



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS  
ECONÓMICO – ADMINISTRATIVAS  
CHAPINGO, MÉXICO**

**VALORACIÓN ECONÓMICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
BOSQUE DE NIEBLA MEDIANTE EL PAGO POR SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN LOXICHA, OAXACA**

**TESIS**  
**QUE COMO RESQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**  
**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**PRESENTA:**  
**BRENDA CÁRCAMO RICO**

**DICIEMBRE DE 2013**

**Chapingo, Estado de México**



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
ORIGEN DE EXÁMENES PROFESIONALES

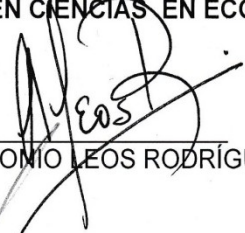


**VALORACIÓN ECONÓMICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
BOSQUE DE NIEBLA MEDIANTE EL PAGO POR SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN LOXICHA, OAXACA**

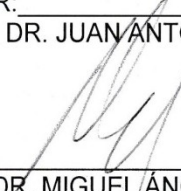
Tesis realizada por **BRENDA CÁRCAMO RICO** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

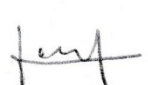
DIRECTOR:

  
DR. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ

ASESOR:

  
DR. MIGUEL ÁNGEL MARTINEZ DAMIÁN

ASESOR

  
DR. JOSE LUIS ROMO LOZANO

LECTOR EXTERNO

  
DR. MANUEL ÁNGEL GOMEZ CRUZ

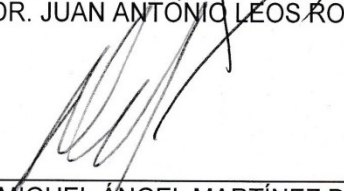
**VALORACIÓN ECONÓMICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL  
BOSQUE DE NIEBLA MEDIANTE EL PAGO POR SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN LOXICHA, OAXACA**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **BRENDA CÁRCAMO RICO** autor de la presente tesis de **DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA** estuvo constituido por:

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSE LUIS ROMO LOZANO

LECTOR EXTERNO

  
\_\_\_\_\_  
DR. MANUEL ÁNGEL GÓMEZ CRUZ

La presente investigación se registró institucionalmente en la Dirección General de Investigación y Posgrado; el proyecto forma parte del Instituto de Investigaciones Socioambientales, Educativas y Humanísticas para el Medio Rural (IISEHMER), se encuentra identificado con la clave 135910001, cuyo título es SERVICIOS AMBIENTALES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN CAFETLAERA DE PLUMA HIDALGO EN OAXACA, bajo la dirección del Dr. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ, y la colaboración de los C.C. GERARDO NORIEGA ALTAMIRANO, SERGIO CRUZ HERNÁNDEZ, EDUARDO GARCÍA DE LA ROSA, JESÚS LEYVA BAEZA, MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DAMIÁN, JOSE LUIS ROMO LOZANO, MANUEL ÁNGEL GOMEZ CRUZ Y RITA SCHWENTESIUS RINDERMAN.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Antonio Cárcamo Rodríguez e Irma Rico López, a quienes agradezco su apoyo y cuidado en esta etapa difícil y en toda mi vida, su fe en mí, así como su aliento, y amor han hecho todo lo posible para mi realización.

A mi abuelo: José Cárcamo Durán<sup>†</sup>. Él fue una fuerza estable, sabia y de apoyo incondicional en mi vida.

A mis hermanas: Janeth, Liliana y Berenice por su apoyo brindado en este proceso tan importante para mí y por compartir lo que realmente importa: una familia, y a mis sobrinas Neftali y Ximena.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de consolidar mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que generosamente me otorgó la beca, lo que me permitió dedicarme de tiempo completo a mis estudios de de posgrado.

AL Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), su ayuda económica facilitó la fase final de la investigación.

Al Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez, por las sugerencias que ha aportado al manuscrito; su gentileza, paciencia y alegría permitieron enriquecer y mejorar el sentido del documento inicial.

Al Dr. Miguel Ángel Martínez Damián, por pertenecer al Comité Asesor, por la lectura crítica al manuscrito, tiempo, sugerencias y orientación en la parte econométrica, que enriquecieron esta investigación.

Al Dr. José Luis Romo Lozano, por las sugerencias y críticas a la investigación, su experiencia en el tema contribuyó a mejorar la investigación.

Al Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz y la Dra. Rita Schwentesius Rindermann, por su paciencia, consejos y sugerencias, contribuyeron en la finalización de esta investigación.

Al Ing. Gerardo Noriega Altamirano, por su valiosa dedicación, e incondicional paciencia, correcciones y sugerencias; así como su empeño en este proyecto, sin su participación no hubiera sido física e intelectualmente concretado esta investigación.

A mis profesores, todos me han proporcionado la riqueza de su sabiduría y estímulo.

Al Ing. Sergio Cruz Hernández, por su ayuda y consejos en la elaboración del presente documento.

Al Lic. Eduardo Carranza, por su alegría de vida, sus sabios consejos y orientación, siempre invita a pensar.

A mis compañeros y amigos que con su alegría hicieron que cobrara sentido el Programa de Posgrado.

A los representantes de las organizaciones cafetaleras y productores, quienes me brindaron el apoyo para conocer la zona tiempo, información y experiencia valiosa en la región Loxicha, sin su participación y apoyo no se hubiera concretado este trabajo.

Estoy en deuda con la Biblioteca Central de la UACH, cuyo acervo bibliográfico me ayudó a entender las cosas que no pude vivir de primera mano.

Atendiendo a quienes me han auxiliado de variadas formas para reunir y presentar los resultados, por sus aportaciones muy estimables, a todos ellos mi profundo agradecimiento.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

Brenda Cárcamo Rico, nació el 11 de agosto de 1982 en la Ciudad de la H. Caborca, Sonora; desde su infancia ha vivido en el municipio de Texcoco.

Del año 2000 al 2005 realizó sus estudios profesionales en la Universidad Autónoma del Estado de México, donde obtuvo el título de Licenciada en Administración; realizó una evaluación social orientada al aprovechamiento del maguey papalote y a la agroindustria artesanal del mezcal en el Estado de Guerrero. Esta investigación constituyó su tesis profesional.

De 2007 – 2009, realizó estudios de Posgrado en la Universidad Autónoma Chapingo, obteniendo el grado Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la Universidad Autónoma Chapingo; la investigación ofrece una alternativa a los residuos orgánicos generados por la agroindustria asentada en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, intitulada Evaluación técnica y financiera del compostaje de residuos de manejo especial: un enfoque bioeconómico.

En el periodo de 2009 a 2013, hizo estudios de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo, donde elaboró una investigación que contribuye a la generación de mercado de bienes y servicios ambientales del Bosque Mesófilo de Montaña de la Región Loxicha – Pluma Hidalgo, Oaxaca, intitulada

De 2005 a la fecha, ha participado en eventos científicos nacionales e internacionales difundiendo sus trabajos de investigación referidos, además ha trabajado en valoraciones y biorremediación, por derrames de hidrocarburos, en San Martín Texmelucan, Puebla y Poza Rica, Veracruz.

