, el municipio de Corregidora un 42% y la microcuenca “Joaquín Herrera–El Pueblito” un 51% aproximadamente, esto debido a que las zonas urbanas han crecido, se han desarrollado unidades habitacionales en los ejidos, y en las zonas alejadas del sector urbano han sufrido una disminución en su

población, tal es así que en las partes altas de la microcuenca se han señalado nuevas localidades, sin embargo cuentan con menos de diez habitantes cada una.

Tabla 3.3. Población total estatal, municipal y microcuenca.

Población por sexo		
Estado/Municipio/Microcuenca	Masculina	Femenina
Querétaro	772759	825380
Corregidora	50583	53635
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	25805	27547

Fuente: INEGI, 2005.

Como se puede observar en el Tabla 3.3 la distribución de la población por sexo es constante, es decir hay un patrón proporcional la de la microcuenca con la del municipio y el Estado. Ya que en hombres el porcentaje municipal es menor que en el de las mujeres, existiendo tanto en el municipio como en la microcuenca una mayor proporción de mujeres.

Población de la Microcuenca “Joaquín Herrera–El Pueblito”

Dentro de la microcuenca existen 47 comunidades las cuales hay una gran disparidad de población ya que por un lado existen comunidades que concentran una gran cantidad de habitantes y hay otras con una población equitativamente pequeña.

Dentro de la microcuenca, al 2005 se registraron 13 comunidades que, hasta el censo de 2000 no existían, estas son: Noviciado Marianista, Las Pirámides, Valle Los Pinos, Santuario El Cerrito, Colonia Doctores, Familia López López, Pozo Cuatro, Bomba Trinidad, Familia Madrigal, Familia Alcocer Erbach, Cabaña y Familia Gutiérrez Méndez, Rancho los Arrayanes, Lomas de Zaragoza (**Ver Anexo I**).

Hay comunidades con mayor población dentro de la microcuenca las cuales son: El Pueblito en primer lugar con 44,305 habitantes, que equivale al 82.8 % aproximadamente, seguido por Las Pirámides con 1,592 habitantes, el 2.9 % aproximadamente, Joaquín Herrera con 1,209 habitantes el 2.2 %

aproximadamente y Lourdes con 964 habitantes los cuales equivalen el 1.8 % del total de la población de la microcuenca.

3.6.2. Vivienda

La microcuenca tiene un total de 11,891 viviendas habitadas, de las cuales 11,849 son particulares y se encuentran ocupadas por un total de 52,965 personas.

El promedio de ocupantes por vivienda particular en la microcuenca es de 4.42%, porcentaje igual al que tiene el Estado de Querétaro de Arteaga, y es casi el mismo al del Municipio de Corregidora ya que cuenta con el 4.27% de ocupantes por vivienda habitada. Lo que quiere decir que en su mayoría de las viviendas habitan familias ya que tienen entre cuatro y más habitantes.

Tabla 3.4. Total de viviendas habitadas por Estado, Municipio y Microcuenca.

Estado/Municipio/ Microcuenca	Población Total	Viviendas Habitadas	Viviendas Particulares Habitadas	Ocupantes de viviendas Habitadas	% Ocupantes en viviendas particulares hab	% Ocupantes por cuatro
Querétaro	1598139	360212	359953	1591968	4.42	1.12
Corregidora	104218	24295	24273	103731	4.27	0.93
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	53473	11891	11849	52965	4.42	1.35

Fuente: INEGI, 2005.

De las 11,891 viviendas, 11,223 cuentan con un piso distinto al de tierra y 768 con piso de tierra, es decir, solo el 6.8% del total de las viviendas no tienen un piso distinto al de tierra. Esto equivale al 46.1% del total de las viviendas con piso distinto de tierra en el Municipio, es decir, la mayoría de la población de la microcuenca tiene este tipo de suelo en su vivienda.

Tabla 3.5. Total de viviendas con piso de tierra y distinto a tierra por Estado, Municipio y Microcuenca.

Estado/Municipio/Microcuenca	Población Total	Viviendas Habitadas	Viviendas Particulares Habitadas	Piso distinto a Tierra	Piso de tierra
Querétaro	1598139	360212	359953	320100	27486
Corregidora	104218	24295	24273	22419	808
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	53473	11891	11849	11223	768

Fuente: INEGI, 2005.

En la parte alta de la microcuenca, es decir, hacia Joaquín Herrera, el 12% de las viviendas aún tienen piso de tierra, mientras que en la parte baja solo es el 6.2%.

Tabla 3.6. Total de viviendas con piso de tierra y distinto a tierra por Microcuenca El Pueblito y Joaquín Herrera.

Microcuenca	Población Total	Viviendas Habitadas	Viviendas Particulares Habitadas	Ocupantes de viviendas Habitadas	Piso distinto a Tierra	Piso de tierra
El Pueblito	51405	11469	11428	50903	21724	714
Joaquín Herrera	2068	422	421	2062	361	54

Fuente: INEGI, 2005.

El 41.5% de las viviendas habitadas dentro de la microcuenca, cuentan con solo un dormitorio y el 19.3% con dos y más dormitorios; el 6.7% de las viviendas tienen solo un cuarto, el 18.4% cuenta con dos cuartos y el 84.7% del total de las viviendas habitadas dentro de la microcuenca tienen tres o más habitaciones.

Tabla 3.7. Numero de dormitorios a nivel Estatal, Municipal y por Microcuenca.

Estado/Municipio/Microcuenca	Con 1 dormitorio	Con 2 y más dormitorios	Solo 1 cuarto	2 cuartos	3 y más cuartos	Ocupantes de viviendas Habitadas
Querétaro	97894	250439	18918	53867	275548	1591968
Corregidora	5150	18129	806	2219	20254	103731
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	4938	2304	802	2197	10077	52965
El Pueblito	4736	2090	724	2090	19692	50903
Joaquín Herrera	202	214	78	107	231	2062

Fuente: INEGI, 2005.

3.6.3. Escolaridad

En materia de educación, el municipio de Corregidora ha tenido un incremento muy importante en las dos últimas décadas, tanto en lo que se refiere a calidad como en lo referente a cantidad.

La infraestructura educativa en la microcuenca Joaquín Herrera ha permitido que de los 2,117 habitantes, población de 6 años o más, está en condiciones de ser alfabetas 1,950 de ellos saben leer y escribir, lo que representa

el 92.1% contra un 7.9% de población analfabeta y tiene un grado promedio de escolaridad 4.12. La microcuenca El Pueblito tiene 42,078 habitantes, de las cuales 40,306 son alfabetas, lo que representa 95.8% contra un 4.2% de población analfabeta y lo cual tiene un grado promedio de escolaridad de 7.45.

Tabla 3.8. Porcentaje de analfabetismo que existe en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.

Microcuenca	Población	Población analfabeta de 15 y más años	(%)
Joaquín Herrera	2,117	167	7.9
El Pueblito	42,078	1,772	4.2

Fuente: INEGI, 2000.

3.6.4. Población Económicamente Activa

La población económicamente activa en la microcuenca Joaquín Herrera alcanza 446 personas; que representan el 22.01% del total de la población, de las cuales el 93.6% se encuentra trabajando y el 6.4% se encuentra desocupada (INEGI, 2000).

Con el Censo General de Población y Vivienda INEGI 2000 la población económicamente activa en la microcuenca El Pueblito alcanza 16,125 personas; que representan el 38.3% del total de la población, de las cuales el 98.7% se encuentra trabajando y el 1.3% se encuentra desocupada.

Tabla 3.9. Población Económicamente Activa de la Microcuenca Joaquín Herrera - El Pueblito.

Sector	Microcuenca Joaquín Herrera		Microcuenca El Pueblito	
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje
Población ocupada en el sector primario	95	19.1	537	3.4
Población ocupada en el sector secundaria	188	37.8	5550	34.9
Población ocupada en el sector terciaria	191	38.4	9067	57.0
No especificado	24	4.8	758	4.8

Fuente: INEGI, 2000.

3.6.5. Salud

Del censo 2005 se desprende que un total de 18,922 personas no reciben ningún tipo de servicio médico, lo que equivale al 38% de la población total del

mismo; el 60% de la población recibe algún tipo de servicio, es decir un aproximado de 32,086 habitantes, los cuales se dividen de la siguiente forma: 27,462 se encuentran inscritos en Instituto Mexicano del Seguro Social, es decir un 51.3% de la población total de la microcuenca y un 85.5% del total de los que sí reciben algún tipo de asistencia médica; 2,056 personas se encuentran inscritas al ISSSTE, lo que equivale al 3.8% del total de la población y el 6.4% de las personas que tienen derecho a algún servicio médico; 129 personas inscritas al Seguro Popular, lo que equivale al 0.2% de la población total de la microcuenca y el 0.4% de los que tienen algún tipo de asistencia médica.

La población de la microcuenca, un 60 % recibe algún tipo de servicio médico, de los cuales el 3.8 % el ISSSTE, 51.3% IMSS y 0.2% Seguro Popular.

Tabla 3.10. Acceso al servicio de salud por Estado, Municipio y Microcuenca.

Salud						
Estado/Municipio/ Microcuenca	Población Total	Sin Derecho	Con algún Derecho	Inscritos al IMSS	Inscritos al ISSSTE	Inscritos al Seguro Popular
Querétaro	1598139	738539	808068	628679	62367	90030
Corregidora	104218	40470	59405	51806	4225	174
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	53473	20423	32086	27462	2056	129

Fuente: INEGI, 2005.

Es importante destacar que, en la comunidad de El Pueblito tiene más del 80% de la población total de la microcuenca, y donde, de 44,305 habitantes, 16,181 no cuentan con ningún tipo de asistencia médica, es decir el 36.5%.

Todas estas comunidades se encuentran alrededor de la mancha urbana, lo que tiene relevancia al encontrar que las comunidades que se localizan en la parte alta de la microcuenca, más del 50% de su población no cuenta con ningún tipo de asistencia médica.

Tal es el caso de: Joaquín Herrera que de 2109 habitantes, 864 no cuentan con asistencia médica, es decir, el 71%; Loma de la Cruz de 1209 habitantes, 864 no tiene este servicio, es decir el 71.4% de su población; San Francisco es el 84.5% que no cuenta con éste ya que de 284 habitantes solo 40 de estos cuentan con servicio médico y 240 no. Es decir, en la zona alta, si bien

cuenta solamente con el 3.8% de la población total de la microcuenca “Joaquín Herrera –El Pueblito”, es la zona donde se localiza mayor grado de marginación en torno a la posibilidad de acceder a algún tipo de servicio médico, tomando en consideración que el hospital más cercano se encuentra en El Pueblito (**Ver Anexo III**).

3.6.6. Servicios

De las 11891 viviendas habitadas dentro de la microcuenca, 11,345 cuentan con excusado, 10,609 cuenta con agua entubada, 11,323 tienen drenaje, 315 no cuentan con drenaje y 11,469 viviendas habitadas cuenta con energía eléctrica, 11223 con piso distinto de tierra, 768 cuentan con piso de tierra; 10,724 tienen refrigerador, 126 no cuenta con algún bien, 11,400 cuenta con televisión y 9,239 cuenta con lavadora (INEGI, 2005).

Tabla 3.11. Datos del Estado, Municipio y Microcuenca referentes a los servicios de drenaje, energía eléctrica y agua entubada.

Estado/Municipio/Microcuenca	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con agua, luz y drenaje	Sin agua, luz, drenaje
Querétaro	302913	42418	336696	283246	4897
Corregidora	22388	824	22963	20825	63
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	11323	315	11469	10425	53
El Pueblito	11014	210	11084	10178	36
Joaquín Herrera	309	105	385	247	17

Fuente: INEGI, 2005.

De la cuenca alta, es decir de la zona de Joaquín Herrera el 76.5% cuenta con excusado y en toda la microcuenca, el 95.4% también cuenta con este servicio, el 1% de las viviendas no cuentan con ningún bien y el 95% cuenta con drenaje.

El 89.2% de las viviendas cuentan con agua entubada y solo el 8.7% no cuenta con este servicio.

Tabla 3.12. Datos del Estado, Municipio y Microcuenca, referente al tipo de vivienda y servicios de excusado y agua.

Estado/Municipio/ Microcuenca	Población Total	Viviendas Habitadas	Viviendas Particulare s Habitadas	Con excusado	Con Agua entubada	Sin Agua entubada
Querétaro	1598139	360212	359953	309706	314720	32661
Corregidora	104218	24295	24273	22454	21442	1781
Microcuenca "Joaquín Herrera – El Pueblito"	53473	11891	11849	11345	10609	1036
El Pueblito	51405	11469	11428	11022	10300	929
Joaquín Herrera	2068	422	421	323	309	107

Fuente: INEGI 2005.

CAPITULO 4. METODOLOGÍA

La presente investigación se circunscribe en el diseño del método para estimar la captación de agua de la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito, Corregidora, Qro. y la determinación del valor económico que representa para la región.

4.1. CARTOGRAFÍA Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mediante el uso de las ortofotos digitales F14C65E2, F14C65E4, F14C65F3, F14C75B2 y F14C75C, escala 1:40,000, proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) y Datum: ITRF 92, Cartas topográficas F14C65 y F14C75, escala 1:50,000, y la aplicación del Software ArcView 3.2, Arc Gis 9.3, Autocad Map 2005 y Google Earth, se delimito el área de interés: forma y área de la cuenca, ubicación de poblaciones, caminos existentes, flujos y cuerpos de agua, uso de suelo, unidades edafológicas y geológicas, tipo de vegetación, área de cada unidad de clasificación, porcentaje de cobertura y pendiente.

4.2. MEDICIÓN DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA

Se obtuvo el valor de cada uno de los parámetros morfométricos, que son fundamentales en el estudio de manejo de cuencas ayudan a conocer de que manera se comporta el flujo hídrico superficial, el cual está estrechamente relacionado con las características fisiográficas tales como: el área de drenaje, la elevación media de la microcuenca, pendiente ponderada, sistema de corrientes, etc.

4.3. BALANCE HÍDRICO

Para el cálculo de este factor hidrológico, se estableció la formula que toma los variables del ciclo hidrológico para realizar la distribución del agua, basado en la publicación de Lee (1980) y Chang (2003), donde:

$$BH = P - (Int + Ev + E + Inf + Es)$$

Donde:

BH: Balance Hídrico

P: Precipitación

Int: Intercepción (mm), por dosel y suelo forestal

Ev: Evapotranspiración (mm/año), Evaporación+Transpiración

E: Escurrimiento Superficial (m³/ha)

Inf: Infiltración (mm/hr o día)

Rs: Recarga Subterránea (mm/hr, mm/día o cm/hr, cm/día)

El cálculo de estos parámetros, pero se establece una metodología adoptada de las fuentes bibliográficas consultadas, y ajustada a la condiciones de la microcuenca.

4.3.1. Precipitación

Este es el más relevante de los componentes de la fórmula del Balance Hídrico, representa la principal entrada de agua en una cuenca o microcuenca. Su importancia radica en la forma de suministro natural de agua a los ecosistemas, condicionando la vida de los organismos y el desarrollo de las actividades humanas (agrícolas, económicas, industriales, etc.).

Las variables que se tomaron en cuenta para la estimación de la precipitación fueron los siguientes:

- ✓ Precipitación.
- ✓ Número total de eventos, con precipitación efectiva en un periodo de tiempo (tormentas).
- ✓ Numero de eventos extremos (existencia probable de inundaciones).

4.3.2. Intercepción de la precipitación

La intercepción de la lluvia, es la parte de la precipitación que queda retenida en el estrato forestal, cuantitativamente ésta es la diferencia entre la precipitación (P), y la suma de la precipitación directa, y el escurrimiento por tallos y/o ramas (S) (Lee, 1980).

$$I_c = P - T_s$$

Donde:

I_c : Intercepción del dosel (mm).

P: Precipitación (mm).

T: Precipitación directa, aquella que alcanza el suelo forestal.

S: Escurrimiento por tallos y/o ramas (mm).

4.3.3. Infiltración

Es la porción de precipitación que finalmente es absorbido por el suelo mineral, su valor potencial es la precipitación efectiva (P_e), éste valor se obtiene en la fórmula propuesta por Lee (1980).

$$P_e = T + (S - I_f)$$

Donde:

P_e : Precipitación efectiva (mm).

T: Precipitación directa.

S: Flujo de agua por tallos y/o ramas.

I_f : Intercepción del suelo forestal.

No es fácil medir la infiltración, al igual que la recarga subterránea, por lo que generalmente los valores de estos componentes del Balance Hídrico, se determina por la diferencia de la precipitación, menos la intercepción, evapotranspiración y el escurrimiento superficial.

4.3.4. Evapotranspiración real

Ortiz (1984) menciona que la evapotranspiración potencial (ETP) es determinada como 0.8 por la Evaporación pues se considera que la ETP es reducida en un 20% por la evaporación por la evaporación del lugar.

La formula de Thornthwaite por Llorente en 1961, es la más apropiada para determinar la ETP, a comparación de la formula de Turc que propone Custodio (1983) y para el cálculo de la ETR se aplico el método Blaney-Criddle.

Se obtuvieron datos de precipitación y temperatura mensual de la estación meteorológica Batan (Clave: 22004 de la CNA), con datos de 1965 a 2003, los cuales se utilizaron en el cálculo de la ETP y ETR utilizando la formula y

método antes mencionados que fueron adaptados para las condiciones de México, contemplando las siguientes variables:

- Precipitación media mensual (mm)
- Temperatura media mensual (°C)
- Tipo de vegetación (bosque, pastizal y agricultura)
- Tipo de suelo
- Latitud
- Propiedades físicas del suelo tales como: Textura, estructura y profundidad
- Porcentaje de horas de sol por mes

Para el cálculo del Coeficiente Ponderado de Evapotranspiración, se dividió el valor de la ETR entre la ETP.

4.3.5. Escurrimiento Superficial

Representa la suma de gastos de agua de las corrientes superficiales, captadas por los cauces de arroyos y ríos. La escorrentía está en función de la intensidad y duración de la lluvia, del tipo de vegetación y propiedades físicas del suelo (Sánchez, 1987).