# VALORACIÓN ECONÓMICA DEL BENEFICIO DE CONSERVAR EL BOSQUE DE NIEBLA BAJO UN ESQUEMA DE PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HIDRICOS EN LA REGIÓN LOXICHA, OAXACA

## ECONOMIC VALUATION OF THE BENEFIT OF PRESERVING THE RAIN FOREST UNDER A SCHEME FOR HYDRIC ECOSYSTEM SERVICES IN THE LOXICHA REGION, OAXACA

Brenda Cárcamo Rico<sup>1</sup> y Juan Antonio Leos Rodríguez<sup>2</sup>

### RESUMEN

En México el Bosque Mesófilo de Montaña en 2002 ocupaba una superficie de 800,000 ha, es decir, menos del 1%; en la región Loxicha - Pluma Hidalgo, Oaxaca, se encuentra este ecosistema entre los 1100 y 1500 msnm, ahí ocurre la precipitación horizontal, donde nieblas, neblinas, nubes, rocío, otros, son los hidrometeoros potenciales para conservar el agua. En gran parte de este ecosistema se practica la cafecultura, manteniendo la arquitectura y biodiversidad, de ahí el nombre de café bajo sombra. Este ecosistema produce servicios ambientales, a saber: (1) conservación de la biodiversidad; (2) producción de agua para consumo humano; (3) protección hidrológica de cuencas; (4) belleza escénica; (5) absorción de gases con efecto invernadero, en consecuencia mitigación al cambio climático mediante la captura de carbono; (6) regulación climática; (7) otros. De los servicios ambientales que produce la selva Loxicha-Pluma Hidalgo se incluye el agua, que en la zona urbana las tarifas de agua para uso doméstico no contabilizan aspectos de producción (captación, filtración natural, conservación de la cubierta vegetal); es decir, los servicios ambientales no son valorados desde el rol que juegan en el ambiente, ni económicamente, por ello se realizó una valoración económica utilizando el método de valoración contingente para estimar la Disposición a Pagar (DAP) de la industria hotelera del Parque Nacional Bahías de Huatulco, para la conservación de este ecosistema, resultando una DAP de \$74,463.97 pesos, esta cantidad es insuficiente, sin embargo se propone a hacer partícipes a todas aquellas industrias que requieren este recurso para su operación y venta de sus productos, lograr esto, requiere hacer una modificación en la Ley Forestal de Desarrollo Sustentable; la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que incluya el concepto de pago por servicios ecosistémicos y los actores sujetos de este pago.

**Palabras clave:** servicios ambientales, disposición a pagar, bosque mesófilo de montaña.

### ABSTRACT

In Mexico the Mountain Cloud Forest in 2002 covered an area of 800,000 ha, less than 1%. In the region Loxicha – Pluma Hidalgo, Oaxaca State, the mountain cloud forest is located between 1100 to 1500 msnm. In this ecosystem the horizontal precipitation occurs, where fog, mist, cloud, dew and others are important hydrometeors for water conservation. In much of this ecosystem, coffee cultivation is practiced, keeping the architecture and biodiversity, hence the name of coffee under shade. This ecosystem produces environmental services such as: (1) biodiversity conservation; (2) water production for human consumption; (3) hydrologic protection on basins; (4) scenic beauty; (5) absorption of greenhouse gases, consequently climate change mitigation through carbon capture (6) climate regulation; (7) others. One of environmental services that is produced in the rainforest of the region Loxicha-Pluma Hidalgo is the water. This hydric resource is included in the water fare for domestic use in the urban zone, the production aspects of this resource are not accounted (uptake, natural filtration, vegetation cover conservation). The environmental services are not valued from the role that plays in the environment, nor economically. For this situation an economic valuation was carried out using the contingent valuation method to estimate de willingness to pay (WTP) of the hotel industry of National Park Bahías de Huatulco, to preserve this ecosystem. The result of the WTP is \$74,463.97 pesos, however this amount is insufficient, due to the proposal that is to include all industries that require this hydric resource for production and sell its products. The success of this proposal is to do a change to the Ley Forestal de Desarrollo Sustentable, the Ley de Aguas Nacionales and the Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, these laws must include the concept of payment for environmental services and those who are subject of this payment.

**Key words:** environmental services, willingness to pay, cloudy forest.

---

<sup>1</sup>Autor

<sup>2</sup>Director

# INDICE

|                                                                                               | PAG |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN                                                                      | 1   |
| 1. Introducción.....                                                                          | 1   |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                                                           | 4   |
| 1.2 Justificación.....                                                                        | 7   |
| 1.3 Objetivos.....                                                                            | 9   |
| 1.3.1 Objetivo general                                                                        | 9   |
| 1.3.2 Objetivos particulares.....                                                             | 9   |
| 1.4 Hipótesis.....                                                                            | 10  |
| CAPITULO II. MARCO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL DE LA VALACIÓN DE<br>LOS SERVICIOS AMBIENTALES..... | 11  |
| 2.1 Evolución del concepto valor .....                                                        | 11  |
| 2.2 Valoración y medio ambiente.....                                                          | 20  |
| 2.2.1 Transdisciplina: individuo, sociedad y ecosistema.....                                  | 21  |
| 2.3 Concepto de servicios ambientales.....                                                    | 22  |
| 2.4 Concepto de pago por servicios ambientales (PSA).....                                     | 29  |
| 2.5 Antecedentes de los pagos por servicios ambientales.....                                  | 31  |
| 2.5.1 Antecedentes del Pago por Servicios Ambientales en México.....                          | 34  |
| CAPITULO III. MARCO TEÓRICO.....                                                              | 41  |
| 3.1 Teoría de las preferencias.....                                                           | 41  |
| 3.2 Valoración económica de bienes y servicios ambientales.....                               | 42  |
| 3.3 Medidas de bienestar: cambio en la calidad ambiental.....                                 | 47  |
| 3.4 Métodos de valoración económica de bienes y servicios ambientales.....                    | 48  |
| 3.4.1 Métodos indirectos.....                                                                 | 49  |
| 3.4.1.1 Precios hedónicos.....                                                                | 49  |
| 3.4.1.2 Métodos del Coste del viaje.....                                                      | 51  |
| 3.4.1.3 Método de dosis – respuesta.....                                                      | 52  |
| 3.4.1.4 Método de costos evitados.....                                                        | 53  |
| 3.4.2 Métodos directos.....                                                                   | 53  |
| 3.4.2.1 Método de valoración contingente.....                                                 | 53  |
| CAPITULO IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....                                                      | 57  |
| 4.1 Estudios del pago por servicios ambientales en América Latina.....                        | 57  |
| 4.1.1 Bolivia.....                                                                            | 57  |
| 4.1.2 Chile.....                                                                              | 58  |
| 4.1.3 Costa Rica.....                                                                         | 58  |
| 4.1.4 Colombia.....                                                                           | 61  |
| 4.1.5 Honduras.....                                                                           | 62  |
| 4.1.6 Nicaragua.....                                                                          | 64  |
| 4.1.7 Venezuela.....                                                                          | 65  |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.8 El Salvador.....                                                | 66  |
| 4.2 Estudios del pago por servicios ambientales en México.....        | 67  |
| CAPITULO V. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....                  | 74  |
| 5.1 Región de estudio.....                                            | 74  |
| 5.1.1 Ambiente físico.....                                            | 75  |
| 5.1.2 Vegetación.....                                                 | 76  |
| 5.1.3 Relieve.....                                                    | 78  |
| 5.1.4 Clima.....                                                      | 79  |
| 5.1.5 Geología.....                                                   | 81  |
| 5.1.6 Suelos.....                                                     | 81  |
| 5.2 Descripción socio-económico.....                                  | 83  |
| 5.2.1 Extensión.....                                                  | 83  |
| 5.2.2 Población.....                                                  | 84  |
| 5.2.3 Grupos Étnicos.....                                             | 85  |
| 5.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua.....                          | 88  |
| 5.2.5 Unidades de producción.....                                     | 88  |
| 5.2.6 Cultivos perennes.....                                          | 89  |
| 5.2.7 Turismo.....                                                    | 89  |
| CAPITULO VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                | 91  |
| 6.1 Concepto del proyecto.....                                        | 91  |
| 6.2 Cálculo de la humedad relativa.....                               | 93  |
| 6.3 Trabajo de campo.....                                             | 95  |
| 6.4 Método de valoración contingente (MCV).....                       | 99  |
| 6.4.1 Especificación econométrica del modelo logit – binomial.....    | 105 |
| 6.4.2 Selección del tamaño muestral.....                              | 107 |
| 6.5 Descripción de los escenarios de valoración.....                  | 107 |
| 6.5.1 Parque Nacional Huatulco.....                                   | 109 |
| 6.5.2 Biodiversidad arbórea en la región Loxicha – Pluma Hidalgo..... | 109 |
| CAPITULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                             | 112 |
| 7.1 Evidencias de calentamiento global.....                           | 112 |
| 7.1.1 Temperatura media.....                                          | 114 |
| 7.1.2 Humedad absoluta.....                                           | 114 |
| 7.1.3 Altitud de condensación.....                                    | 115 |
| 7.2 El bosque de niebla y la precipitación horizontal.....            | 117 |
| 7.2.1 Masas de aire.....                                              | 118 |
| 7.2.2 Temperatura del punto de rocío.....                             | 118 |
| 7.2.3 Temperatura de las hojas.....                                   | 119 |
| 7.2.4 Franja de condensación.....                                     | 120 |
| 7.2.5 Precipitación horizontal.....                                   | 121 |
| 7.3 Biodiversidad.....                                                | 121 |

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3.1 Biodiversidad en las comunidades exploradas.....                       | 122 |
| 7.4 Desastres naturales.....                                                 | 133 |
| 7.4.1 Riesgos y desastres hidrometeorológicos.....                           | 135 |
| 7.4.2 Huracán Paulina.....                                                   | 137 |
| 7.4.3 Rendimientos de café.....                                              | 139 |
| 7.5 Cuenca del Río Copalita.....                                             | 141 |
| 7.5.1 Uso del suelo de la Cuenca del río Copalita.....                       | 146 |
| 7.6 Agresividad de la lluvia en la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....      | 151 |
| 7.7 El sistema de producción de café en la región Loxicha – Pluma Hidalgo... | 157 |
| 7.7.1 Características de los cafecultores de la región Loxicha.....          | 161 |
| 7.8 Bienes y servicios ecosistémicos.....                                    | 162 |
| 7.9 Valoración contingente.....                                              | 165 |
| 7.9.1 Cuestiones generales.....                                              | 165 |
| 7.9.2 Preguntas de percepción.....                                           | 166 |
| 7.9.3 Preguntas de valoración.....                                           | 169 |
| 7.9.4 Resultados del modelo.....                                             | 171 |
| 7.9.4.1 Análisis del método de valoración contingente.....                   | 171 |
| 7.9.5 Análisis de la disposición a aportar.....                              | 173 |
| 7.9.6 Simulación del modelo logit binomial.....                              | 174 |
| 7.10 Discusión de la revisión de literatura.....                             | 175 |
| 7.11 Discusión del recurso agua: bien público a bien económico.....          | 181 |
| CAPITULO VIII. CONCLUSIONES.....                                             | 184 |
| CAPITULO IX. RECOMENDACIONES.....                                            | 186 |
| CAPITULO X. LITERATURA CONSULTADA.....                                       | 188 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                              | <b>PAG</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 1. Medidas de bienestar para un cambio en la calidad ambiental.                                                                       | 48         |
| Figura 2. Ubicación del área de estudio.....                                                                                                 | 74         |
| Figura 3. Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                                                                                               | 76         |
| Figura 4. Relieve de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                                                                                 | 79         |
| Figura 5. Distribución climática de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                                                                  | 80         |
| Figura 6. Geología de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                                                                                | 81         |
| Figura 7. Distribución de los suelos de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca..                                                                 | 82         |
| Figura 8. Crecimiento poblacional en el Estado de Oaxaca en el periodo<br>1930 – 2005.....                                                   | 84         |
| Figura 9. Ocupación hotelera promedio mensual en Bahías de Huatulco.....                                                                     | 90         |
| Figura 10. Comportamiento de la temperatura ambiental en el periodo 1940-<br>1970 y 1981-2000 en el Observatorio Salina Cruz, Oaxaca.....    | 114        |
| Figura 11. Comportamiento de la humedad absoluta en el periodo 1940-<br>1970 y 1980-2000 en el observatorio Salina Cruz, Oaxaca.....         | 115        |
| Figura 12. Comportamiento de la temperatura ambiente en el periodo 1940-<br>1970 y 1971-2000 en el Observatorio Acapulco, Guerrero.....      | 115        |
| Figura 13. Comportamiento de la humedad relativa en el periodo 1940-1970<br>y 1980-2000 en el observatorio Salina Cruz Oaxaca.....           | 116        |
| Figura 14. Comportamiento de la franja de condensación a partir de la<br>humedad relativa que ingresa del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca.....  | 116        |
| Figura 15. Distribución mensual de la humedad relativa de las masas<br>tropicales de tipo marino provenientes del Pacífico Sur Mexicano..... | 118        |
| Figura 16. Distribución mensual de las temperaturas del punto de rocío en el<br>Pacífico Sur Mexicano.....                                   | 118        |
| Figura 17. Distribución mensual del fenómeno de condensación en un<br>proceso adiabático en el Pacífico Sur Mexicano.....                    | 119        |
| Figura 18. Comportamiento de la temperatura ambiental y de las hojas de<br>cafeto de las 23:00 horas a las 12:00.....                        | 119        |
| Figura 19. Ciclones tropicales ocurridos en el Pacífico Sur Mexicano en los                                                                  |            |

|                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| periodos 1951 – 1980 y 1981 – 2010.....                                                                                                                                                                                               | 135 |
| Figura 20. Trayectoria ciclónica del Huracán Paulina.....                                                                                                                                                                             | 138 |
| Figura 21. Subcuencas de la Cuenca del río Copalita.....                                                                                                                                                                              | 142 |
| Figura 22. Uso de Suelo en la Cuenca del río Copalita, Oaxaca.....                                                                                                                                                                    | 144 |
| Figura 23. Uso del suelo en la Cuenca Río Copalita, destacando la el<br>bosque mesófilo de montaña virgen y con perturbación.....                                                                                                     | 145 |
| Figura 24. Subcuenca Río Cozoaltepec, Oaxaca.....                                                                                                                                                                                     | 148 |
| Figura 25. Subcuenca Río Tonameca, Oaxaca.....                                                                                                                                                                                        | 148 |
| Figura 26. Subcuenca Río Limón-Coyula.....                                                                                                                                                                                            | 149 |
| Figura 27. Subcuenca Río Copalita, Oaxaca.....                                                                                                                                                                                        | 149 |
| Figura 28. Precipitación (litros/m <sup>2</sup> ), en la región Loxicha – -Pluma Hidalgo...                                                                                                                                           | 150 |
| Figura 29. Representación gráfica de la variable R refiriéndose a la<br>erosividad de la lluvia.....                                                                                                                                  | 154 |
| Figura 30. Riesgo de erosión hídrica con una cubierta vegetal al 80% en la<br>cuenca del Río Copalita.....                                                                                                                            | 156 |
| Figura 31. Nivel de conocimiento de los gerentes respecto al volumen de<br>agua que consume el hotel mensualmente.....                                                                                                                | 166 |
| Figura 32. Nivel de urgencia por realizar actividades de manejo y<br>conservación al bosque de niebla de la región Loxicha-Pluma Hidalgo para<br>continuar con el abasto de agua dulce, en la industria turística de<br>Huatulco..... | 168 |
| Figura 33. Disposición a pagar con recaudaciones voluntarias por parte de<br>la industria hotelera de Huatulco para contribuir a la conservación del área<br>arbolada del bosque de niebla.....                                       | 169 |