Este componente del Balance Hídrico con el Método de Curvas Numéricas establecido por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, y adoptado recientemente por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el 2004, es un método sencillo de aplicarse para mediciones de escorrentía.

Las variables que usa el método para obtener valores de escurrimiento medio son: la textura, cobertura total, condición hidrológica del suelo y omite la pendiente.

Para obtención del cálculo del Coeficiente Ponderado de Escurrimiento a través del Método de Curvas Numéricas del Servicio de Conservación de Suelo de los Estados Unidos se usaron variables tales como:

- Precipitación (Número de eventos en determinado tiempo)
- Tipo de vegetación (bosque , pastizal y agricultura)

- Tipo de suelo (textura y estructura)
- Cobertura (%)

4.3.6. Recarga Subterránea

Quizá esta es la más difícil de estimar junto con la infiltración, pues están íntimamente relacionados, ya que una porción del agua infiltrada termina formando parte de los mantos freáticos, volviéndose agua disponible para el consumo de las actividades humanas, la cual se obtiene a través de la perforación de pozos.

Conociendo la cantidad de agua extraída en un periodo anual, este valor se toma como valor del agua que está disponible en el acuífero y se considera como la cantidad de recursos hídrico disponible para recarga subterránea siempre y cuando el nivel estático y dinámico se mantenga o inclusive este último se eleve.

La estimación de la recarga subterránea generalmente se estima por la diferencia de todos los componentes del Balance Hídrico como se presenta a continuación:

$$Rs = P - (Int + Ev + E)$$

La precipitación, vegetación (densidad de cobertura), geología, extracción de agua a través de pozos y la practicas de manejo realizadas son variables que se formaran en cuenta para estimar la recarga subterránea.

4.4. VALORACIÓN ECONÓMICA-ECOLÓGICA DE SERVICIOS HIDROGRÁFICOS

La valoración económica–ecológica de servicios ambientales hídricos, responde a la necesidad de mantener ecosistemas de valor hídrico para la provisión del recurso en cantidad y calidad.

Para la valoración del agua como servicio ambiental ofrecido por los bosques se tomo en cuenta el valor de la productividad de los bosques en función de la captación (valor de uso directo) de agua, además de otros servicios ambientales (captación de CO₂, belleza escénica, biodiversidad y ecoturismo o recreación). El aumento de la cobertura boscosa implica un costoso de sustitución (costo de oportunidad), por la renuncia a los ingresos potenciales que generaría

otra actividad económica en esas tierras (aprovechamiento maderable m³/ha, no maderable: extracción de musgo y heno, agricultura de temporal). Esto implica la compensación a los dueños de las tierras con un monto igual o superior a su costo de oportunidad para que dedique a sus tierras a la protección y conservación de cuencas (Barrantes y Vega, 2002).

4.4.1. Cuantificación y cálculo de recurso hídrico

El cálculo de las entradas y salidas de agua fue determinado para obtener el Balance Hídrico de la microcuenca. Como primer paso obtener una valoración económica – ecológica de los servicios hidrográficos, mediante la internalización del valor servicio hídrico como consumo de producción en la diferentes actividades socioeconómicas del lugar tales como consumo domestico, comercio (hoteles, restaurantes, florerías, carnicerías, panaderías, cremerías, etc.) e industria, la agricultura no se considera ya que ésta es de temporal.

4.4.2 Cuantificación y cálculo de la oferta hídrica

El recurso hídrico disponible para diversos usos de las actividades humanas, está determinado por la cantidad de agua precipitada dentro de la microcuenca, aunque no toda el agua pueda ser aprovechada, debido a que es distribuida al momento de ser retenida en el dosel vegetal por efecto de la intercepción, evaporación–transpiración y escurrimiento superficial, dando como resultado un balance hidrológico local.

El cálculo de la oferta hídrica se determina con el agua precipitada anualmente, menos aquella que se intercepta en la vegetación, evapotranspira y escurre superficialmente. El valor del activo del activo hídrico disponible, para ser aprovechado se estimo como se describe a continuación.

$$Ahd = P - (Int + ETR + Es + As)$$

Donde:

Ahd: Activo hídrico disponible m³/año

P: Precipitación total en la microcuenca m³/año

Int: Intercepción por la cobertura vegetal m³/año

ETR: Evapotranspiración Real m³/año

Es: E scorrimiento superficial m³/año

As: Agua suspendida o agua higroscópica

4.5. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE

4.5.1. Diseño del formato de encuesta de la VC

Se elaboró un cuestionario diferente para cada uno de los grupos de análisis de usuarios de los servicios ambientales. La información que fue requerida se puede resumir en el Tabla 4.1. El cuestionario fue elaborado con preguntas cerradas, de tal forma que pudieran contestarlo brevemente, evitando perturbar sus actividades y hacer ágil el proceso.

Tabla 4.1. Información requerida para la encuesta

Tipo de información	Beneficiario
Precio subastado	
Escolaridad	
Edad	
Sexo	
Estado civil	
Ingreso familiar	
Ingreso individual	
Actividad económica	
Calidad percibida	

4.5.2. Muestreo y tamaño de muestra

El método estadístico que se utilizó para extraer el tamaño de muestra en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito, fue el muestreo aleatorio simple (MAS), el cual es muestra a continuación con sus respectivas propiedades.

4.5.2.1. Muestreo aleatorio simple (MAS)

El muestreo aleatorio simple es un método de selección de n unidades en un conjunto de N de tal modo que cada una de las ${}_N C_n$ muestra distintas tengan la misma oportunidad de ser elegida. En la práctica, un muestreo aleatorio simple se realiza unidad por unidad (Cochran, 1984).

Se numera la unidad de 1 a N . posteriormente se extrae una serie de n numero aleatoria o medio de un programa computación que produce una tabla

semejante. En cada extracción, el proceso debe otorgar la misma oportunidad de selección a todos y a cada uno de los números que no hayan salido. Las unidades que llevan estos n números constituyen la muestra (Cochran, 1984).

Fácilmente se verifica que todas las ${}_N C_n$ muestras distintas, tienen la misma oportunidad de ser extraída por este método. Considérese una muestra determinada, es decir, una colecciones de n unidades específicas (Cochran, 1984).

En la primera extracción, la probabilidad de que se seleccione una de estas n unidades es n/N . En la segunda, la probabilidad que se extraiga una de las restantes $(n-1)$ unidades específicas es $(n-1)/(N-1)$, y así sucesivamente. Por lo tanto, la probabilidad de que se extraiga las n unidades especificadas es:

$$\frac{n}{N} * \frac{(n-1)}{(N-1)} * \frac{(n-2)}{(N-2)} \dots \frac{1}{(N-n+1)} = \frac{n!(N-n)!}{(N)!} = 1/{}_N C_n, \text{ como en todas las extracciones}$$

subsecuentes se descarta un número extraído, este método también se llama método muestreo aleatorio sin restitución. El muestreo con restitución es perfectamente factible: en cada extracción todos los N miembro de la población reciben la misma oportunidad de extracción, sin importar el número de veces que se extrajeron antes (Cochran 1984).

El MAS es el esquema más simple de muestreo y en rigor es el que sirve de base para todos los demás. La selección de estas unidades de muestreo se hace extrayendo aleatoriamente una a una las unidades de la población. La mejor manera de lograr esta condición de aleatoriedad en la selección de la muestra es mediante el uso de las tablas de numero aleatorios (Gómez, 1977).

De acuerdo a Gómez (1977) el muestreo aleatorio tiene las siguientes propiedades:

1. La probabilidad de selección para todas y cada una de las unidades de muestreo por elegir, es igual en cada etapa de extracción.
 2. La probabilidad de que una unidad específica de la población sea seleccionada, en cualquier nivel de extracción es igual a la probabilidad de ser seleccionada en la primer extracción, esta es igual a $\frac{1}{N}$.
-

3. La probabilidad de que una unidad cualquiera de la población sea incluida en la muestra, es igual a $\frac{n}{N}$.
4. La propiedad de selección de cada uno de los conjuntos de tamaño n, que constituyen muestras posibles, es igual a $\frac{1}{C_n^N}$.

4.5.2.2. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se presenta con la letra n, que está sujeta a la varianza, índice de confianza y el error.

$$n = \frac{z^2 * \sigma^2}{d^2}$$

Donde:

N=tamaño de la muestra

Z=índice de confiabilidad

σ^2 =varianza

d=limite de error de muestreo, precisión deseada (error estándar).

Según Gómez, 1977 al encontrar casos en que la varianza de la población es desconocida, lo cual es muy frecuente en la práctica. Entonces cuando la varianza poblacional se sigue el siguiente procedimiento. Primero, se extrae una pequeña muestra, que se le llama muestra piloto, con ella se estima la varianza poblacional (σ^2) y con este valor se evalúa en la fórmula (anteriormente mostrada), sustituyendo (σ^2) por su estimación (s^2).

Dado que la varianza de la DAP por Servicios Ambientales Hídricos (SAH), es desconocida, se procede a una estimación con una muestra piloto, lo cual es recomendado por la literatura en muestreo, así que la varianza resultante de la muestra piloto mostro el valor siguiente, $s^2=435$, estimador de la σ^2 de la DAP por SAH en la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito.

En la fórmula también se debe sustituir el valor de Z, el cual se determina a partir del índice de confianza de la muestra, por lo que se procede a las tablas de probabilidades acumuladas (se utilizaron las de Infante y Zarate, 2003), de la

distribución normal estándar, la tabla de el área a la izquierda de un valor de Z o

sea $\int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$. El valor de Z, es el siguiente:

$$\alpha = 0.05 \rightarrow 1$$

$$1 - \alpha = 0.95 \rightarrow 2$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975 \rightarrow 3$$

$$Z = 1.96 \rightarrow 4$$

La muestra se estimó con índice de confiabilidad del 95%, por lo que el valor de Z resultó de 1.96, se consideró un límite de error de \$60.28 pesos, y la desviación estándar resultante de la varianza estimada muestra el valor de 25.66.

$$n = \frac{(435)^2(1.96)^2}{60.28^2} = 200 \text{ encuestas}$$

La población objetivo fueron las viviendas con servicio de agua potable de la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito. El tamaño de la muestra es el siguiente, n=200 encuestas a usuarios de aguas potable, para la valoración ambiental hídrica, en lo que corresponde a la recarga que efectúa la vegetación en los mantos freáticos.

A cada cuestionario se le asignó un número aleatorio de la cantidad monetaria a preguntar para que el entrevistador no tenga sesgos a la hora de hacer la entrevista con los usuarios de los servicios hídricos.

4.5.3. Modelación

Se aplican dos modelos para ver cuál es el más apropiado para esta investigación: el modelo logarítmico y el lineal.

Modelo general logístico se presenta a continuación:

$$P(S_i) = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \varepsilon$$

Donde:

P(S_i)= es la probabilidad de una respuesta positiva de la DAP

X₁= es la cuota determinada

X2= escolaridad

X3= edad

X4= sexo

X5= estado civil

X6= ingreso familiar o individual

X7= sector de empleo

X8= calidad percibida

ε =error

Modelo logarítmico

El primer modelo empírico que se utiliza para analizar la DAP es el siguiente:

$$DAP_{(sino)} = \beta_0 + \beta_1 LOGIF + \beta_2 CUOTA + \beta_3 ESC + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_6 EC + \beta_7 IF \\ + \beta_8 SE + \beta_9 CP + \varepsilon$$

Donde:

DAP= es la probabilidad de una respuesta positiva de la DAP

β = parámetros a estimar

LOGIF= es el logaritmo natural de (donativo-ingreso familiar/donativo)

CUOTA= cuota determinada y elegida aleatoriamente

ESC= escolaridad

EDAD=edad de los entrevistados

SEX=sexo de los entrevistados

EC= estado civil

IF= ingreso familiar

SE=sector de empleo

CP= calidad percibida del agua y servicio

E=error

Significado del modelo

$$DAP_{(sino)} = \beta_0 + LN\left(BID - \frac{IF}{BID}\right) + CUOTA DETERMINADA + ESCOLARIDAD \\ + EDAD + SEXO + ESTADO CIVIL + INGRESO_{FAMILIAR} \\ + INGRESO_{INDIVIDUAL} + SECTOR DE EMPLEO \\ + CALIDAD PERCIBIDA + error$$

Modelo lineal

$$DAP_{(sino)} = \beta_0 + \beta_1 BID2 + \beta_2 CUOTA + \beta_3 ESC + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_6 EC + \beta_7 IF \\ + \beta_8 II + \beta_9 SE + \beta_{10} CP + \varepsilon$$

Donde:

$DAP_{(sino)}$ = es la probabilidad de una respuesta positiva de la DAP

β = parámetros a estimar

BID2 = es el donativo pero se genera en el programa lineal en SAS la variedad negativa, porque presenta la función demanda y en teoría económica la demanda tiene pendiente negativa.

CUOTA = cuota determinada y elegida aleatoriamente.

ESC = escolaridad.

EDAD = edad de los entrevistados.

SEX = sexo de los entrevistados

EC = estado civil.

IF = ingreso familiar.

II = ingreso individual.

SE = sector de empleo.

CP = calidad percibida del agua y servicio.

ε = error.

4.5.4. Ajuste y pruebas del modelo

Cuando la salida de un procedimiento logístico, expresa "Modelo Convergente Status" indica que el método de solución numérica ha convergido (Freund R.J y Littell, 2002). De otra forma los resultados del análisis pueden ser cuestionables.

La leyenda “Model Fit Statistics” indica el ajuste del modelo. Para una explicación completa del significado del Criterio de Información de Akaike (AIC) y el de criterio de información de Schwarz (SC) ver Allison (2002). La última línea (-2LogL) es usada para la Prueba del Ratio de Verosimilitud (Likelihood Ratio Test).

La regresión logística debe cumplir con tres pruebas de bondad de ajuste en el modelo, esta prueba son globales; Likelihood ratio, Score y Wald; en contraparte por Mínimos Cuadrado Ordinarios se aplica la R cuadrada o ajustada, en este procedimiento logístico se tiene que cumplir con las tres pruebas globales. La regla para un 95% de confianza es:

$$p - value < \alpha = 0.05$$

y finalmente la pruebas de hipótesis individuales de las variables explicativas que son el p-value del Chi Squared que aplica que la misma regla de $p\text{-value} < \alpha = 0.05$, para cada parámetro estimado. Una vez generado el modelo y estimados los parámetros se genera las medias y se procede a extraer el valor del servicio ambiental hidrológico.

4.5.5. Signos esperados

Tabla 4.2. Variables incluidas en el modelo empírico.

Variable/ Parámetros	Definición	Unidad/Escala	Signo esperado
LOGIF	-----	-----	Negativo
CUOTA	Precio subastado (donativo)	Pesos por mes por hogar	Negativo
ESC	Escolaridad	Años cursados a partir de la primaria	Positivo
EDAD	Edad	Años cumplidos	Negativo
SEX	Sexo	Hombre=0, Mujer=1	Positivo
EC	Estado civil	Casado=1, soltero=0	Positivo
IF	Ingreso familiar	Pesos por mes por hogar	Positivo
II	Ingreso individual	Pesos por mes por persona	Positivo
SE	Sector empleado	Primario=1, Secundario=2, Terciario=3	Positivo
CP	Calidad Percibida	Cantidad=1, calidad=2, frecuencia=3, dos o más=4	Positivo
LOG	Logaritmo Natural		
β_i	Parámetros a Estimar		
ε	Término de Error Aleatorio		

4.6. POLÍTICAS PÚBLICAS Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Tomando a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento como máximo instrumento regulatorio al sector forestal y preservación de los recursos naturales, se indican aquellos Capítulos y Títulos contenidos en la misma que establecen lineamientos específicos en la conservación y protección de los recursos forestales para el área de estudio. Así como la interacción con la NOM-011-CNA-2000 y la Ley de Aguas Nacionales en términos del cuidado, manejo y aprovechamiento del recurso agua en el país.

CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta la información obtenida del desarrollo de la investigación en la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito, como fuente generadora de bienes y servicios ambientales para la misma microcuenca, siendo ésta dependiente del buen manejo de los recursos presentes en la misma.

5.1. CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A partir del uso de material cartográfico como ortofotos digitales F14C65E2, F14C65E4, F14C65F3, F14C75B2 y F14C75C, cartas topográficas (F14C65 y F14C75), edafológica y geológica, y el uso de Software en Sistemas de Información Geográfica (SIG), como Google Earth, Autocad Map 2005, ArcView 3.2 y Arc Gis 9.3, se caracterizó la zona de estudio (Ver anexos cartográficos), ubicando las principales características a tomar en cuenta: la delimitación de la microcuenca a través de los parteaguas, unidades de clasificación de suelo, poblaciones, caminos y corrientes de agua, obteniendo información como: área de la cuenca, unidades geológicas, edafológicas, red hidrológica, uso de suelo y vegetación.

5.2. MEDICIÓN DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA

Se derivan del desarrollo de las formulas establecidas para calcular cada uno de los parámetros que se consideran en la morfometría comparativa de una microcuenca. Es una serie de cálculos que fueron realizados, omitiendo su desarrollo y presentando únicamente los resultados obtenidos.

Tabla 5.1. Parámetros de la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito.