## INDICE DE CUADROS

|                                                                                                          | PAG |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 1. Distrito de Pochutla Oaxaca.....                                                               | 83  |
| Cuadro 2. Cabeceras Municipales y Superficie de la microrregión Loxicha, Oaxaca.....                     | 83  |
| Cuadro 3. Distribución de la población en el Distrito de Pochutla, Oaxaca.....                           | 85  |
| Cuadro 4. Población indígena en la región Loxicha.....                                                   | 85  |
| Cuadro 5. Directorio de Organizaciones Económicas de la Región Loxicha, Oaxaca.....                      | 87  |
| Cuadro 6. Principales cultivos en el Distrito de Pochutla.....                                           | 88  |
| Cuadro 7. Criterios de café "Bird Friendly".....                                                         | 98  |
| Cuadro 8. Identificación de las variables para el método de valoración contingente.....                  | 106 |
| Cuadro 9. Número de árboles por parcela y total en los cafetales de Loxicha - Pluma Hidalgo, Oaxaca..... | 124 |
| Cuadro 10. Resultados de los índices de biodiversidad.....                                               | 132 |
| Cuadro 11. Cuenca del río Copalita de la Costa de Oaxaca.....                                            | 142 |
| Cuadro 12. Uso del suelo en la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                                      | 146 |
| Cuadro 13. Ecosistemas identificados en las seis subcuencas de la Cuenca del Río Copalita.....           | 147 |
| Cuadro 14. Café bajo sombra en las subcuencas de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.....                 | 150 |
| Cuadro 15. Uso de suelo en la Cuenca del río Copalita y otras.....                                       | 152 |
| Cuadro 16. Características físicas de las cuencas en el área de estudio.....                             | 153 |
| Cuadro 17. Pérdida de suelo al año con cubierta vegetal al 95%, en toneladas/año.....                    | 155 |
| Cuadro 18. Pérdida de suelo al año con cubierta vegetal al 80%, en toneladas/año.....                    | 155 |
| Cuadro 19. Servicios que proporciona el bosque con mercado actual y sin mercado actual.....              | 164 |
| Cuadro 20. Bienes y servicios ecosistémicos que participan en los sectores de                            |     |

|                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| la economía (agrícola, industrial y servicios).....                                                                                                                                           | 164 |
| Cuadro 21. Número total de hoteles identificados en Bahías de Huatulco, Oaxaca.....                                                                                                           | 165 |
| Cuadro 22. Número de servicios ambientales identificados por los gerentes de hoteles en Bahías de Huatulco que consideran que proporciona el área arbolada de la cuenca del río Copalita..... | 167 |
| Cuadro 23. Servicios ambientales del bosque mesófilo de montaña de la región Loxicha-Pluma Hidalgo que identifican los gerentes se beneficia la industria hotelera.....                       | 168 |
| Cuadro 24. Preferencias de la industria hotelera en el manejo de los recursos que aportarían para el manejo y conservación del bosque mesófilo de montaña.....                                | 170 |
| Cuadro 25. Resultados del modelo logit-binomial, de la disposición a pagar de la industria turística de Huatulco, utilizando el método de valoración contingente.....                         | 171 |
| Cuadro 26. Resultados del modelo logístico factorial, de la disposición a pagar de la industria turística de Huatulco, utilizando el método de valoración contingente.....                    | 172 |
| Cuadro 27. Resultados de la DAP, modelo logit – binomial.....                                                                                                                                 | 174 |
| Cuadro 28. Resultados de una simulación en el incremento de la ocupación hotelera.....                                                                                                        | 174 |

## I. INTRODUCCIÓN

Es notoria la manera de cómo durante la presente centuria continúa y se acentúa la presión sobre los recursos hídricos, debido al aumento en la demanda y los niveles de contaminación, lo que conduce a la sobre explotación y deterioro en la calidad del agua; haciéndose visible que el crecimiento de la economía y el bienestar de la humanidad están estrechamente relacionados con los beneficios (una virtual gratuidad) que proveen los ecosistemas en términos de la obtención de alimentos y medios de subsistencia, así como las funciones que éstos ecosistemas desempeñan, a saber: (1) conservación de la biodiversidad; (2) producción y protección de agua para consumo humano; (3) protección hidrológica; (4) belleza escénica; (5) absorción de gases con efecto invernadero, en consecuencia mitigación al cambio climático mediante la captura de carbono; (6) regulación climática; (7) otros.

México posee una extensión de 2 millones de km<sup>2</sup> con una población de alrededor de 112 millones de habitantes, el 75% de ellos habita localidades urbanas, destaca el 98% de las comunidades que tienen menos de 2500 habitantes (INEGI, 2010). En México el 67% de la lluvia se presenta de junio a octubre, espacialmente se concentra en el sureste, región poco poblada; mientras que en el centro y el norte llueve menos y la concentración de la población es mayor. Este escenario desigual en la distribución del agua, en el espacio como en el tiempo, obliga a plantear medidas hacia el futuro.

El agua se destina al consumo humano, la preparación de alimentos e insumos, la higiene, la agricultura, la ganadería, la industria, el transporte, los servicios, la generación de energía, la acuacultura, la recreación, el turismo, a los ecosistemas, principalmente. El agua que se encuentra en los océanos constituye el 97.22% del volumen planetario, en la capas de hielo (2.13%), en almacenes subterráneos (0.611%), en los glaciares (0.015%), en lagos de agua dulce (0.009%), mares internos en la parte continental (0.008%), humedad del suelo (0.005%), en la atmósfera (0.001%) y en los ríos (0.0001%), (Shiklomanov y Rodda, 2003). Estas

cifras revelan que el agua dulce disponible es poca, por ello es necesario conservarla.

El agua que se evapora de los océanos pierde las sales y el vapor es transportado por la circulación del aire atmosférico, donde mediante el proceso de condensación precipita como lluvia, granizo o nieve. Las áreas cubiertas con vegetación que recibe las corrientes de aire provenientes del mar favorecen la formación de nubes, niebla y neblina, dado que el valor de agua contenido en la atmósfera se enfría, condición que se acelera en la lámina foliar de la vegetación la cual ayuda a alcanzar de manera más rápida la temperatura de punto de rocío, con ello se garantiza el ciclo del agua, esa es la importancia de los ecosistemas forestales. Esto es el proceso de producción de agua, ocurre de manera natural; la humanidad no puede reproducir, las condiciones para producir agua a nivel planetario, por ello es difícil que el agua sea mercancía.

Los ecosistemas forestales son importantes en la generación de servicios hidrológicos. México, de acuerdo a su inventario forestal, en el año 2000 tenía cerca de 30.1 millones de ha de selvas y 32.8 millones de ha de bosques, de encino, pino, mesófilo o de niebla; destacando que estos ecosistemas poseen gran diversidad de recursos naturales y de grupos culturales. Para el caso del ecosistema de estudio, el bosque mesófilo de montaña o de niebla, según la OCDE (2003), en México se encuentra fragmentado y estructuralmente perturbado, se estima que de 1993 al 2000, se perdió cerca del 95%.

El bosque mesófilo de montaña ocupaba una superficie aproximada de 800,000 ha en la República mexicana, es decir, menos del 1% del territorio nacional (Rzedowski, 1996), se distribuye en 22 estados del país, siendo los principales por número de localidades: Chiapas, Oaxaca, Veracruz y el Estado de México. Sin embargo, este se encuentra afectado, por: cambio de uso del suelo hacia cultivos anuales y cultivos de temporal, de árboles frutales, cortas y talas clandestinas, ganadería extensiva e incendios forestales, por el calentamiento global, entre otros.

Los servicios ambientales derivados del bosque mesófilo de montaña que proporcionan al ambiente y a la población no son valorados desde el rol que juegan en el ambiente, ni económicamente. Darles un valor a éstos, no sólo se refiere a asignarles un valor económico, sino que se debe establecer el contexto en el cual se valora su importancia.