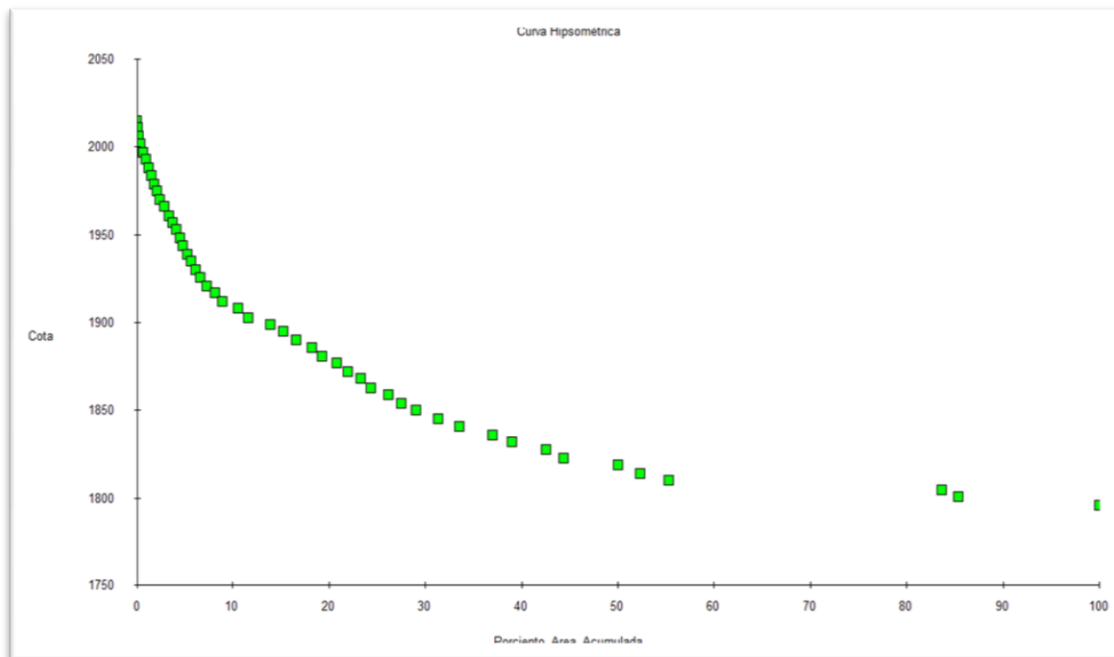
Parámetro	Índice o valor		Unidad
	Joaquín Herrera	El Pueblito	
Área de la cuenca	27793751.904	37618390.7485	m ²
Superficie	2779.375	3761.839	Ha
Perímetro	26402.9830	31552.671	m
Longitud del cauce principal	6870.1562	9590	m
Densidad de corriente	2.0508	2.2330	
Densidad de drenaje	1.1870	1.4985	

Parámetro	Índice o valor		Unidad
	Joaquín Herrera	El Pueblito	
Pendiente del cauce principal	14.7933	3.7229	
Índice de forma	0.5889	0.5040	
Coefficiente de compacidad	1.4123	1.4507	
Altura mínima de la cuenca	1827	1796	msnm
Altura máxima de la cuenca	2220	2016	msnm
Altura media de la cuenca	2028	1838	
Orden de cuenca	4	3	

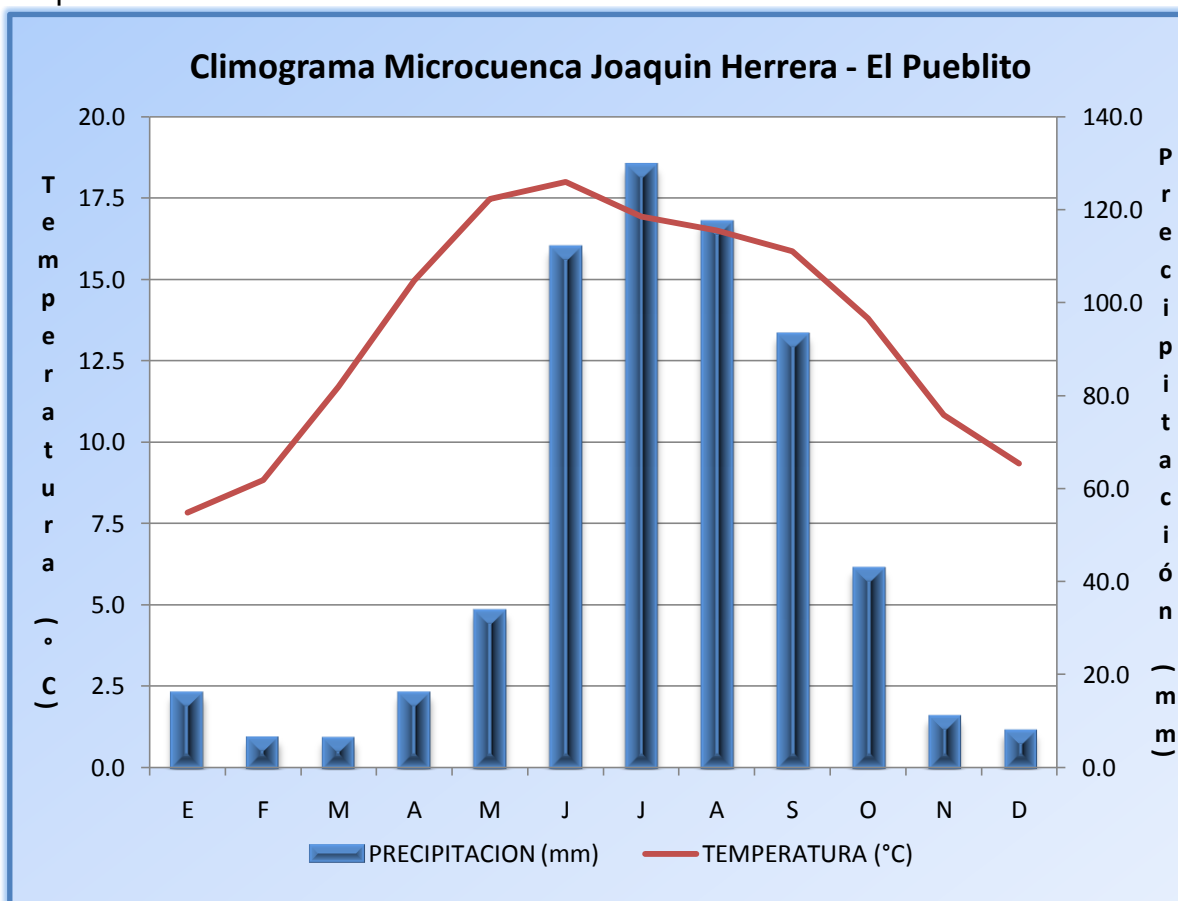
Fuente. Elaboración propia con base a datos obtenidos en DetermHidro.

Los datos obtenidos indican que la microcuenca presenta una forma oval-oblonga por lo que la concentración de los escurrimientos será muy rápida debido a la pendiente ponderada y a la pequeña superficie que presenta, por lo tanto en una precipitación intensa y de corta duración provocará un incremento considerable en los afluentes, lo cual en ocasiones provoca problemas de inundaciones en la población de El Pueblito que se encuentra en la parte baja, debido a las altas concentraciones de agua en un corto periodo de tiempo.

Gráfica 5.1. Curva hipsométrica microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito



Gráfica 5.2. Distribución de la temperatura y precipitación anual de la microcuenca Joaquin Herrera – El Pueblito



Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos en ERIC3.

4.3. COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO

Derivado de la obtención de cada uno sus componentes, este es la base de la distribución del recurso hídrico en la microcuenca, y a partir del cual se puede tomar las decisiones para el manejo de los recursos naturales, tomando como punto de partida el activo hídrico disponible.

5.3.1. Precipitación

El más importante de los componentes pues de aquí se deriva el balance hídrico, la precipitación representa la máxima entrada a la microcuenca, distribuyéndose en cada uno de los componentes del balance hídrico al hacer contacto con el estrato vegetal, suelo y cuerpos de agua.

La precipitación media anual en la zona de la microcuenca, de acuerdo a los datos fue de 592.0 mm (Tabla 5.2), registrándose la estación de lluvias entre los meses de Junio a Septiembre, siendo los mayores registros en el mes de Julio, con una precipitación pluvial media de 129.4 mm.

Tabla 5.2. Precipitación media anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.

Microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito Estación Meteorológica	Meses												Anua l
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
El Batan	14. 7	7. 5	8. 6	19. 6	37. 8	118. 2	153. 8	126. 3	103. 5	42	13. 2	8. 4	653.6
El Pueblito	15	6. 8	6. 3	15. 4	31	117	125. 2	108. 9	95	40	10. 2	8. 1	578.9
Villa Corregidora	18. 4	5	4. 2	13. 3	32. 5	100. 1	109. 3	116. 4	80.9	46. 5	9.6	7. 4	543.6
Joaquín Herrera - El Pueblito	16. 0	6. 4	6. 4	16. 1	33. 8	111. 8	129. 4	117. 2	93.1	42. 8	11. 0	8. 0	592.0

Fuente: CNA y ERIC3.

La precipitación se distribuye, de acuerdo a isoyetas trazadas en la zona, que tiene un comportamiento ascendente conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar, respetando el sistema montañoso y la dirección del viento. La humedad que llega a la zona de estudio proviene de la región del golfo de México, puesto que la dirección de los vientos alisios es de NE-SW (Figura 5.1).

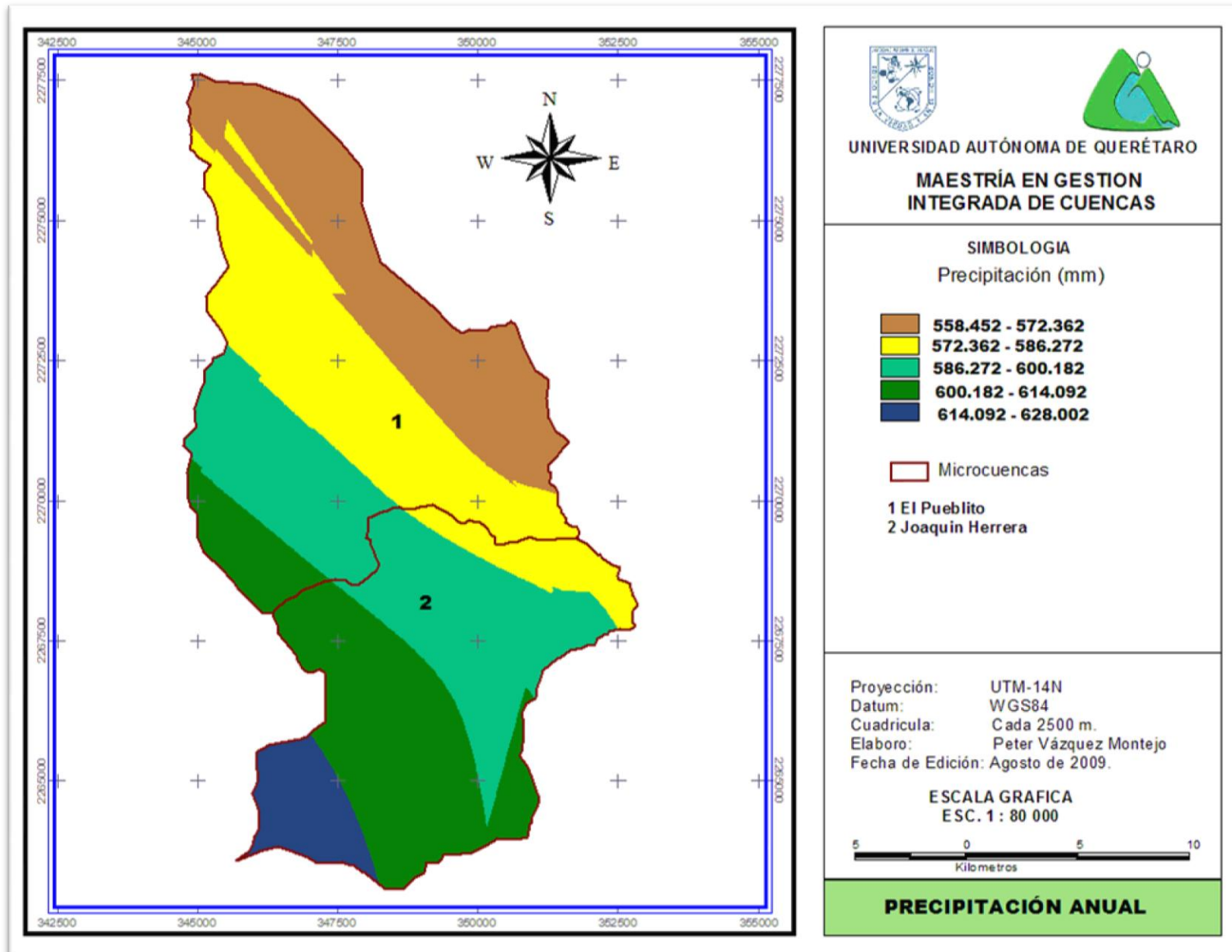


Figura 5.1. Distribución de la precipitación anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito

5.3.2. Evapotranspiración Potencial

Ya que la evapotranspiración potencial se obtiene a partir de la temperatura, duración de la insolación, humedad relativa y la velocidad del viento, a continuación se muestra el comportamiento de cada una de estas variables. En cuanto a la temperatura, se observa que en los meses más fríos en la microcuenca se presentan de diciembre a febrero, con temperaturas medias mensuales que van de los 10 a los 13°C. Los meses más calurosos son de mayo a agosto, teniendo temperaturas medias mensuales de 13 a 20 °C (Figura 5.2).

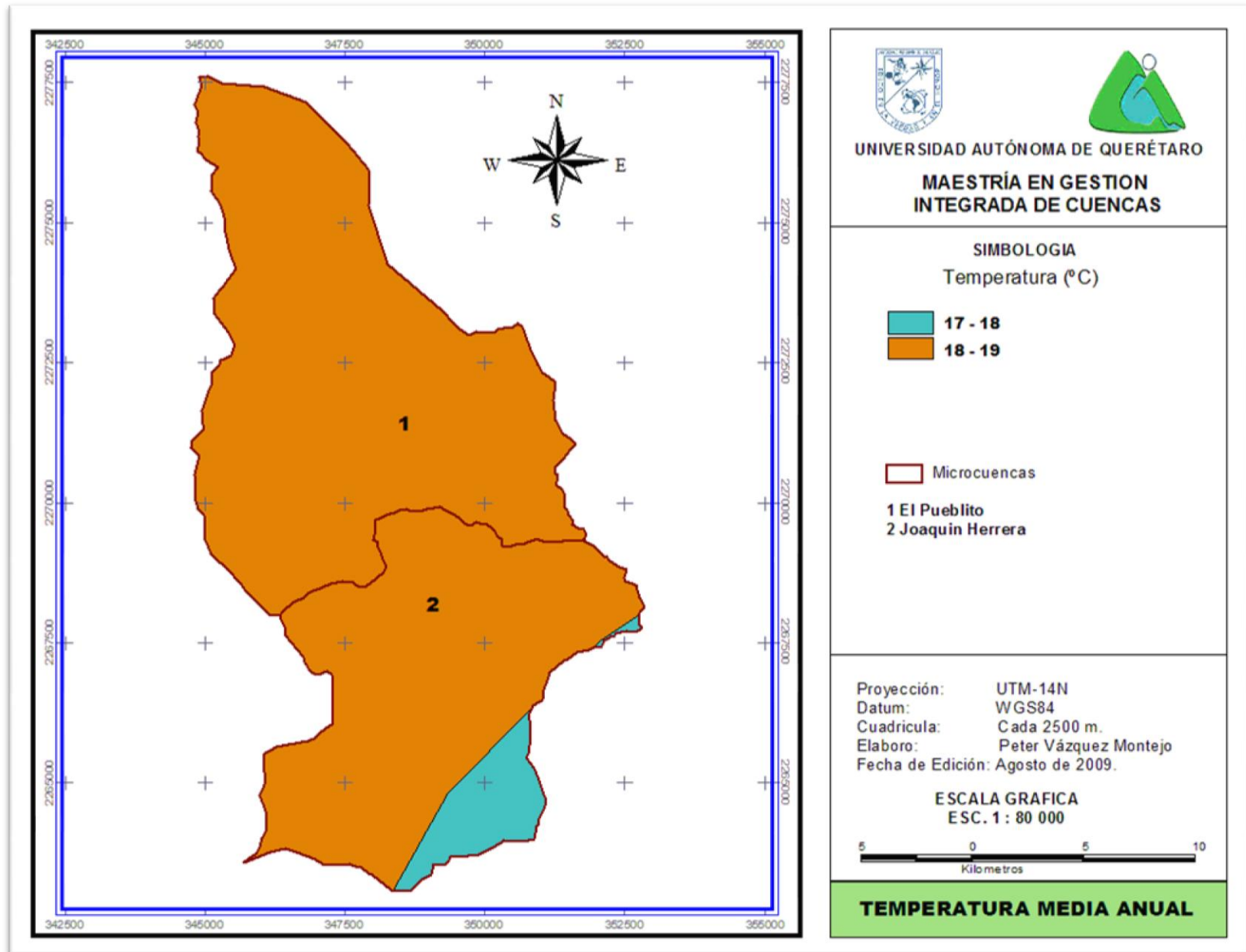


Figura 5.2. Temperatura media anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito

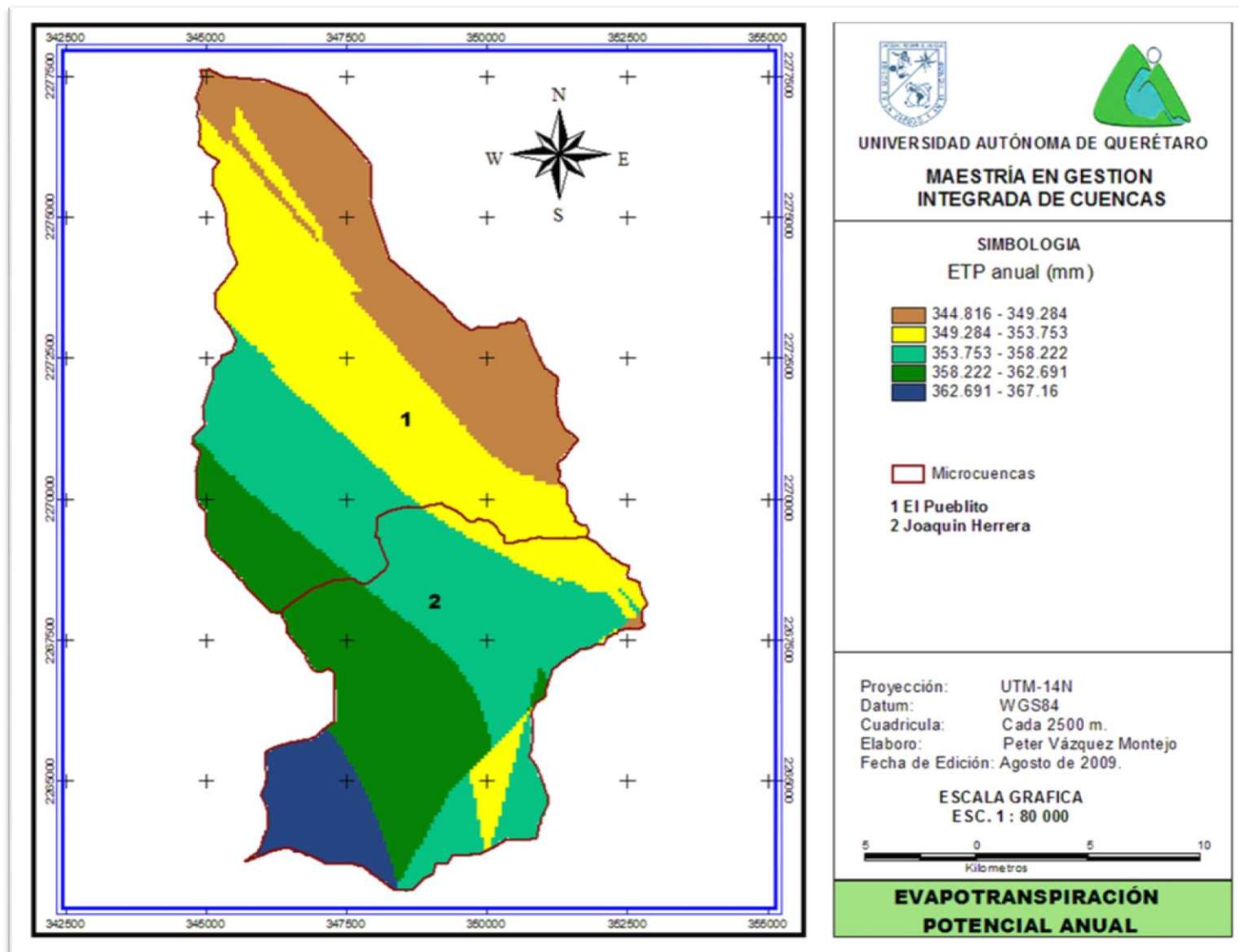


Figura 5.3. Mapa de Evapotranspiración Potencial Anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito

5.3.3 Escurrimiento Superficial

El escurrimiento superficial fue determinado a través del Método de Curvas Numéricas propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) en 1972, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y adoptado por la comisión nacional Forestal en el año 2004.

El escurrimiento de acuerdo con Martínez (1985) está en función del grupo, textura y uso del suelo, y la condición hidrológica, ésta última, determinada por el tipo y la densidad de la cubierta vegetal. El escurrimiento medio anual obtenido se muestra en la Figura 5.4.

Según la NOM-011-CNA-2000, para obtener el volumen anual de escurrimiento, al multiplicar el coeficiente de escurrimiento por la media ponderada de la precipitación o lámina media anual de lluvia (en metros), por la superficie (m²), obteniendo un volumen total de agua que cae como precipitación en la microcuenca expresado en m³/año

El volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca se determina con la siguiente expresión:

VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA	=	PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA	*	AREA DE LA CUENCA	*	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (Ce)
---	---	----------------------------------	---	-------------------	---	-----------------------------------

La Precipitación anual de la cuenca= **0.591 m**.

El Área de la microcuenca Joaquín Herrera –El Pueblito= **65, 728,624.769 m²**.

Coeficiente de escurrimiento (Ce)= **0.082**

Volumen anual de escurrimiento natural de la microcuenca= **3,198,102.209 m³**.

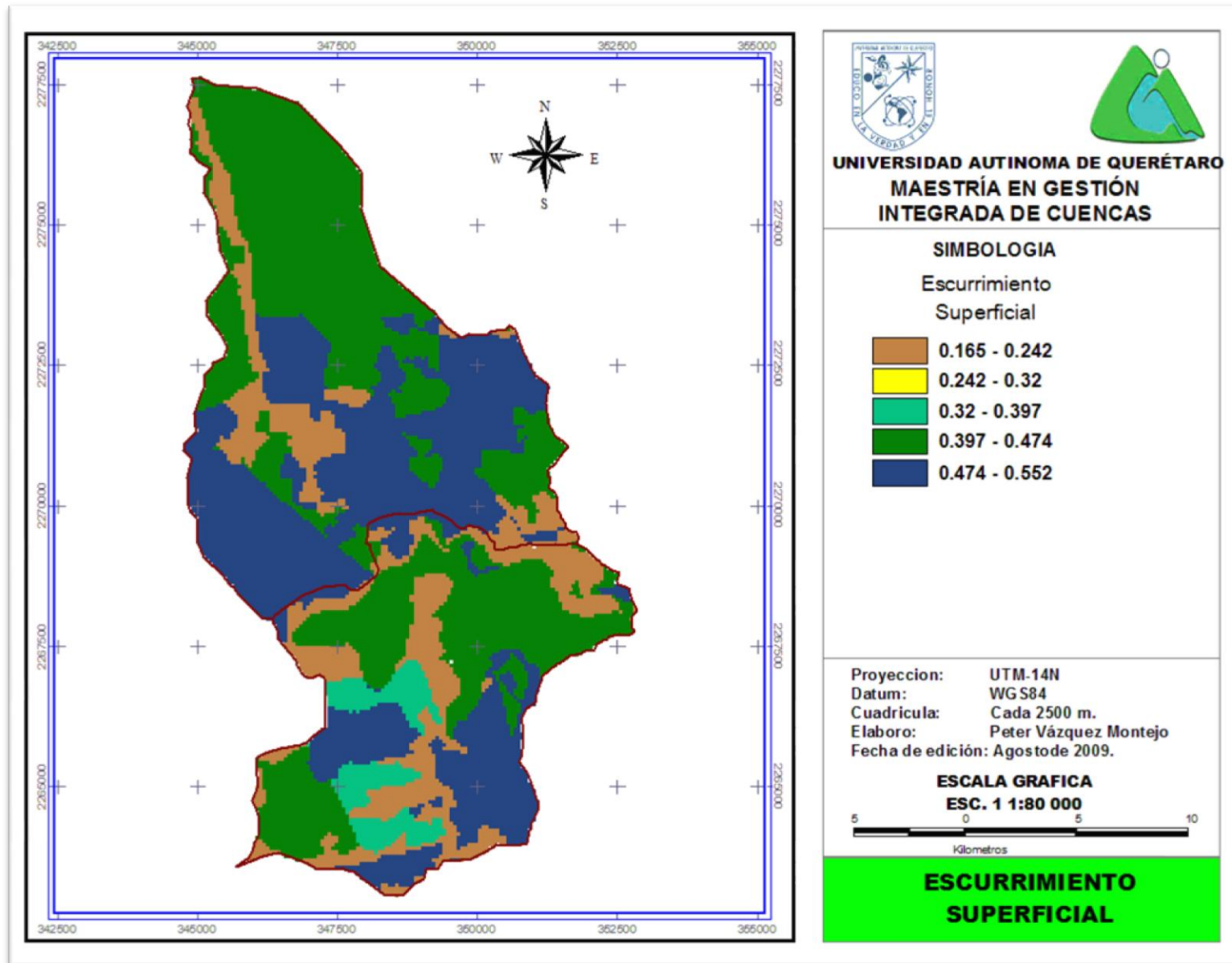


Figura 5.4. Mapa de Escurrimiento Superficial en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito.

5.3.4. Infiltración

La infiltración se presenta principalmente en la parte alta de la microcuenca, en el que ostenta la mayor PP y en donde la vegetación cubre al suelo del golpeteo de las gotas de lluvia (Figura 5.5).

Los resultados muestran que el rango de 400 a 500 mm/anuales, son los valores más altos estimados, lo cuales se ubican en la parte del cauce y donde hay vegetación riparia.

Ahora, se obtendrá la **infiltración** en la microcuenca. La **infiltración total** I_t se define de acuerdo con la ecuación:

$$I_t = (1 - C) P$$

El coeficiente de escurrimiento es de = **0.082**

La precipitación media en la microcuenca es de = **591.20 mm**

Aplicando la formula tenemos

$$I_t = (1 - 0.082 - 591.20)$$

$$I_t = 542.540$$

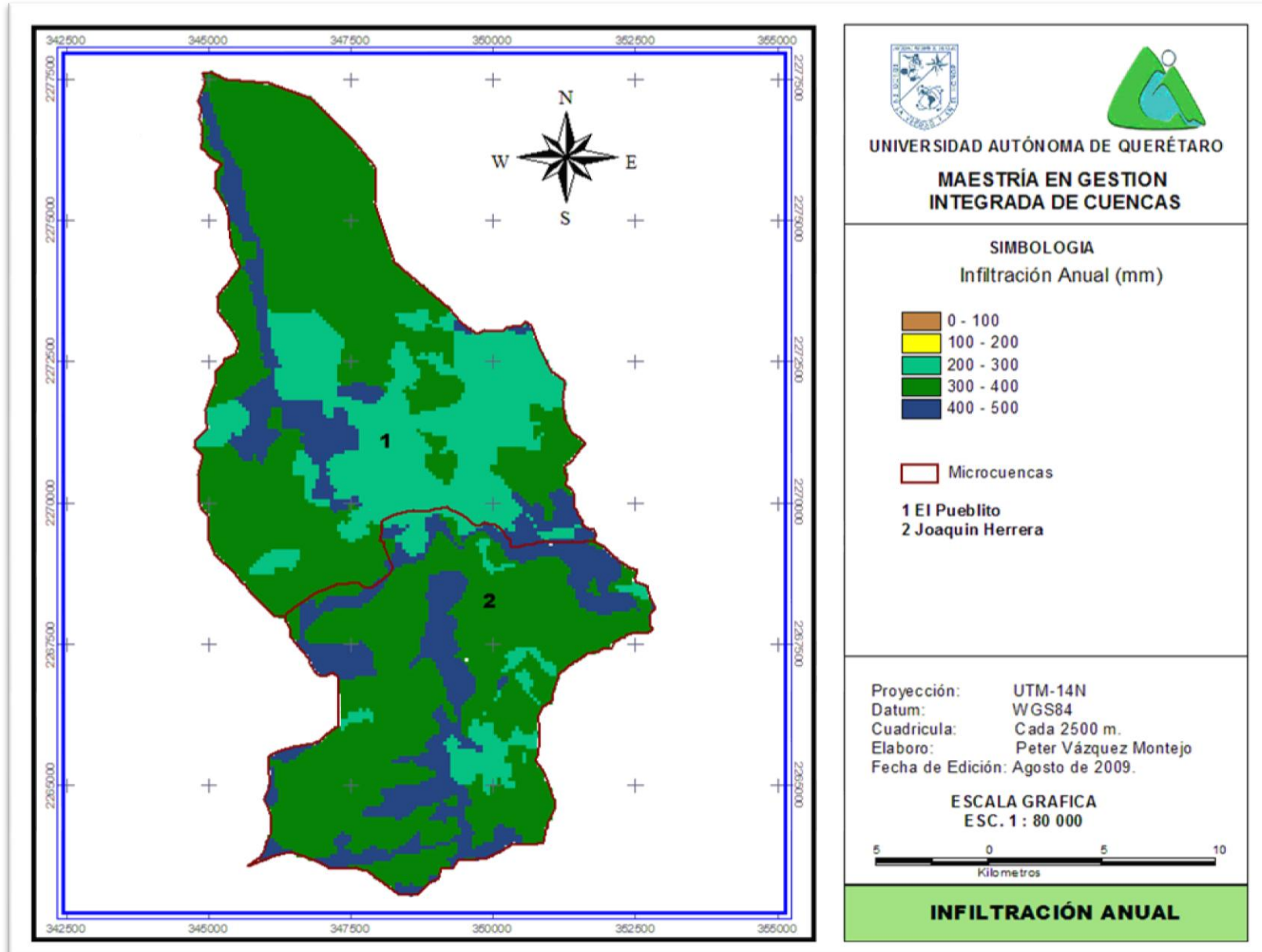


Figura 5.5. Mapa de Infiltración Anual en la microcuenca Joaquín Herrera–El Pueblito

5.3.5. Balance Hídrico

Proceso que presenta la misma complejidad que la infiltración, pues este se da después de la infiltración denominándose percolación, siendo el agua que fluya hacia las partes más profundas del suelo a través de espacios porosos y grietas de los estratos rocosos, quedando depositada en formaciones geológicas como acuíferos acuicludos, acuitardos, acuífugos, etc dependiendo de las características geológicas.

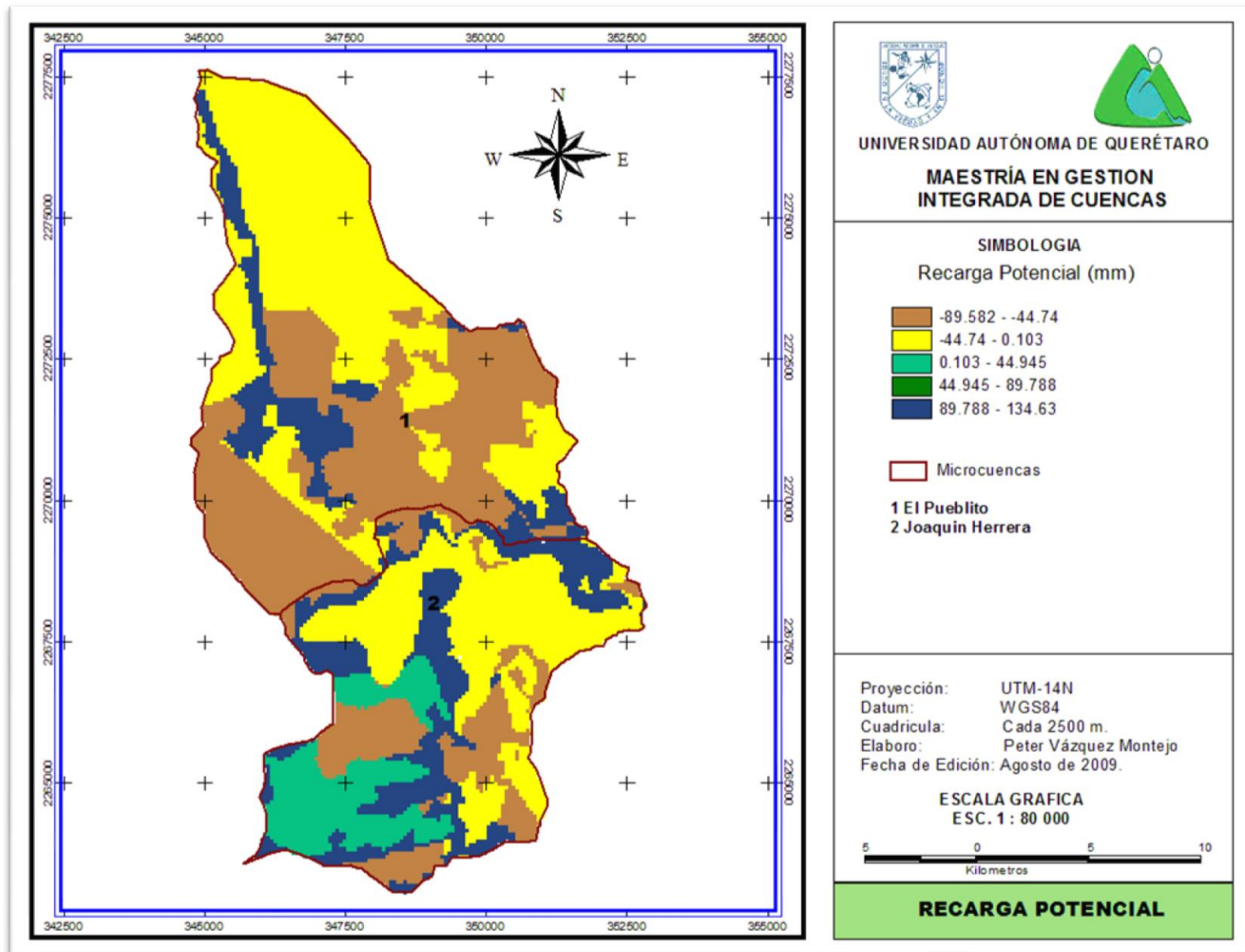


Figura 5.6. Mapa de Recarga Potencial en la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito. Fuente: Elaboración propia.

5.4. VALORACIÓN ECONÓMICA

En este apartado se desarrolla en dos partes, la primera trata del comportamiento de las variables que comprende el estudio, de acuerdo a la encuesta, analizando el aspecto de estadísticas descriptiva. Esto es mediante el método gráfico, de tal forma que resulta sencillo de apreciar como fue la tendencia de cada variable. En la segunda parte se analiza los resultados por medio de modelación con regresión, esto es mediante dos modelos: el modelo logarítmico y el modelo lineal y se compara cual es el más ajustado para explicar, los resultados del valor económico del Servicio Ambiental Hídrico.

5.4.1. Comportamiento descriptivo de las variables de modelo

Aquí se muestra el resultado de las principales variables utilizada en el cuestionario que se aplico en los usuarios del servicio ambiental hídrico proveniente de la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito.

Tabla 5.3. Principales variables utilizadas en la encuesta.