En gran parte del ecosistema bosque de niebla se practica la cafecultura, la cual no tiene efectos perturbadores como lo causa la ganadería o el monocultivo de gramíneas, debido a que el café se encuentra bajo el arbolado del ecosistema, manteniendo y conservando la arquitectura y la biodiversidad, de ahí el nombre de café bajo sombra. Esta condición permite que el arbolado sea una barrera a la circulación regional del aire, donde tallos, ramas y hojas presentan una menor temperatura con respecto a la temperatura ambiental de áreas carentes de vegetación, lo que favorece que se condensen numerosas gotitas de agua que aportan a la precipitación media anual. Además la presencia de la cubierta arbolada reduce el movimiento del aire por fricción, modifica la temperatura ambiental y la humedad atmosférica, absorbe la energía cinética de la lluvia en la intercepción por hojas, ramas y tallos, lo que permite el flujo por los tallos y una mayor infiltración del agua en el suelo, evitando erosión y remoción de sedimentos.

La importancia del agroecosistema cafetalero ha sido desde el punto de vista económico, donde el aromático representó una fuente importante de divisas, sin embargo en los últimos años han ocurrido caídas en los precios internacionales del café.

En México, los meses de noviembre – marzo se considera como el periodo de cosecha del grano del aromático, época en que el flujo de dinero por la venta de grano se percibe en las comunidades cafetaleras, quienes en forma recurrente han vivido las crisis de bajos precios, por ejemplo desde el ciclo de 1989 – 1990 hasta 1993 – 1994 fueron cinco cosechas de bajos precios, donde el ciclo 1991-1992 fue crítico por el nivel más bajo en los precios; otra crisis reciente la vivieron en los ciclos 2001 – 2002 hasta 2003 – 2004. Así los bajos precios del café en el mercado internacional han impuesto una alta presión sobre el cambio de uso del suelo por

otras actividades productivas altamente perturbadoras y la consecuencia es el incremento en el riesgo de perder los servicios ambientales que proporciona el cafetal, destacando la regulación hidrológica, la protección de cuencas, la fijación de carbono, la producción de agua, la regulación climática, la prevención de desastres, la retención de sedimentos, la formación de suelos, el reciclado de nutrientes, el refugio de especies, la conservación de recursos genéticos, entre otros.

El reto actual consiste en propiciar la gestión para que los productores de café obtengan el reconocimiento, por parte de la sociedad, de la contribución que realizan las zonas cafetaleras del país, en: conservación de la biodiversidad y el suelo, la belleza escénica, la protección y regulación de mantos acuíferos y la mitigación del cambio climático, entre otras. Ello obliga a poder conservarlos sin sacrificar su compatibilidad con la producción.

### **1.1 Planteamiento del problema**

En la Cuenca del Río Copalita del Estado de Oaxaca tiene presencia el bosque de niebla, este bosque se encuentra entre los 1100 y 1500 msnm, zona donde ocurre la precipitación horizontal: nubes, nieblas, neblina y rocío, son los hidrometeoros que aportan agua. La cantidad de agua obtenida por el aprovechamiento de la niebla y neblina depende de factores, como: topografía del lugar, exposición a los vientos dominantes, velocidad del viento, cubierta vegetal, otros (Seoáñez, 2002). En el caso de la vertiente del Pacífico, son los vientos húmedos provenientes del Océano quienes aportan niebla y neblina que condensa, esta deja agua en las ramas y hojas de la vegetación, así como en las rocas, con lo cual estas zonas disponen de abundante humedad, explicando la riqueza fisonómica, ecológica, climática y florística de una franja de vegetación que se ubica en la región Loxicha. En México esta condición representaba el 1% de la superficie nacional y del 10 al 12% de la biodiversidad de todas las especies vegetales (Rzedowski, 1978); el inventario forestal de México para 1999 reporta 1,411,879 hectáreas equivalentes al 0.71% del territorio nacional, lo que significa pérdida del ecosistema.

En la región Loxicha la condensación del vapor de agua procedente del Océano Pacífico ocurre en la zona donde se cultiva café de altura y estrictamente altura, ahí la relevancia de conservar la vegetación e identificar mecanismos para orientar la disposición del consumidor de café por la conservación, donde destaca el movimiento detonado por el Centro Smithsoniano de Aves Migratorias (SMBC) que fomenta el potencial del Café de Sombra en la protección de la biodiversidad. Ello es una oportunidad para promover la competitividad económica de los cafeticultores indígenas, proteger el bosque de niebla y relacionarse al comercio internacional, en particular al segmento interesado en consumir productos que protejan al ambiente, como el café orgánico y amigable con las aves, además de garantizar agua, que en la zona fluye en numerosos arroyos y ríos, como parte del ciclo hidrológico.

En Oaxaca, este agroecosistema significa 55,291 productores, que dependen de la cafecultura para obtener alimentos y medios de subsistencia; además el uso del suelo se orienta a cultivos, como: maíz, frijol, policultivos con naranja, limón, aguacate, entre otros. Entonces, un cambio de uso del suelo significa pérdida de paisaje, biodiversidad, ruptura del ciclo hidrológico, mayor vulnerabilidad a deslizamientos de laderas en eventos lluviosos de larga duración, mayor erosión hídrica, pérdida del potencial de producción de agua, entre otros.

El SMBC promueve la certificación del café bajo sombra, fundados en que estos cafetales son hábitat para las aves y mantienen una alta biodiversidad, por ello se identifica un mercado que paga un sobreprecio por el café de sombra para promover la conservación de la biodiversidad y que los cafeticultores no cambien el uso del suelo, esto exige certificación reconocible y confiable por los consumidores bajo normas establecidas por el SMBC para que puedan comercializar el café de sombra y recibir los beneficios económicos. Entonces el reto es contribuir a sentar las bases para que los cafeticultores alcancen esta certificación.

En la actualidad se identifican instrumentos como el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (CDM por sus siglas en inglés), que atiende proyectos de reducción de emisiones realizadas en países en desarrollo, constituyendo un mercado de carbono, adicional a los programas oficiales mexicanos; el CDM puede contribuir a mejorar los

ingresos en la zona indígena cafetalera produciendo café, conservando biodiversidad y fijando carbono, para ello hay que desarrollar proyectos relacionados al secuestro de carbono.

Dado que el agua es un recurso con diferentes usos, donde destaca el uso humano en las poblaciones, particularizando en el desarrollo turístico de Huatulco, Puerto Angel, Mazunte, Puerto Escondido, donde de los servicios ambientales que produce la selva Loxicha destaca el agua; que en las tarifas de agua para uso doméstico no contabilizan aspectos como producción (captación, filtración natural, conservación de la cubierta vegetal), por ello es conveniente iniciar la valoración del ecosistema de la selva Loxicha y estimar la disposición de los usuarios del agua para proteger las condiciones que favorecen la condensación como fuente de agua dulce en la región, particularmente para las zonas turísticas como Huatulco.

Visto desde un enfoque económico, el bosque mesófilo de montaña o de niebla es un bien público que genera externalidades positivas, en este caso, el recurso hídrico, que como bien público exhibe dos características: la no exclusividad y no rivalidad, esto es: (a) el bosque de niebla no es exclusivo porque no se puede evitar que la zona hotelera disfrute de este recurso sin pagar por él; y (b) la no rivalidad porque el consumo de la zona hotelera de Huatulco no disminuye la cantidad disponible para los habitantes de la selva Loxicha; entonces el agua que se produce en la parte alta de la Cuenca del Río Copalita, es un servicio ambiental, y su abasto está en función de la decisión que realicen los dueños de las tierras cubiertas de vegetación; así un cambio en el uso del suelo, por ejemplo la agricultura de cultivos anuales o ganadería no garantiza el abasto sustentable de agua.