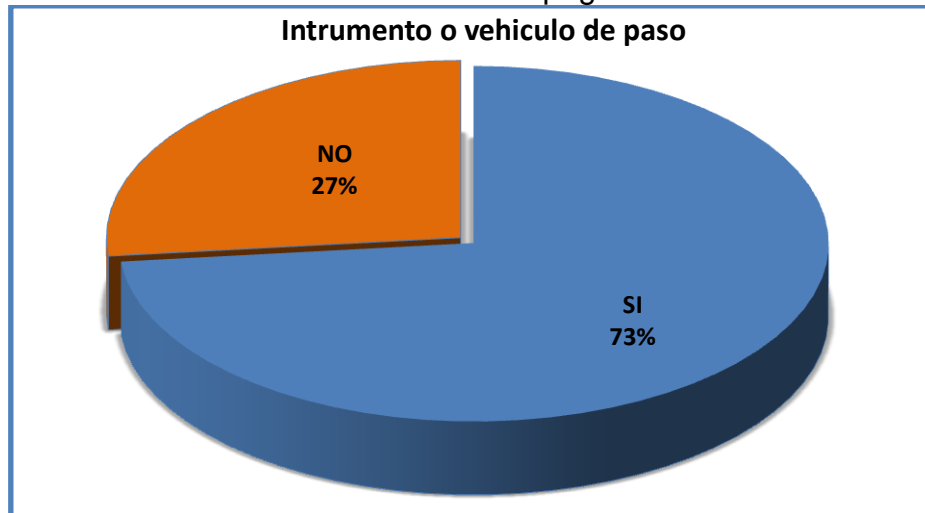
VARIABLE	DEFINICIÓN
DISPOSICION A PAGAR	\$ pesos
ESCOLARIDAD	Ninguno=0 años; Primaria=6 años, Secundaria= 9 Años; Bachillerato= 12 años, Profesional= 17 años; Posgrado= 20 años.
EDAD	Años
SEXO	Hombre=0, Mujer=1
ESTADO CIVIL	Casado=1, Soltero=0
INGRESO FAMILIAR	\$ pesos
INGRESO INDIVIDUAL	\$ pesos
ACTIVIDAD ECONOMICA	Primario=1, Secundario=2, Terciario=3
CALIDAD PERCIBIDA	Cantidad=1, Calidad=2, Permanente=3, 1,2=4, 1,2,3=5
INGRESOS	0-2500, 2500-10000, 10000-20000, 20000-30000, 30000-40000, 40000-50000, mas de 50000 pesos
(Formato binario)	La cantidad ofrecida: \$1, \$5, \$10, \$15, \$20, \$30, \$40, \$50, \$60, \$70, \$80, \$90, \$100, \$120, \$150, \$200, \$250, \$300, \$350, \$400, \$450, \$500, \$750, \$1000 pesos.

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

5.4.2. Vehículo de pago para un fondo verde

Para fundar un Comité Ambiental o Fondo Verde que invierta en mejoras del medio ambiente se requieren recursos que financien estas acciones, desde el punto de vista es que el usuario pague por los servicios ambientales que consume de acuerdo al valor económico que se asigna, es decir, en función de su bienestar.

Gráfica 5.3. Vehículo de pago a los SAH



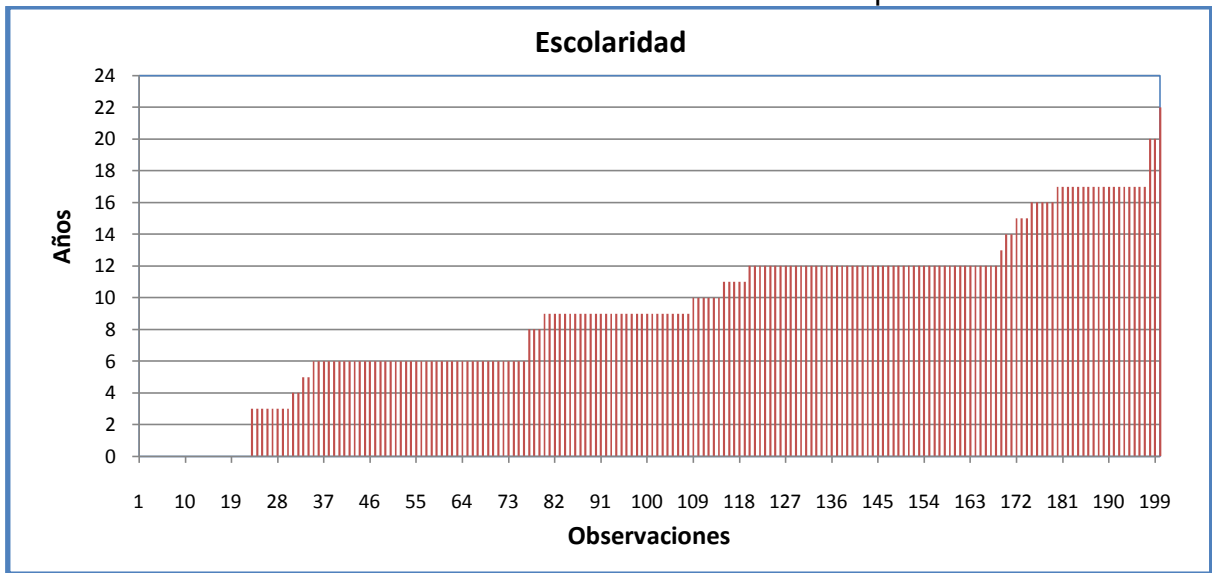
Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

Para esto requiere un vehículo de pago. Para evaluar esta situación se le pregunto a los entrevistados si estaban de acuerdo que fuera por medio de la cuota de agua potable y que fuera el Comité del Agua Potable el que lo administrara a lo que un 73% respondió que “si”. Por otro lado el 27% respondió que “no” estará de acuerdo o proponía la formación de un ONG o Comité Ambiental (esta respuesta se generaliza en la microcuenca El Pueblito) lo que muestra un sensible desconfianza por su comité de agua. Los entrevistados que dijeron que “si” que el cobro fuera por medio del recibo del agua, y los fondos recaudados se transfieren directamente y los administrara una ONG.

5.4.3. Escolaridad

Con respecto a la escolaridad se tiene que, las personas entrevistadas que tenia mas años de estudio se localizan en la microcuenca El Pueblito, y los encuestados de menor escolaridad se encuentran en la microcuenca Joaquín Herrera, pero lo más importante es que la mayoría de la muestra resulto con más de 12 años de escolaridad (Gráfica 5.4); la media esta para la muestra en 9.1 años de escolaridad.

Gráfica 5.4. Escolaridad de la muestra en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito

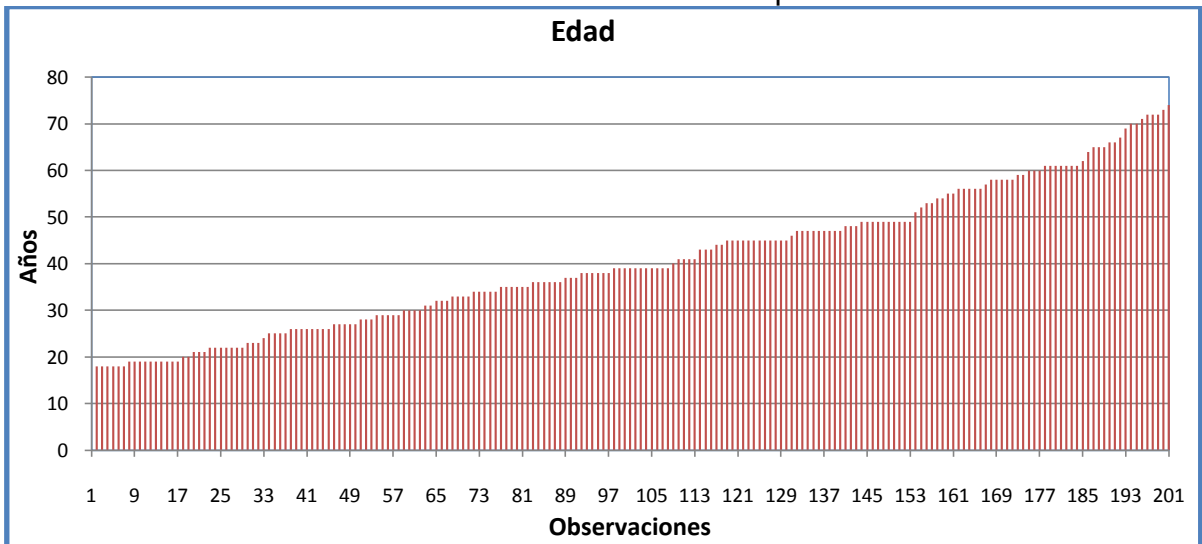


Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

5.4.4. Edad

En promedio la edad de los entrevistados visitados se ubicó en 46.8 años y van de los 18 años hasta los 74 años, es decir, están representados los jóvenes, adultos y la tercera edad (Gráfica 5.5). Las opiniones vertidas por los entrevistados resumen un gran contenido de experiencia con relación al servicio ambiental hídrico en la microcuenca.

Gráfica 5.5. Edad de la muestra en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito

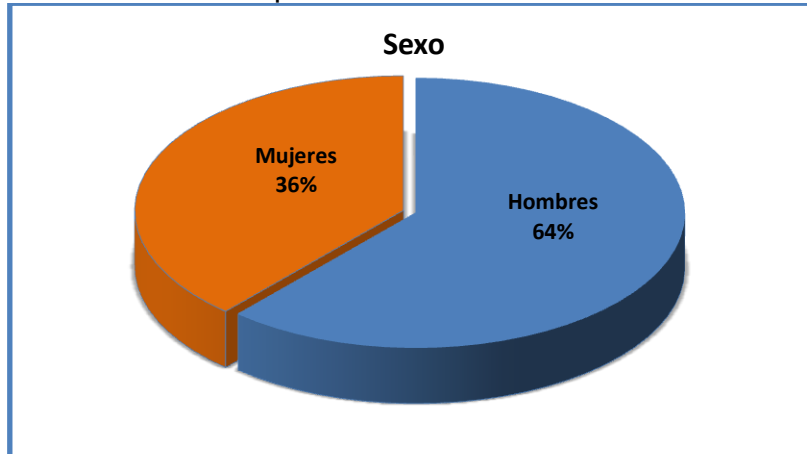


Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

5.4.5. Sexo

El 36% de los entrevistados fueron del sexo femenino y el 64% del sexo masculino (Gráfica 5.6).

Gráfica 5.6. Sexo de los entrevistados en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.

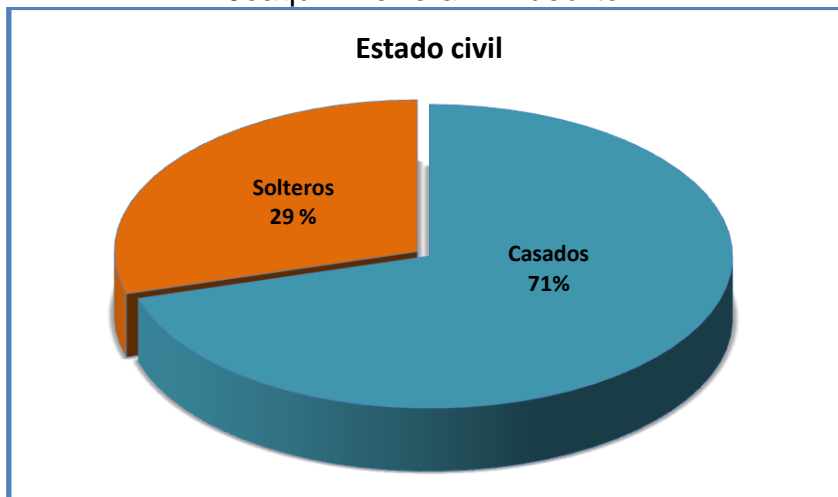


Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

5.4.6. Estado civil

En la muestra resultó que el 71% de los entrevistados son personas casadas y el 29% son solteras, situación normal dado que los entrevistados presentan mayoría de edad. Los casados pueden tener un mejor conocimiento y más atención con relación al servicio ambiental hídrico dentro de la microcuenca.

Gráfica 5.7. Estado civil en la muestra dentro de la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito.



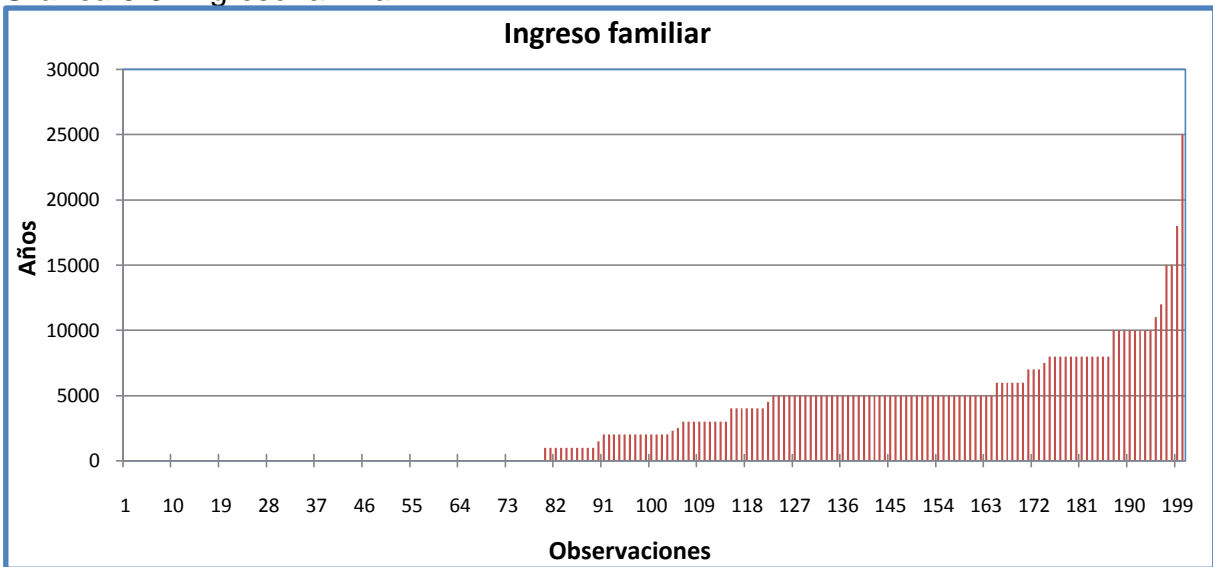
Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

5.4.7. Ingreso familiar

En el ingreso de los usuarios entrevistados, se estima una media de \$3,241.5 mensuales, el máximo ingreso mensual es de \$25,000 y la mayoría entrevistados no tiene ingresos superiores a \$10,000 mensuales (Gráfica 5.8).

También se puede decir que la mayoría de los entrevistados tienen ingresos familiares superiores a los \$5,000 mensuales.

Gráfica 5.8. Ingreso familiar

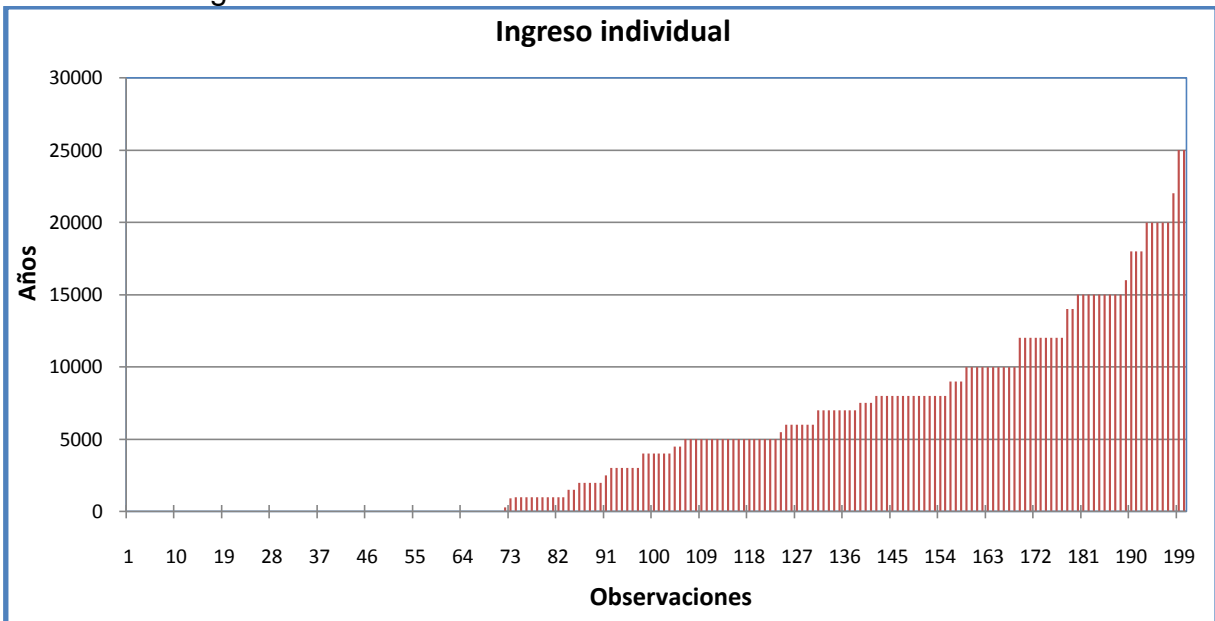


Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

5.4.8. Ingreso individual

Es el ingreso individual está claro que existen personas con un ingreso, esto se explica por mujeres que se ocupan como amas de casa y no tiene una remuneración por este concepto. En este sentido la media del ingreso se cae a \$5198.5 mensual (Gráfica 5.9).