Conservar el uso del suelo en la franja de condensación de las Cuencas es un procedimiento hidroútil, donde cultivar café bajo sombra obliga a los cafeticultores mantener un estrato con arbolado para crear las condiciones de condensación, si eliminan ésta cubierta vegetal no es posible que el vapor de agua encuentre una superficie lisa y fría para volver utilizable el valor de agua; además este arbolado amortigua la energía cinética de las gotas de lluvia y reduce el escurrimiento superficial de eventos hidrometeorológicos como las tormentas y ciclones tropicales lo

cual es una estrategia para la conservación del suelo y la protección hidrológica de la parte baja de la cuenca; esta estrategia ha permitido conservar la biodiversidad arbórea.

Este bien no es valorado en el mercado, es decir, existe una falla de mercado, lo que significa que los indígenas cafetaleros no reciben un estímulo económico para conservarlo y en la búsqueda de mejores opciones productivas ante las crisis recurrentes de bajos precios del grano de café, los cafetaleros pueden transitar hacia el cambio en el uso del suelo, lo que significa pérdida de este ecosistema, esto se asocia al riesgo que aguas abajo no dispongan de este recurso hídrico, por lo que la opción es que la industria hotelera contribuya para su conservación mediante un pago.

## **1.2 Justificación**

La dinámica económica y social en las regiones cafetaleras de México y del mundo, depende en gran medida de los ingresos derivados de la producción y comercialización del aromático; debido a que en los últimos años los precios internacionales del café tienen altibajos, el incremento de los costos de producción y una especialización en la producción, las regiones cafetaleras de México y del mundo, viven una crisis prolongada en la historia de la producción mundial del café (Giovannucci, 2001; Ortiz, 2004). Salvo en la cosecha 2010 – 2011 que el precio del aromático ha mejorado.

En México, se reconoce que no existen soluciones unilaterales para enfrentar la compleja crisis del café; en las regiones cafetaleras las organizaciones sociales han enfrentando la crisis con acciones tales como: la diversificación productiva de los cafetales, la promoción del consumo interno, la producción del café de especialidad, la producción orgánica, el mercado justo, entre otras.

La diversificación y reconversión productiva, no ha sido suficiente para superar la crisis, sobre todo si se considera la baja productividad del aromático. La promoción del consumo interno de café fue una buena medida adoptada por el extinto

INMECAFÉ (Instituto Mexicano del Café) en la década de los ochenta con la apertura de los “Café y Arte”, lamentablemente este programa fue abandonado porque, entre otras cosas, no consideró la cultura de consumo de los mexicanos y las leyes de industrialización toleraban la adulteración del café. Ahora inmersos en la crisis, se retoma nuevamente esta estrategia de consumo interno, sin embargo los productores no pueden esperar una mejoría en el precio del café como un efecto del incremento en el consumo interno. Países como Colombia y Brasil, se caracterizan por una larga tradición en cuanto a su política de consumo interno y aventajan a México por más de 20 años. Mejorar la productividad y calidad del café que se produce en México podría ser la opción más viable, con resultados a corto plazo, sin embargo, son varios los obstáculos que se deben vencer, ello implica un reto para todos los agentes involucrados en la producción, transformación y comercialización del café.

Estudios dirigidos a identificar las preferencias de los consumidores, demuestran que existe interés por otros aspectos asociados con la producción del aromático, destacando el interés por cafés orgánicos, cafés de especialidad, un factor que está empezando a incidir en la preferencia de los consumidores es el interés por conservar el ambiente, es decir, crece la preocupación por reducir los efectos ambientales adversos y el convencimiento de que los cafetales con sombra diversificada contribuyen a la conservación de la diversidad biológica (CCA, 1999; Giovannucci 2001; Davidson, 2005).

El agroecosistema de café bajo sombra no ha modificado la distribución de las especies arbóreas nativas, éste no es perturbador como otros usos del suelo, por ejemplo el monocultivo de cultivos básicos y la ganadería extensiva. En muchas regiones cafetaleras los campesinos han diseñado agroecosistemas diversificados, donde coexisten especies arbóreas frutales, arbustivas y herbáceas con el cultivo del café, donde dominan relictos de la vegetación natural. Por ello el cafetal diversificado es considerado como un agroecosistema importante para la conservación de la biodiversidad (Oldfield 1987; Becauge, 2001; Toledo y Moguel 2001), no obstante, la intensificación de su manejo y reconversión a otros usos del suelo, disminuye su

potencial, restringiendo a su vez los servicios ecosistémicos que ofrecen (Philpott, 2006).

Ante esta situación de que el agroecosistema de café bajo sombra es una estrategia para conservar la biodiversidad, y por otra, los bajos rendimientos y precios de este producto, es urgente generar una estrategia que contribuya a conservar este agroecosistema, a la vez que permita a los cafetaleros indígenas mejorar sus ingresos. Una alternativa es el pago por servicios hidrológicos en este bosque de niebla emplazado en la región Loxicha, Oaxaca.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Estimar la disposición a pagar por la industria hotelera utilizando el método de valoración contingente para la conservación del bosque de niebla y protección de cuencas hidrológicas en las zonas cafetaleras bajo sombra emplazadas en la región Loxicha, Oaxaca.

#### **1.3.2 Objetivos Particulares**

- Identificar la disposición a pagar de la industria hotelera utilizando un modelo logit – binomial, derivado de los resultados de las encuestas aplicadas con base al método de valoración contingente.
- Estimar la cantidad de vapor de agua que ingresa del Océano Pacífico, así como la biodiversidad vegetal en los cafetales bajo sombra.
- Caracterizar el papel del café bajo sombra en la protección de cuencas hidrológicas y la conservación de la biodiversidad.
- Identificar el impacto del cambio climático en el bosque mesófilo de montaña de la región Loxicha para dimensionar el impacto en la oferta del servicio ambiental hídrico.

#### **1.4 Hipótesis**

La zona hotelera turística de Huatulco está dispuesta a hacer aportaciones económicas para conservación del bosque de niebla, el recurso hídrico y los otros servicios ambientales que se producen en la selva de la Región Loxicha que benefician al ambiente, la humanidad y las actividades económicas.

## **II. MARCO HISTORICO Y CONCEPTUAL DE LA VALORACION DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES**

### **2.1 Evolución del concepto valor**

Los economistas definen el valor de un producto al determinar el precio de un bien o un servicio; bajo esta lógica el precio cubre los costos de producción, permite obtener una ganancia y garantiza que los compradores sigan comprando el bien producido.

El filósofo griego Platón (429 – 347 a. C.), fundó la escuela conocida como la Academia en un olivar de las afueras de Atenas, escribía: “sólo lo que es raro tiene valor, el agua, que es la mejor cosa de todas, es también la más barata”. Esta afirmación expresa la idea que no es lo mismo valor y precio, no necesariamente coinciden. El valor sería lo ideal, lo fundamental. Entonces según esta máxima, el agua no tiene precio, pero tiene un costo, donde el consumidor nunca ha pagado el costo del agua (Riera *et al.*, 2005).

Aristóteles (384 – 322 a. C.), fundó su filosofía y escuela, el Liceo, fue el filósofo más interesado en la historia natural, propuso explicar la naturaleza de los seres vivos, abordó la distinción entre el verdadero valor de algo para las personas y el valor de cambio o precio: “todas las cosas que poseemos tienen dos usos; uno es propiamente el uso, y el otro, no tanto propio, es secundario”. Aristóteles distinguía valor de uso y valor de cambio, el valor de uso lo concebía como un valor intrínseco y sin precio, mientras que el valor de cambio se utilizaba en el comercio y constituía el mecanismo de intercambio de bienes (Cachanosky, 1994).

A finales de la edad media, Santo Tomás de Aquino (1224 – 1274), definió una nueva relación entre la teología y el estudio de la naturaleza, dejaba a la razón humana libre para estudiar a la naturaleza, anteponiendo que los resultados deben ilustrar el origen divino del mundo material, así el valor de algo estaba relacionado con el divino propósito, comentaba por ejemplo que el precio por un caballo podía superar el precio de un esclavo, pero que el valor por un esclavo era superior dado

que ostentaba una posición superior en el orden de la naturaleza de acuerdo a la creación divina (Cachanosky, 1994).