Gráfica 5.9. Ingreso individual

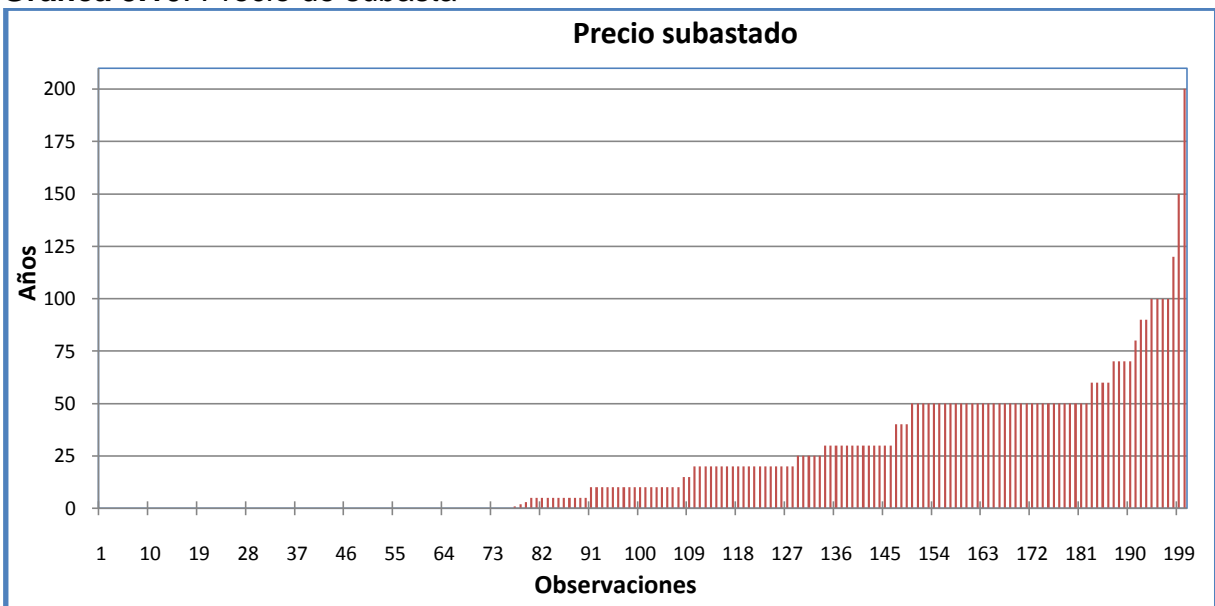


Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

5.4.9. Precio de subasta

Con relación al donativo o precio de subasta de los SAH, se observa un máximo de \$200 mensuales; la media se registra en \$22.88 pesos mensuales, con una desviación estándar de 30.16 del donativo a los SAH de la encuesta (Gráfica 5.10).

Gráfica 5.10. Precio de subasta

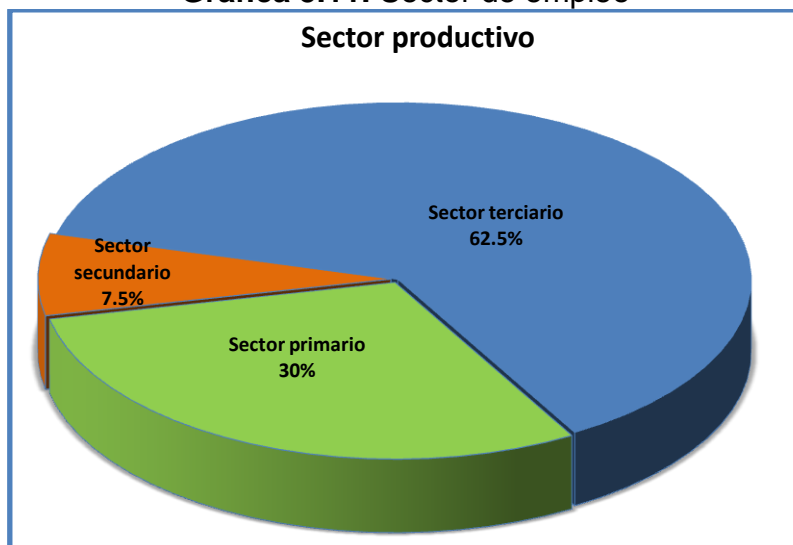


Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

5.4.10. Sector productivo

En el sector productivo primario se observaron actividades económicas para producción de bienes agrícolas como alfalfa, hortalizas y granos, a pesar de ser un sector muy importante por la cantidad que demanda el agua, solo que le corresponde 30% de la muestra (Gráfica 5.11).

Gráfica 5.11. Sector de empleo

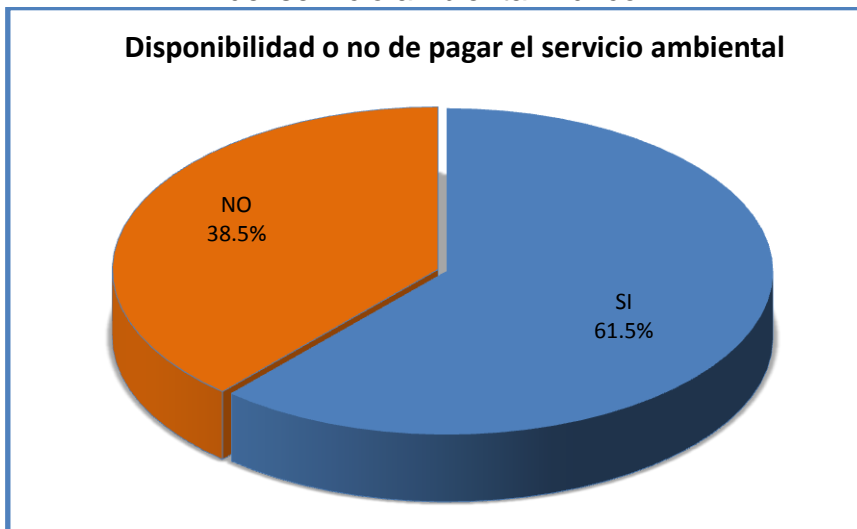


Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta

5.4.11. Disponibilidad a pagar de los consumidores del servicio ambiental hídrico

Se encontró que existe disposición a pagar por el 61.5% de los entrevistados. La cantidad que están dispuestos a pagar varía desde \$1 pesos hasta \$200 pesos, con \$22.88 pesos de media ponderada (Gráfica 5.12).

Gráfica 5.12. Disposición o no de pagar por los usuarios del servicio ambiental hídrico.



Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

5.5. MODELO GENERAL DE LA DAP CON LOGARITMO EN EL INGRESO POR REGRESIÓN LOGÍSTICA

El modelo a generar es el siguiente:

$$DAP_{(sino)} = \beta_0 + \beta_1 LOGIF + \beta_2 CUOTA + \beta_3 ESC + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_6 EC + \beta_7 IF + \beta_8 II + \beta_9 SE + \beta_{10} CP + \varepsilon$$

Tabla 5.4. Información sobre la convergencia

Convergence Information		
	Number of Iterations	Optimal Solution Found
PROBIT	20	No ^a

a. Parameter estimates did not converge.

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

La programación descrita en materiales y métodos se usa para estimar los parámetros y signos del modelo, una vez que se ha ejecutado, muestra los parámetros estimados, mismos que se reportan en el cuadro 5.5.

Tabla 5.5. Estimación de los parámetros

Parameter Estimates							
Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT ^a							
LOGBID	-.086	.027	-3.186	.001	-.138	-.033	
CUOTA	.002	.001	2.251	.024	.000306	.004	
ESC	-.007	.009	-.754	.451	-.025	.011	
EDAD	.003	.003	.908	.364	-.003	.009	
SEX	.007	.075	.098	.922	-.140	.154	
EC	-.031	.095	-.325	.745	-.217	.155	
IF	-.000012	.0000109	-1.191	.234	-.0000343	.0000083	
II	.000004	.0000069	.593	.553	.0000095	.0000178	
SE	-.047	.042	-1.119	.263	-.130	.035	
CP	.011	.023	.492	.622	-.033	.056	
Intercept	-2.448	.190	-12.893	.000	-2.638	-2.258	

a. PROBIT model: PROBIT(p) = Intercept + BX

El modelo logarítmico estimado se expresa de la siguiente manera:

$$DAP_{sino} = -2.448 - 0.086LOGIF + 0.002CUOTA - 0.007ESC + 0.003EDAD + 0.007SEX - 0.031EC - 0.000012IF + 0.000004II - 0.047SE + 0.011CP + ERROR$$

En el primer modelo planeado se observa el ingreso individual y el familiar, este modelo explica que la variable ingreso individual es más que el ingreso familiar, por lo que se procede a quitar este último del modelo.

$$MODEL SINO = \beta_0 + \beta_1 LOGBID + \beta_2 CUOTA + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_8 II + \beta_9 SE + \beta_{10} CP$$

Tabla 5.6. Estimación de los parámetros

Parameter Estimates							
Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
PROBIT ^a							
LOGBID	-.150	.026	-5.792	.000	-.201	-.099	
CUOTA	.006	.001	5.098	.000	.004	.008	
EDAD	-.000501	.003	-.182	.855	-.006	.005	
SEX	-.000617	.081	-.008	.994	-.159	.158	
II	-.000016	.000	-2.451	.014	-.00003	-.000003	
SE	-.028	.048	-.585	.559	-.123	.066	
CP	.044	.026	1.719	.086	-.006	.095	
Intercept	-2.780	.191	-14.535	.000	-2.971	-2.589	

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

Eliminando la variable calidad percibida del medio ambiente, se registran los siguientes resultados: se debilita la bondad de ajustes del modelo para las pruebas globales, se impacta para las pruebas de EDAD, SEX, y II, pero se benefician en CUOTA y CP y es indiferente para la variable LOGBID

Tabla 5.7. Estimación de los parámetros

		Parameter Estimates				95% Confidence Interval	
Parameter		Estimate	Std. Error	Z	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT ^a	LOGBID	-.146	.025	-5.773	.000	-.196	-.097
	CUOTA	.006	.001	4.858	.000	.003	.008
	EDAD	-.002	.003	-.774	.439	-.007	.003
	SEX	.037	.080	.468	.640	-.119	.194
	II	-.0000104	.0000067	-1.553	.121	-.0000235	.0000027
	SE	-.063	.046	-1.355	.176	-.154	.028
	Intercept	-2.509	.181	-13.893	.000	-2.690	-2.329

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

Para el cálculo de la DAP se puede estimar con el modelo de regresión logística logarítmica en el ingreso, de acuerdo a Habb y McConnell (2002).

La función de la regresión logística logarítmica en el ingreso que permite modelar la probabilidad de una respuesta positiva por parte del entrevistado a la pregunta del método de valoración contingente, tiene la siguiente forma:

$$P(si) = \beta_0 + \beta_1 LOGIF + \beta_2 CUOTA + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_8 II + \beta_9 SE + \mathcal{E}$$

Por lo tanto el modelo con las pruebas descritas en materiales y métodos es de la siguiente forma:

$$DAP_{sino} = -2.509 - 0.146LOGBID + 0.006CUOTA - 0.002EDAD + 0.037SEX - 0.0000104II - 0.063SE + ERROR$$

Del modelo anterior el signo negativo de la variable LOGBID es igual al signo esperado, este representa el sentido de la pendiente de la demanda, por lo que se corresponde con la teoría económica.

El signo positivo de la cuota también se corresponde con el signo esperado, de esta forma manifiesta que a menor cantidad en el precio de subasta preguntada mayor la probabilidad de que responda que si está dispuesto a pagar por SAH.

La variable edad también arrojó un signo negativo lo cual implica que a mayor edad mayor es la probabilidad de responder no a la DAP, ó que los más jóvenes tienen mayor probabilidad de responder sí a la DAP.

En el sexo el signo positivo es lo esperado, lo que expresa que el sexo masculino tiene mayor probabilidad de responder si a la DAP.

El ingreso individual tiene signo negativo igual a no lo esperado, lo que quiere decir es que las personas con mayor ingreso tiene menos probabilidad de responder afirmativo a la DAP.

En el variable sector empleo el signo que se encontró fue el negativo, el cual no corresponde con lo esperado, y lo que quiere decir es que las personas que se ocupan en el sector servicio tiene menor probabilidad de responder positivamente, por el contrario de los que ocupan en el sector primario.

Las demás variables resultaron pocos consistentes para el modelo logarítmico, dado que afectaban al modelo para el ajuste y además no pasaron las pruebas del p-value del Chi Squared por eso se omite su interpretación, las variables explicativas se puede comparar en el Tabla 5.8, los signos esperados y son las hipótesis planteadas al principio de este trabajo. De este modelo logarítmico se parte para estimar las medias de las variables explicativas que resultaron significativas, después, se calcula la media y la mediana.

Tabla 5.8. Medias estimadas de los parámetros

Variable	N	Media
SINO	200	0.61500
LOGBID	200	0.75374
CUOTA	200	22.88000
EDAD	200	40.50000
SEX	200	0.36000
II	200	5198.5
SE	200	2.32500

Fuente: Elaboración propia con base en la encuesta y EXCEL

De la Tabla 5.9. se usan valores medio de las variables cuota, edad, sexo, ingreso individual y sector empleado, para sustituir en las formulas expresadas en la Tabla 5.9 de medidas paramétricas de las disponibilidad a pagar.

Tabla 5.9. Medidas paramétricas de la disponibilidad a pagar

Tipo de modelo de utilidad aleatoria	Media	Media
Logaritmo en el ingreso	$I * \left\{ 1 - e^{\frac{\alpha}{\beta}} \left[\frac{\pi}{\left(\beta \text{Sen} \left(\frac{\pi}{\beta} \right) \right)} \right] \right\}$	$I * \left(1 - e^{-\frac{\alpha}{\beta}} \right)$

5.1.1. Calculando la media de la DAP del modelo

Calculando con esta fórmula se encuentra que el valor no es consistente de acuerdo a la teoría económica. Por lo que se analiza de forma lineal en el ingreso.

$$I * \left\{ 1 - e^{\frac{\alpha}{\beta}} \left[\frac{\pi}{\left(\beta \text{Sen} \left(\frac{\pi}{\beta} \right) \right)} \right] \right\}$$

5.5.2. Calculando la mediana de la DAP del modelo

Para calcular la mediana tampoco se encontró un valor consistente de tal forma que se procede a probar el segundo modelo (el modelo lineal en el ingreso).

$$I * \left(1 - e^{-\frac{\alpha}{\beta}} \right)$$

Lo que se afirma aquí es que el modelo logarítmico para esta investigación no resultó adecuado para generar el valor económico de los servicios ambientales hídricos.

5.2. MODELO GENERAL DE LA DAP LINEAL EN EL INGRESO POR REGRESIÓN LOGÍSTICA

El modelo en el ingreso fue consistente con las pruebas de ajuste de la salida de un procedimiento logístico, expresa “Model Convergente Status” indica que el método de una solución numérica convergió. Por lo que los resultados del análisis no son cuestionables en este sentido. También manifestó la leyenda “Model Fit Statistics” indica el buen ajuste del modelo.

El modelo lineal en el ingreso en el ingreso pasó a las pruebas globales de likelihood ratio, Store y Wald; en lo que corresponde a las pruebas individuales para cada parámetro estimado y se fue modelando hasta encontrar el modelo que se justifica

estadísticamente, es decir, ha llegar a tener los valores menores a 0.05 para cada parámetro estimado, también en las pruebas globales, por lo que el modelo desarrollado se justifica tanto estadísticamente y de acuerdo la teoría económica.

Los parámetros estimados se presentan en la siguiente Tabla 5.10:

Tabla 5.10. Analisis de máxima verosimilitud

Parameter Estimates							
Parameter	Estimate	Std. Error	Z	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
LOGIT ^a	CUOTA	.010	.002	4.930	.000	.006	.014
	EDAD	-.007	.007	-.954	.340	-.020	.007
	CP	.021	.068	.306	.760	-.112	.154
	Intercept	5.185	.331	15.678	.000	5.515	4.854

Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta

A continuación se presentan los parámetros, mismas que son usadas para estimar el valor económico.

Tabla 5.11. Medias

The MEANS Procedure					
Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
BID2	200	-22.88	30.15	-200	0
EDAD	200	40.5	14.82	18	74
CP	200	3.15	1.32	1	5

La Tabla 5.12 contiene la formula que se utiliza para encontrar la DAP por la recarga de agua, cambia con respecto a las formulas de la DAP si esta fuera logarítmica.

El valor se encontró por medio de EXCEL y los datos es consistente en términos económicos y estadísticos.

Tabla 5.12. Medidas Paramétricas de la disponibilidad a pagar

Tipo de modelo de utilidad aleatoria	Media	Mediana
Lineal en el ingreso	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{\alpha}{\beta}$

Fuente: Valdivia y Cuevas (2008)

La tabla 5.12, donde se calcula la DAP es generado en Excel con apoyo en la información de los parámetros estimados y medias de SAS 9.13.

Tabla 5.13. Estimación y modelo final

Modelo Lineal			
Parámetros	Estimación	Medias	Productos
Intercepto	5.185		5.185
BID2	.010	-22.88	-0.2288
EDAD	-.007	40.5	-0.2835
CP	.021	3.15	
Alfa			4.6727

Por lo que la DAP por la conservación de la parte media y alta de la microcuenca es de **\$22.88**/por mes/por familia. De acuerdo con los datos de CONTEO 2005, hay 51,405 individuos en la microcuenca el Pueblito, y lo cual conforman 10281 familias. La estimación para el ingreso del Fondo Verde es de **\$235,229.28** mensuales, para invertir en las obras de conservación del medio ambiente y recursos naturales o **\$2, 822,751.36** anuales. Este dato también es conocido como variación compensatoria descrita en el marco teórico.

Los tres tipos de vegetación que se conserva mejor son Bosque de galería, Matorral crasicaule y Matorral crasicaule, en total tiene una superficie de 1897.18 hectáreas, relacionando con el ingreso del Fondo Verde el pago sería de \$1487.87/ha, esto afirma que es viable el pago por servicios ambientales y la CONAFOR apoya \$400/ha.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

- Se concluye que el modelo logarítmico en el ingreso no es consistente para este trabajo, dado que los resultados fueron poco lógicos por la cantidad elevadas que resultaron.
- El modelo que se ajusto de acuerdo a la teoría económica y se cumplió cabalmente con la pruebas estadísticas fue el modelo lineal en el ingreso. Las variables que fueron aceptadas de acuerdo a la prueba global del modelo; la de Wald, Score y Ratio Likelihood y las pruebas de hipótesis particulares son la edad y la calidad percibida del medio ambiente.
- La probabilidad de una respuesta negativa a la DAP está en función de que entre más años tenga el entrevistado es más probable la respuesta en ese sentido y entre menos años tenga esta mas dispuesto a cooperar. Si el entrevistado percibe que la calidad del medio ambiente se está deteriorando hay más probabilidad que responda positivamente a la DAP y entre mejor observa la calidad más probabilidad tiene de responder positivamente a la DAP por pago de recarga y conservación de los recursos naturales.
- Las demás variables del modelo no fueron significativas de acuerdo al modelo lineal por lo que es probable que la explicación al fenómeno sea de otra naturaleza matemática.
- La DAP por la recarga de agua es de \$22.88/por mes/por familia y el valor anual es de \$2, 822,751.36.