Los naturalistas del renacimiento hasta finales del siglo XVII separaban sus intereses humanistas, se condujo a una descripción más exacta, describieron la naturaleza en términos de propiedades observables, despojaron a la naturaleza de su valor simbólico, aunque no se liberaron de sus connotaciones religiosas. Así, se volvió a la idea de valor como reflejo de la satisfacción personal por el uso que ya se encontraba en Aristóteles. Los empiristas británicos, en cambio, tomaron otra aproximación; para John Locke, David Hume, Adam Smith, entre otros, el verdadero valor de las cosas estaba en lo que costaba producirlas, este era su verdadero valor, su precio fundamental o costo natural, al que tendería el precio de mercado, más influenciado por los vaivenes de la oferta y la demanda. Principalmente los economistas Smith y Ricardo tuvieron mucha influencia en la diseminación de esta forma de entender el valor (Riera *et al.*, 2005).

En el siglo XVIII los naturalistas y la gente comenzaron a apreciar la naturaleza sin temor, las montañas entraron a la categoría de objetos bellos y se contempló complacer a los seres vivos, así se inició a valorar la historia natural, ahí está el inicio del punto de vista ecológico o lo que se llamaba economía de la naturaleza, donde economía implica que el sistema ha sido ordenado de manera racional para el beneficio material de alguien, por ejemplo Richard Bradley (1688 – 1731) apuntaba que cada especie de insecto se alimentaba a una planta en particular, por ello prevenía a los agricultores que no mataran a los pájaros que visitaban sus campos de nabos, porque estos se alimentaban de los insectos que dañaban al cultivo, esta advertencia hoy la conocemos como una relación ecológica (Riera *et al.*, 2005).

Adam Smith (1723 - 1790) distinguía además entre tipos de valor de forma parecida a como lo hacía Aristóteles, Smith afirmaba: “hay que observar que la palabra Valor tiene dos significados distintos, a veces expresa la utilidad de algún objeto particular, a veces el poder de compra de otros bienes que la posesión de este objeto comporta. Uno se puede llamar “valor de uso”; el otro “valor de cambio”. Las cosas que tienen un mayor valor de uso tienen con frecuencia poco o ningún valor de

cambio; por el contrario, aquellas que tienen el mayor valor de cambio tienen con frecuencia poco o ningún valor de uso”. El caso del agua es un recurso estable abundante en teoría, es vital, la demanda se multiplica conforme la población crece. En su concepción se considera barato lo que puede obtenerse con facilidad o con poco trabajo (Cachanosky, 1994).

Adam Smith y el mismo David Ricardo, economistas clásicos explicaron que la fijación de precios se determinaba por los costos de producción, que implicaba sumar costos de mano de obra, materia prima, uso de maquinaria y herramientas, así como su desgaste, infraestructura, renta de edificios, entre otros. Estos economistas concibieron que los recursos naturales como el agua no representaba valor, ya que no se invierte trabajo humano para producirla, su abundancia también la convertía en mercancía barata.

En contraparte la teoría marxista define el valor como el trabajo socialmente invertido en un producto que se concreta en mercancía, es ésta la que se puede intercambiar por otra mercancía, de ello se rescata que es el trabajo lo que genera valor. Entonces la tierra y el agua no son mercancías, si alguien requiere agua acepta pagar una renta al que la monopoliza, si este costo figura como un precio, el cual permite la confusión del agua como mercancía. El precio no paga un valor, sino una renta.

El origen del uso actual del concepto de valor, tiene su precedente directo en el ingeniero francés Arsène Jules Dupuit, quien a mediados del siglo XIX, modelizó el concepto de “utilidad marginal decreciente”. Dupuit propuso que la curva de demanda correspondía a la máxima disposición a pagar por sucesivas unidades del bien o el “máximo sacrificio expresado en dinero que cada consumidor quería hacer para adquirir un objeto”; ésta era la media del valor. Al mismo concepto llegó el economista británico Alfred Marshall pocas décadas después, con una formulación más matemática, con mayor influencia en los economistas de la época y posteriores.

Herman Heinrich Gossen (1810 – 1858) es el primer autor que desarrolló una teoría del consumo sobre el principio marginal, formuló por primera vez la teoría de la

utilidad marginal, posteriormente fue adaptada y desarrollada por Jevons, Menger y Walras. Postuló dos leyes; en la primera formula el principio de utilidad marginal decreciente, es decir, que la utilidad marginal, la variación de la utilidad total ante una variación de la cantidad consumida, disminuye a medida que aumenta la cantidad consumida, por ejemplo, los primeros tragos de agua que una persona bebe le otorgan una gran utilidad, a medida que bebe más agua, la utilidad que le proporcionan vasos adicionales es menor. En su segunda ley describe una condición para maximizar la utilidad; es decir, una cantidad dada de un bien debe distribuirse entre sus diferentes usos de manera que las utilidades marginales sean iguales en todos sus usos (Cachanosky, 1994).

William S. Jevons (1835 – 1882) consideró que la utilidad sólo puede ser medida en términos ordinales y que la utilidad proporcionada por un bien es inversamente proporcional a la cantidad de ese bien previamente poseída y establece la diferencia entre utilidad total y lo que llamó "grado final de utilidad", que después recibió el nombre de utilidad marginal, afirmó que "el valor del trabajo debe determinarse a partir del valor del producto y no el valor del producto a partir del valor del trabajo" contradiciendo así la teoría clásica de la tradición ricardiana y marxista.

Uno de los más importantes axiomas de Jevons, es que a la vez que aumenta la cantidad de cualquier bien que un hombre tiene que consumir, por ejemplo la simple comida, la utilidad o beneficio que se deriva de la última porción usada disminuye en grado, lo explica de la siguiente manera: un cuarto de galón de agua por día tiene la altísima utilidad de evitar que una persona muera de la manera más terrible; varios galones por día pueden tener mucha utilidad para propósitos como cocinar y lavar; pero luego que se ha asegurado una adecuada disponibilidad para estos fines, cualquier cantidad adicional es cuestión prácticamente de indiferencia. Entonces el agua hasta cierta cantidad es indispensable, cantidades adicionales tendrán varios grados de utilidad, pero que mas allá de cierta cantidad la utilidad descende gradualmente a cero, inclusive puede volverse negativa, es decir, cantidades adicionales de la misma sustancia pueden volverse molestas y perjudiciales (Cachanosky, 1994).

León Walras (1834 - 1910) suponía que todos los mercados en los cuales un bien se demandaba u ofrecía funcionaban en el marco de la competencia perfecta, en su modelo concibió el concepto de *raretés*, que definió como “la cantidad poseída inicialmente de las mercancías que son objeto de intercambio”, luego señaló la condición de que los precios permanecen invariables cuando tiene lugar la redistribución entre sus poseedores, si y solamente si el valor de la suma de las “cantidades poseídas por cada una de estas partes (para el intercambio) permanecen “iguales”; esas *raretés* son para Walras la causa del valor de cambio. Además, enunció, siguiendo los conceptos de su padre, que: “el valor proviene de la escasez”. Así oponía este concepto al enfoque de Adam Smith y de David Ricardo (Cachanosky, 1994).

Karl Menger (1840 – 1921) sostenía que los bienes adquirirían valor cuando las posibilidades de los mismos eran insuficientes para cubrir las necesidades que satisfacen o bien cuando al disminuir la cantidad de bienes existentes, ya no son suficientes; al contrario, aquellos bienes que existen en tal cantidad que una parte de los mismos quedan sin uso carecerán de valor. Por lo tanto el valor de los bienes tiene su origen en la relación existente entre los bienes y las necesidades de los sujetos económicos y no sólo en los propios bienes (Cachanosky, 1994).