CAPITULO 7. RECOMENDACIONES

- La recaudación del dinero es una cantidad que debe servir para generar políticas relacionadas con la conservación del medio ambiente y que afecta el bienestar de la población en la microcuenca.
- Se recomienda que la recaudación sea mediante el recibo de agua potable o mediante un impuesto municipal y el municipio entregue de forma íntegra este financiamiento al fondo verde.
- Que los administradores de este recurso sean personas del mismo municipio y que los puestos en el fondo verde sean honoríficos y sin ningún sueldo, es decir, de forma voluntaria dado que el monto es muy pequeño relativamente.
- Que el recurso sea aplicado de forma eficiente en la conservación del ambiente y en la microcuenca, acompañada de un proyecto de diseño de paisaje para que genere otros valores.
- Solo se recomienda un fondo verde en la microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito ya que es el lugar donde se justifica el monto y la cantidad de ciudadanos o demandas, para que opere dicho fondo.
- De constituirse un fondo verde se recomienda buscar también, otras fuentes de financiamiento internacionales como ONG'S, asociaciones o fundaciones nacionales, al gobierno federal con la CONAFOR o el programa PROARBOL, al gobierno estatal y municipio para lograr mejores impactos e incentivar a los usuarios.
- También se recomienda que se mejore la calidad, conservación y la rehabilitación de los recursos naturales, para incentivar al usuario a donar la cantidad que manifestó.

CAPITULO 6. BIBLIOGRAFIA

Anderson, G.D. and Bishop, R.C., "The Valuation Problem," *Natural resource economics: policy problems and contemporary analysis*, Boston, 1986: 102.

Barbier E., "The Economic Value of Ecosystems: 2-Tropical Forests." LEEC Gatekeeper GK 91-01. London Environmental Economics Centre, International Institute for the Environment and Development, London, 1991.

Barrantes, G. y Vega, M. 2002. *Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas*. Asociación para el Desarrollo del Área de Conservación Tempisque (ASOTEMPISQUE). Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS), Heredia. Costa Rica. 120 p.

Belausteguigoitia, J. C. O. Pérez. 1996. *Valuación económica del medio ambiente y de los recursos naturales*. Economía Informa. Revista de la Facultad de Economía de la UNAM. p.p. 45-55.

CCAD-PNUD/GEF. (2002). *Guía Metodológica de Valuación Económica de Bienes y Servicios Ambientales / Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano*, 1ª ed. Managua: Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano, 2002, 149 p.

Chang, M. 2003. *Forest hydrology: an introduction to water and forest*. CRC Press LLC. E.U. 131-155 Pp.

CNA. (2003). *Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disposición media anual de agua y planos de localización*. Diario Oficial de la Federación 31 de enero de 2003. México, D.F.

CNA. 2001. *NOM-011-CNA-2000 "Conservación del Recurso Agua"*. Comisión Nacional de Agua. México, D.F. 22 p.

CONAFOR, 2004. *Protección, restauración, y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, 26-33 Pp.

CONAFOR, 2003. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. Congreso de la Unión.

Comisión de Servicios Ambientales. (1998). *Informe final del Proceso de Concertación Nacional*. San José, Costa Rica.

Constanza, R. et. al. 1999. *Una introducción a la economía ecológica*. Ed. Continental, Mexico. 525 p.

Custodio, E. y Ramón, M. 1983. *Hidrología Subterránea*. Segunda Edición. Editorial Omega. Barcelona, España, 299-349 Pp.

FAO. 2000b. *Land-Water Linkages in Rural Watersheds Electronic Workshop-Synthesis Report*. p. 16 <http://www.fao.org/ag/agl/watershed/watershed/papers/paperewk/pewrken/synthesis.pdf>> página consultada el 22 de junio de 2008.

García, Coll, I. (2002). *Potencial de Recarga de Acuíferos y Estabilización de Ciclos Hídricos de Áreas Forestadas*. México, D.F. INE-DGIPEA.

-
- Habb, T. C. y McConnell. K. E. 2002 “*Valuing Environmental and Natural Resources. The econotrics of Non-Market Valuation*”, Edward Elgard.
- Krchnak, Karin M. 2007. *Watershed Valuation as a Tool for Biodiversity Conservation*, TNC & USAID, p 4.
- Lee, R. 1980. *Forest hydrology*. Columbia University Press. New York Guilford, Surrey. 111-129 Pp.
- Mitchell, R. C. and Carson. 1989. *Using surveys to value public goods*. The Contigent Valuation Method. Washinton D.C.
- Mitchell, R. C. and Carson. 1993. *Using surveys to value public goods*. The Contigent Valuation Method. Resource for the Future. 3a. Edición, E.U.A.
- Pagiola, S. et al. 2003b. *Paying for the Environmental Services of Protected Areas: Involving the Private Sector*. Durban, Sudáfrica, 8–17 de septiembre de 2003: Quinto Congreso Mundial sobre Parques: Sustainable Finance Stream. p. 2.
- Pagiola, S. et al. 2002. “*Making Market-based Mechanisms Work for Forests and People*,” en Pagiola, S et al. 2002. *op. cit.* p. 264.
- Pagiola, S., Bishop, J., y Landell, N. *La venta de servicios ambientales forestales: Mecanismos basados en el mercado para la conservación y mercado*, (2da.ed.), México, D.F. INE-SEMARNAT.
- Panayotou, T. 1994. *Ecología, medio ambiente y desarrollo*. Ed. Gemika. México. 210 p.
- Pearce, D. y D. Moran. 1994. *The economic value of biodiversity IUCN*. An earthscan Pub. London.
- Phillips, A. 1998. *Economics values of protected areas*. Guidelines for protect area managers. The World Commission on Protected Areas. U.S.A. 52 p.
- Reyes Ponce, A. (2007). *Administración de empresas: teoría y práctica*, (1ra. Ed.), México, D.F. Limusa S.A. de C.V.
- Sanchez, V.A.. 1987. *Conceptos Elementales de Hidrología Forestal*. Vol. 1. División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo. México. 143 p.
- Torres, G. (2001). *Introducción a la economía política ecológica*, (1ra. ed.). Chapingo, México. P y V editores.
- Torres Rojo, J. M. Guevara S. A. (2000). *El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico*. <http://www.imacmexico.org>
- Toledo, A. 1997. *La valuación económica de la biodiversidad, alcances y limitaciones*. En Economía Ambiental. Lecciones de América Latina. SEMARNAP. México. Pp. 229-240
- Torres, J.A. 2001. *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de un bosque tropical*, Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 134 p.
- Valdivia A. Ramón y Cuevas A. Cristóbal. 2008. Estimación econométrica de la disponibilidad a pagar de los consumidores de servicios recreativos turísticos. Revista TERRA de la UACH. Chapingo, México.
-

Vega, E. 1997. *La evaluación económica de la biodiversidad en México*. En *Economía ambiental. Lecciones de América Latina*. SEMARNAP. México pp. 213-228.

Wilson, Matthew and Carpenter, Stephen, *Economic Valuation of Freshwater Ecosystem Services in the United States: 1971 – 1997*. *Ecological Applications* 9(3), 1999.pág. 77

World Bank and World Wildlife Fund Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. 2003. *Running Pure: The Importance of Forest Protected Areas to Drinking Water*. Washington, DC: World Bank and WWF. pp. 20–21.

CARTOGRAFIA

INEGI. 1996. Carta topográfica f14C65; Querétaro. Querétaro. Esc 1:50.000.

INEGI. 1998. Carta topográfica f14C75; Apaseo el Alto. Querétaro y Guanajuato Esc 1:50.000.

INEGI, 2004. Ortofotos digitales F14C65E2, F14C65E4, F14C65F3, F14C75B2 y F14C75C, Esc. 1:40,000, proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) y Datum: ITRF 92.

ANEXOS

ANEXO I. Población por localidad y Censos poblaciones del INEGI.

POBLACIÓN TOTAL					
			2005	2000	1990
Clave	ESTADO/MUNICIPIO/LOCALIDAD				
22	QUERETARO		1598139	1404306	1051235
006	CORREGIDORA		104218	74558	43775
EL PUEBLITO					
1	0256	Ampliación los Ángeles	825	1	
2	0098	Balvanera Polo y Country Club	103	32	155
3	0095	Bomba la Trinidad	6		
4	0186	Bosques de Lourdes	19	8	76
5	0243	Cabaña	4		
6	0244	Colonia Doctores	46		
7	0074	Colonia las Flores	390	320	124
8	0010	Colonia los Ángeles	2160	2125	1609
9	0187	Colonia Valle Dorado Dos Mil	444	174	
10	0188	Ejido Lourdes	55	16	
11	0004	Ex-hacienda Balvanera	2	25	
12	0246	Familia Alcocer Erbach	4		
13	0247	Familia García	18	11	
14	0193	Familia Gutiérrez Mendoza	2		
15	0250	Familia López López	10		
16	0133	Familia Macías	5	5	
17	0251	Familia Madrigal	5		
18	0195	Familia Martínez Castillo	1	3	
19	0052	Familia Mayorga	9	11	
20	0094	Familia Mendoza Pantoja	3	3	
21	0176	Familia Rivera	13	12	
22	0091	Familia Rodríguez Hernández	1	1	
23	0202	Familia Salinas	2	2	
24	0203	Granja Don Antonio	9	4	
25	0087	Granja el Chacho	9	16	
26	0233	Las Pirámides	1592		
27	0015	Lourdes	964	428	698
28	0115	Noviciado Marianista	15		
29	0047	La Palma	3	1	
30	0053	Pozo Cuatro	8		
31	0211	Pozo Don Paulino	1	3	
32	0001	El Pueblito	44305	38667	23022
33	0145	Rancho los Arrayanes	1		
34	0037	Rancho Trojitas	7	18	396
35	0048	Rivera del Río	59	149	92
36	0227	Santa Bárbara	2	12	
37	0046	Santa Virginia	18	22	
38	0237	Santuario del Cerrito	55	9	19
39	0255	Valle de los Pinos	230		
		POBLACIÓN TOTAL	51405	42078	26191

JOAQUÍN HERRERA					
40	0043	Buenos Aires	12	28	
41	0005	Hacienda el Batán	35	37	63
42	0014	Joaquín Herrera	1209	1424	1347
43	0148	Lomas de la Cruz	225	22	
44	0231	Lomas de Zaragoza	31		
45	0026	La Purísima de la Cueva	266	343	
46	0059	Rancho el Chilicuil	6	7	
47	0030	San Francisco	284	256	
POBLACIÓN TOTAL			2068	2117	1410
GRAN TOTAL			53473	44195	27601

Fuente: INEGI 1990, 2000 y 2005.

ANEXO II. Distribución de la población en la microcuenca por sexo.

Localidades	Población 2005		
	Total	Hombres	Mujeres
Ampliación los Ángeles	825	380	445
Balvanera Polo y Country Club	103	40	63
Bomba la Trinidad	6		
Bosques de Lourdes	19	9	10
Cabaña	4		
Colonia Doctores	46	21	25
Colonia las Flores	390	185	205
Colonia los Ángeles	2160	1081	1079
Colonia Valle Dorado Dos Mil	444	231	213
Ejido Lourdes	55	32	23
Ex-hacienda Balvanera	2		
Familia Alcocer Erbach	4		
Familia García	18	11	7
Familia Gutiérrez Mendoza	2		
Familia López López	10		
Familia Macías	5		
Familia Madrigal	5		
Familia Martínez Castillo	1		
Familia Mayorga	9		
Familia Mendoza Pantoja	3		
Familia Rivera	13		
Familia Rodríguez Hernández	1		
Familia Salinas	2		
Granja Don Antonio	9		
Granja el Chacho	9		
Las Pirámides	1592	779	813
Lourdes	964	457	507
Noviciado Marianista	15		
La Palma	3		

Pozo Cuatro	8		
Pozo Don Paulino	1		
El Pueblito	44305	21427	22878
Rancho los Arrayanes	1		
Rancho Trojitas	7	3	4
Rivera del Río	59	28	31
Santa Bárbara	2		
Santa Virginia	18	10	8
Santuario del Cerrito	55	26	29
Valle de los Pinos	230	105	125
Buenos Aires	12	7	5
Hacienda el Batán	35	19	16
Joaquín Herrera	1209	570	639
Lomas de la Cruz	225	109	116
Lomas de Zaragoza	31	18	13
La Purísima de la Cueva	266	127	139
Rancho el Chilicuil	6		
San Francisco	284	130	154

Fuente: INEGI, 2005.

ANEXO III. Acceso al servicio de salud por localidad de la microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito.

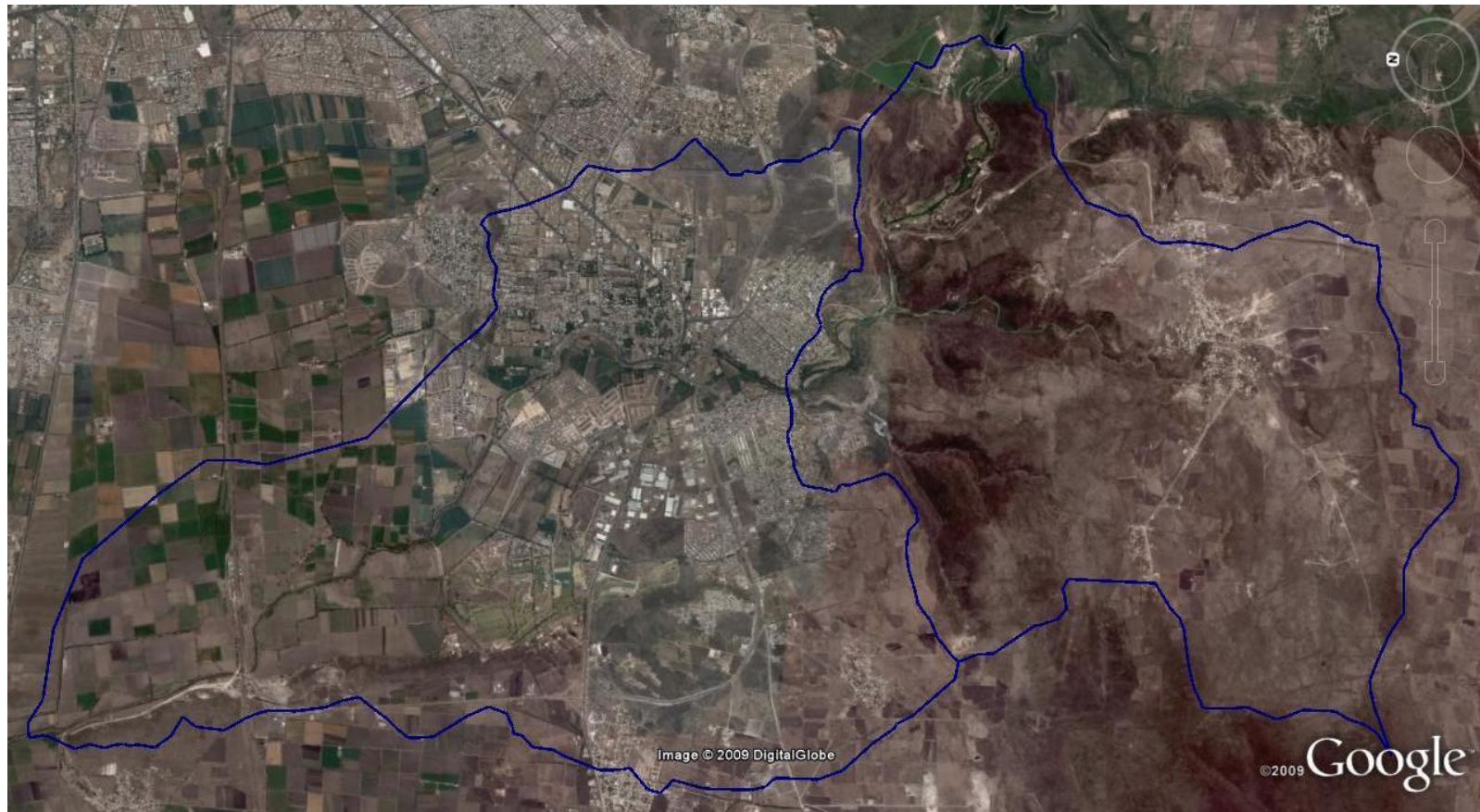
EL PUEBLITO						
ESTADO/MUNICIPIO/MI CROCUENCA	Población Total	Sin Derecho	Con algún Derecho	Inscritos al IMSS	Inscritos al ISSSTE	Inscritos al Seguro Popular
Ampliación los Ángeles	825	255	569	541	26	0
Balvanera Polo y Country Club	103	43	60	55	4	0
Bomba la Trinidad	6	*	*	*	*	*
Bosques de Lourdes	19	5	14	14	0	0
Cabaña	4	*	*	*	*	*
Colonia Doctores	46	26	20	20	0	0
Colonia las Flores	390	163	223	206	13	1
Colonia los Ángeles	2160	916	1227	1175	45	1
Col. Valle Dorado Dos Mil	444	263	178	161	18	0
Ejido Lourdes	55	46	9	7	2	0
Ex-hacienda Balvanera	2	*	*	*	*	*
Familia Alcocer Erbach	4	*	*	*	*	*
Familia García	18	12	6	6	0	0
Familia Gutiérrez Mendoza	2	*	*	*	*	*
Familia López López	10	*	*	*	*	*
Familia Macías	5	*	*	*	*	*
Familia Madrigal	5	*	*	*	*	*
Familia Martínez Castillo	1	*	*	*	*	*
Familia Mayorga	9	*	*	*	*	*
Familia Mendoza Pantoja	3	*	*	*	*	*
Familia Rivera	13	*	*	*	*	*
Familia Rodríguez Hernández	1	*	*	*	*	*

VALORACIÓN ECONÓMICA PARA EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDRICOS

Familia Salinas	2	*	*	*	*	*
Granja Don Antonio	9	*	*	*	*	*
Granja el Chacho	9	*	*	*	*	*
Las Pirámides	1592	402	1187	988	162	0
Lourdes	964	416	546	535	12	0
Noviciado Marianista	15	*	*	*	*	*
La Palma	3	*	*	*	*	*
Pozo Cuatro	8	*	*	*	*	*
Pozo Don Paulino	1	*	*	*	*	*
El Pueblito	44305	16181	27332	23113	1747	81
Rancho los Arrayanes	1	*	*	*	*	*
Rancho Trojitas	7	5	2	2	0	0
Rivera del Río	59	26	33	11	0	21
Santa Bárbara	2	*	*	*	*	*
Santa Virginia	18	2	16	12	0	0
Santuario del Cerrito	55	11	44	36	11	0
Valle de los Pinos	230	150	76	76	0	0
	51405	18922	31542	26958	2040	104
JOAQUÍN HERRERA						
	Población Total	Sin Derecho	Con algún Derecho	Inscritos al IMSS	Inscritos al ISSSTE	Inscritos al Seguro Popular
Buenos Aires	12	10	2	2	0	0
Hacienda el Batán	35	23	11	8	3	0
Joaquín Herrera	1209	864	341	307	10	25
Lomas de la Cruz	225	170	47	45	2	0
Lomas de Zaragoza	31	22	9	9	0	0
La Purísima de la Cueva	266	208	58	58	0	0
Rancho el Chilibuil	6	*	*	*	*	*
San Francisco	284	204	76	75	1	0
	2068	1501	544	504	16	25

Fuente: INEGI, 2005.

ANEXO IV. Ubicación de la Microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito. Fuente: FIRCO-UAQ, Google Earth 2008.





ANEXO V. Ubicación de la Microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito. Fuente: FIRCO-UAQ, INEGI 2008.

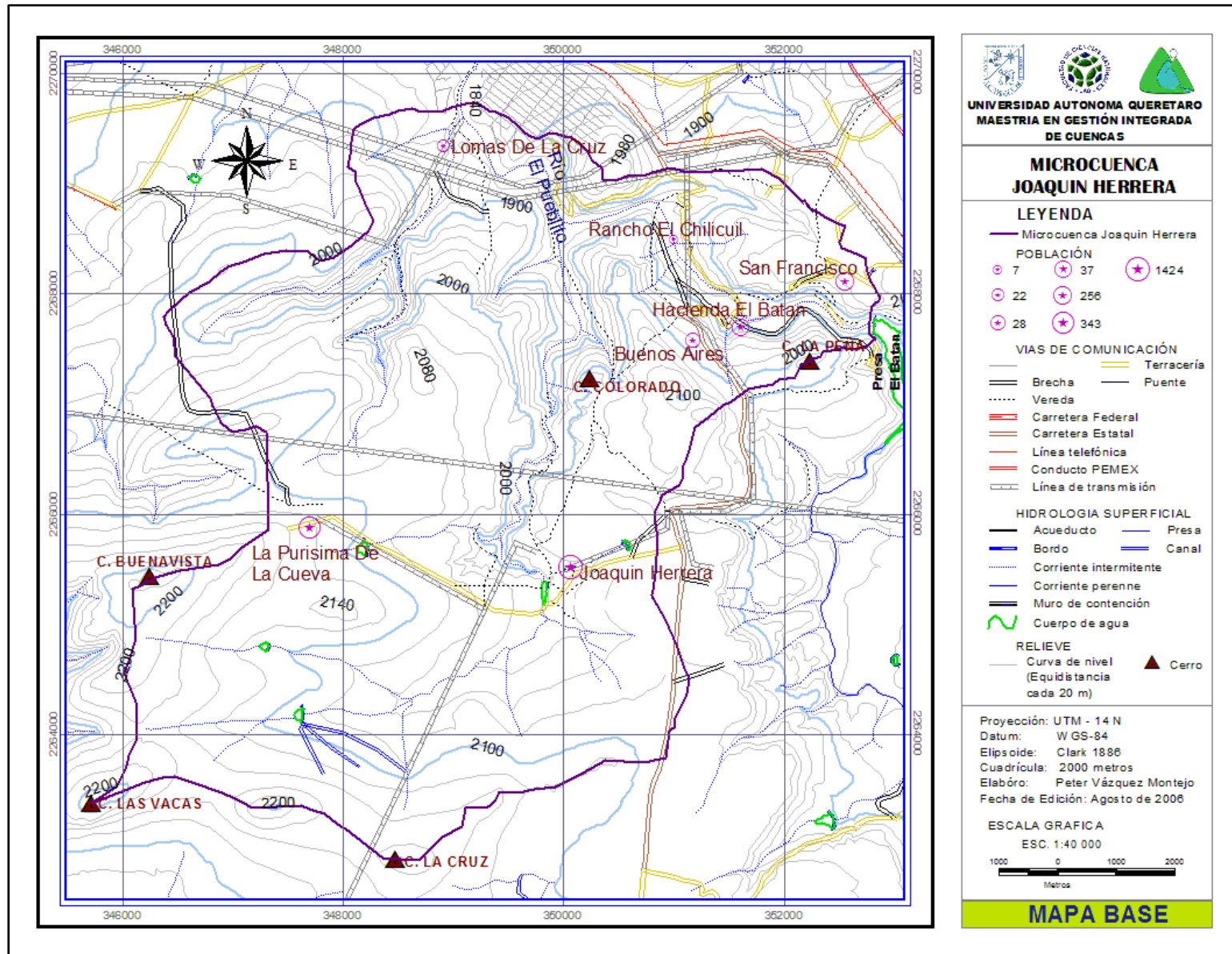


ANEXO VI. Digitalización y clasificación de uso de Suelo y Vegetación de la Microcuenca Joaquín Herrera-El Pueblito. Fuente INEGI, modificado por Peter Vázquez Montejo.

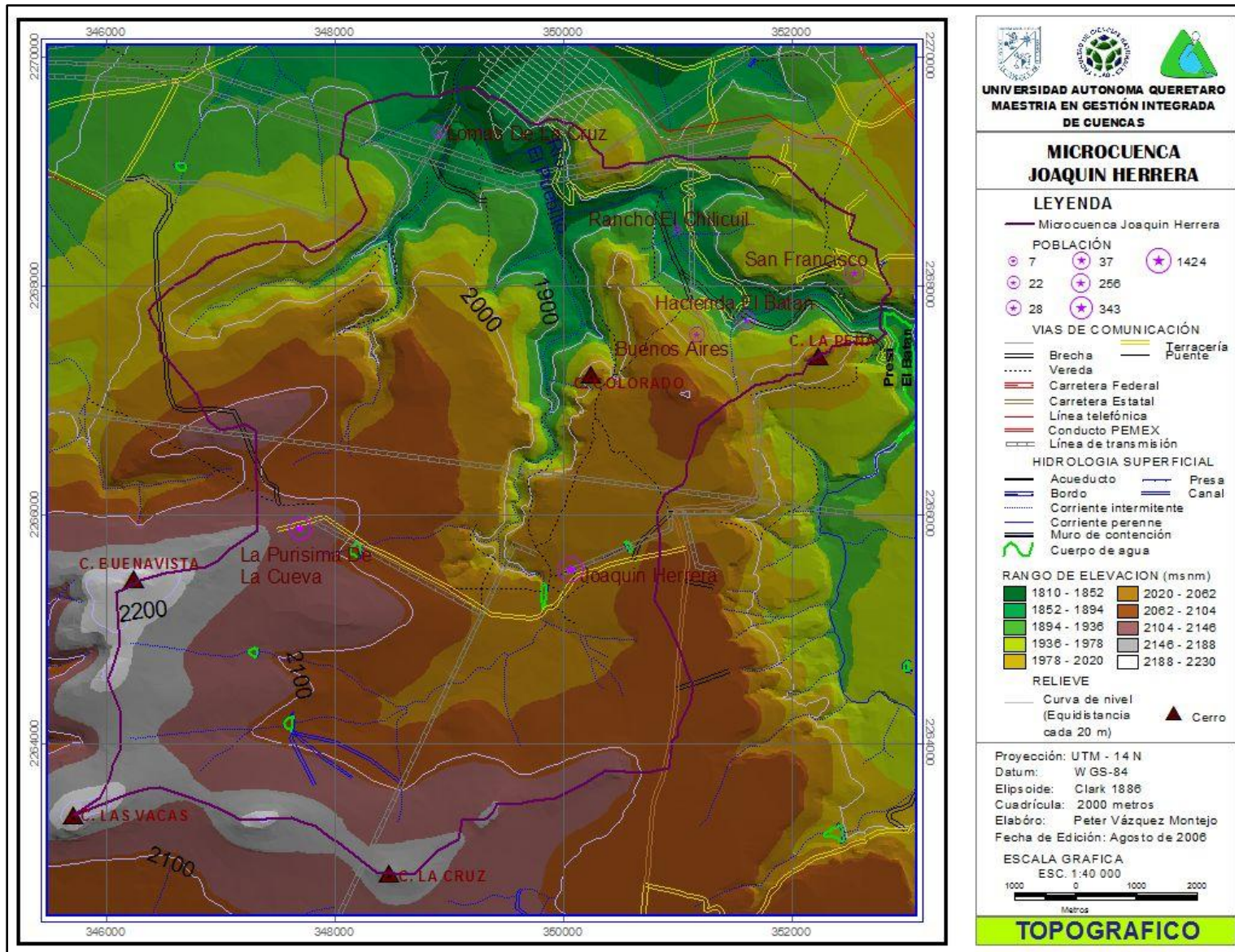
ANEXO 4. Ubicación de la Microcuenca Joaquín Herrera – El Pueblito, dentro del Municipio de Corregidora, Qro.



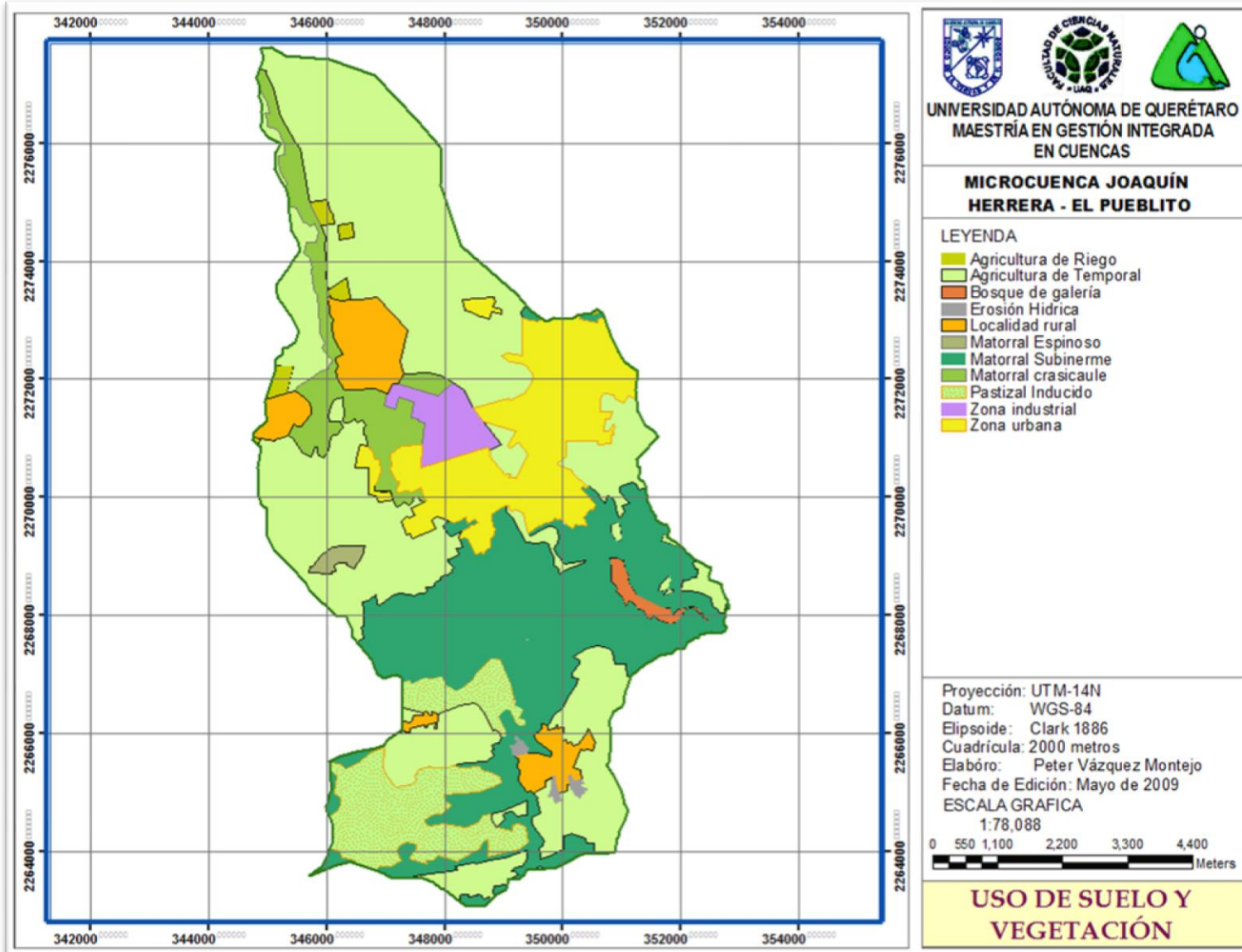
ANEXO 5. Mapa base de la Microcuenca Joaquín Herrera, Queretaro, México.



ANEXO 6. Mapa topográfico de la Microcuenca Joaquín Herrera, Querétaro, México.



ANEXO 7. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación.



ANEXO 8. Encuesta para el Metodo de Valoración Contingente.

UNIVERSIDA AUTONOMA DE QUERETARO

MAESTRIA EN GESTION INTEGRADA DE CUENCAS

La información proporcionada es confidencial y es uso de esta será exclusivamente para la realización de una investigación de postgrado

I. REFERENCIAS

FECHA: ____ / ____ / 2009

Folio: _____

MUNICIPIO: _____

POBLACION: _____

NOMBRE: _____

II. VALORACION ECONOMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL HIDROLÓGICO

1.- ¿Conoces usted el cerro donde hay árboles o bosque que está en la Microcuenca? 1. Si 2. No

2.- ¿En el transcurso de este año cuántas veces ha visitado el cerro o el bosque? _____ Año

3.- ¿Cuáles condiciones ambientales de las que proporciona el bosque, cree usted que se deben mantener para garantizar una vida saludable? (El Núm. 1 es el más importante)

- A. PURIFICACION DE AIRE _____
- B. CONSERVACION DE LA TIERRA _____
- C. CONSERVACION DE LA HUMEDAD AMBIENTAL _____
- D. CONSERVACION DE LA FLORA Y FAUNA _____
- E. RETENCION DEL AGUA _____
- F. BELLEZA ESCÉNICA _____
- G. OTROS _____(Especifique) _____

4.- ¿Qué le interesa más del agua? (marque con una X)

- a) La cantidad
- b) La calidad
- c) El abasto permanente
- d) a, b
- e) a, b y c
- f) ninguna

Actualmente existen problemas de contaminación del agua, agotamiento de las reservas hídricas (reducción del volumen de los mantos acuíferos) y disminución de la cobertura forestal que es la que retiene el agua y la deposita en el subsuelo, por lo que se hace una necesidad conservar los recursos forestales o invertir en su cuidado para que se mantenga el agua en el mismo volumen o aumente.

Existe la posibilidad de impulsar un proyecto, para generar un fondo verde que consiste en recaudar dinero e invertirlos en plantaciones forestales y obras de conservación del medio ambiente. Con lo que se conseguiría mejorar el servicio de agua potable en cuanto a calidad y/o cantidad, que recibe en su hogar y que al menos se garantice que se siga disfrutando (usando) del agua para lo cual debe aportarse una cantidad (es la disponibilidad a pagar) que financie tal mejora, resulta lo del proyecto (fondo verde) la disponibilidad del agua, es decir, tener agua para siempre en cantidad y calidad igual o mejor.

Por lo tanto

5.- ¿Estaría Usted dispuesto a donar o cooperar con _____ pesos por mes para invertir en el medio ambiente para que mejore la producción de los servicios hidrológicos?

_____ **Si**
 _____ **No**

1	2	3	4	5
10	15	20	25	30
35	40	45	50	55
60	65	70	75	80
85	90	95	100	105
110	120	130	140	Más o menos especifique: _____

6.- ¿Estaría de acuerdo que fuera por medio del recibo de agua potable y de aquí se enviara al fondo verde?

a) **Si** _____

b) **No** _____

c) Propuesta: _____

7.- ¿Cuánto es la cuota del agua potable? \$ _____ mensual

III. CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS DEL ENTREVISTADO

8.- Edad: _____ años cumplidos

9.- Escolaridad: _____ años cumplidos

NIVELES	TIEMPO EN AÑOS	AÑOS CURSADOS
PRIMARIA	6	
SECUNDARIA	3	
PREPARATORIA	3	
CARRERA TÉCNICA	2 ó _____	
LICENCIATURA	4 ó _____	
MAESTRÍA	2	
DOCTORADO	3	

10.- Sexo (ponga una X): M _____ / F _____

11.- Estado civil (marque con X): CASADO(A) _____ / SOLTERO(A) _____

12.- Usted es: 1. Ejidatario 2. Comunero 3. Pequeño propietario 4. Ninguno de estos

13.- ¿Usted es poseedor de recurso forestal? 1. **Si** 2. **No**

14.- ¿Cuál es su actividad económica? (el encuestador ubica en que sector está el entrevistado)

a) Sector primario (agricultura)

Especifique la actividad: _____

b) Sector secundario:

Especifique la actividad: _____

c) Sector terciario (servicios)

Especifique la actividad: _____

15.- ¿Cuál es su ingreso mensual? \$ _____

16.- ¿Estime el ingreso de toda la familia mensual? (confidencial) \$ _____

17.- ¿Cuántos integrantes forma su familia? _____

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO 9.



Reunion con la Directora del Patronato del Rio Pueblito, Corregidora.



Recorrido de campo para la identificación de Uso de Suelo y Vegetación, Microcuenca Joaquin Herrera – El Pueblito.



Talle participativo con los habitantes de la Comunidad de la Joaquin Herrera.



Vista panorámica de la parte media de la Micro cuenca Joaquin Herrera – El Pueblito