Alfred Marshall (1842 – 1924), sintetiza el valor de cambio o precio de la siguiente manera, afirma que en el corto plazo el precio está determinado fundamentalmente por la demanda; en el largo plazo por los costos de producción y en el mediano plazo por la oferta y la demanda (Cachanosky, 1994).

El valor de uso se refiere a los bienes necesitados por los individuos para satisfacer sus requerimientos de supervivencia, este valor denota la importancia que los bienes tienen para cubrir las necesidades básicas. Representa la utilidad que la sociedad le asigna y se le concibe como derechos humanos. Mientras que el valor de cambio se entiende como la capacidad de una mercancía de intercambiarse por otra; esto es lo que facilita los intercambios entre bienes y servicios.

La teoría económica concibe los bienes de una sociedad como los activos disponibles para su uso o consumo actual y futuro. El agua se ubica entre los bienes naturales, aunque recientemente las empresas lo han transformado en un bien creado, cuando lo potabilizan o embotellan, pero no le quita la función de un bien natural.

En opinión de Ramos (2004), se distinguen siete tipos de bienes:

1. **Bienes públicos.** Se ofrecen a toda la sociedad, nadie debe ser excluido o restringido a su consumo. Se conocen como derechos humanos básicos, constitucionalmente se garantiza a los ciudadanos, es el sector público el responsable de ofrecer estos bienes.
2. **Bienes privados.** Tienen propietarios, se ofrecen a la sociedad a través del mercado como mercancías y su intercambio es por dinero. En el caso del agua, las empresas embotelladoras explotan los acuíferos y en el mercado ofrecen botellas de agua potable, cuyo valor obedece a la lógica del mercado y a la maximización de las ganancias.
3. **Bienes sociales.** Refiere aspectos como alimentos, vivienda, vestido, agua que una sociedad requiere para la supervivencia; el mercado acepta que el Estado participe para garantizar a los sectores más vulnerables su consumo. En el caso del agua se plantea que todo ciudadano tenga un acceso a un volumen mínimo para beber y atender sus necesidades higiénicas.
4. **Bienes libres.** Se supone que son abundantes y su precio es cero, es el caso del aire, el agua de mar, el agua de los ríos, entre otros. Existen numerosas experiencias de desequilibrios, ante ellos se requiere un manejo, en el caso del agua hablamos de acuíferos sobreexplotados, ríos contaminados.
5. **Bienes comunes.** Son bienes de la nación y el Estado los regula. En el caso del agua la Ley de Aguas Nacionales otorga concesiones para extraer agua de los acuíferos, ríos o lagos.
6. **Bienes mercancía.** Se compran y se venden en el mercado. El caso del agua es un bien común que en la actualidad, pretenden transformarla en mercancía, el Estado otorga la concesión a empresas que ofrecen en el mercado agua

embotellada, así este bien público y/o común aparece en el mercado con un nuevo propietario y se vende en el libre mercado.

7. **Bienes económicos.** Son bienes escasos e implican un costo de oportunidad a la sociedad. En México el agua es un bien común; sin embargo en años recientes el agua pretende verse como un bien económico, lo que permite identificar localidades rurales a ciudadanos con limitaciones al acceso a este líquido, restringiendo los derechos humanos, pese a que es una obligación de Estado cumplir con sus compromisos.

A la luz de lo expuesto, el agua en la sociedad contemporánea tiene varias acepciones, sin embargo destaca que es un bien común, donde todo ser vivo (personas, animales, plantas y microorganismos) requieren agua para vivir, así el cuerpo humano se constituye de 60 a 75% de dicho líquido, estimándose que una persona mínimo necesita entre 5 litros/día para beber y satisfacer sus necesidades básicas, cuando se contabiliza el agua requerida para cocinar, bañarse, higiene, entre otras, alcanza una cifra de 120 litros/día (Uribe, 2009). En México, alrededor de 11 millones de habitantes sufren déficit de agua, que en el marco de los compromisos del milenio el gobierno mexicano para el año 2015, asumió la responsabilidad ante la Organización de las Naciones Unidas de reducir al 50% dicha deuda social.

El tema agua es controversial, por una parte es esencial para la vida, su acceso se concibe como un derecho humano en múltiples convenios internacionales, lo que plantea que todas las personas deben disponer de agua suficiente, accesible, segura y aceptable para consumo humano, uso personal y doméstico. El agua se considera una riqueza nacional, en consecuencia un bien común; el agua no se obtiene por trabajo humano, es parte del ciclo hidrológico que relaciona en un sistema los componentes: mares, lagos, ríos, el agua subterránea, la humedad del suelo, el vapor atmosférico, el rocío (Lvovich, 1975). Este ciclo corresponde a un proceso global ininterrumpido, donde participan numerosos fenómenos naturales, es la energía térmica y la gravitación, las fuerzas motrices del ciclo, donde el calor provoca la evaporación, la condensación del vapor del agua, entre otros procesos, mientras

que la fuerza de la gravedad permite la caída de la lluvia, el flujo de los ríos; la interacción de estos dos factores explica la circulación atmosférica.

Lo expuesto permite concluir que el agua no es mercancía, retomando la teoría del valor – trabajo de Adam Smith y David Ricardo, perfeccionada por Karl Marx, las cosas valen por el trabajo humano que se ocupa para producirlas. Debe reconocerse que el agua que existe es parte del ciclo hidrológico, es un recurso natural no renovable, vital, del que depende la vida, cuyo proceso de producción natural no es reproducible por el trabajo y la técnica humana; el agua es un bien, atiende necesidades del cuerpo humano y numerosos usos productivos, imprescindible en los ecosistemas y en el nivel celular; la producción de agua no es un proceso de producción fabril, por ello el agua no puede ser mercancía, en sentido estricto la sociedad no es capaz producir agua en los volúmenes planetarios. El agua existe por naturaleza.

Existen procedimientos hidroútiles producto del trabajo humano que contienen valor, ellos pueden en determinadas circunstancias sociales ser mercancías, por ejemplo el proceso de extracción, purificación, embotellamiento, almacenamiento, transportación, desinfección, clarificación, desodorización, refrigeración, calentamiento, entre otros. Todos estos procesos ayudan para volver útil el agua, eso tiene un valor dado que su ejecución exige esfuerzo humano. Los procedimientos hidroútiles poseen valor y son mercancías; más no el agua; es común que estos se confundan con el agua, ello conduce a que el agua cuesta y tiene valor, por ello es mercancía, debe reconocerse que los procedimientos hidroútiles poseen trabajo humano, por ello valor y la acepción de mercancías, en consecuencia son comprados y vendidos, por ello es factible lucrar con ellos, además estos procedimientos pueden conducir a sobreexplotar y contaminar los acuíferos. Entonces se justifica pagar por los servicios hidroútiles que hace posible el suministro de agua, entonces es posible pagar los costos de dichos servicios, pero no por el agua (Veraza, 2007).

Entonces el abastecimiento de agua, el cual vía impuestos podría realizarse, si se concibe como un bien público y un derecho humano que se funda en un recurso

estratégico, lo cual garantizaría que todos los mexicanos tengan un acceso mínimo, donde el Estado es el responsable de otorgarlo y regularlo; el agua potable que se distribuye por la red pública, por la cual pagamos como ocurre con la energía eléctrica, es un servicio, donde el gobierno extrae el agua, la potabiliza y la lleva al usuario final, esta realidad coloca la confusión de que el agua es un bien económico, en muchas localidades está ocurriendo el paso como una mercancía y bien privado, lo que explica que sectores de la población no tengan acceso a este vital líquido, atentando contra sus derechos humanos. En el caso del agua cuyos fines son productivos: uso industrial, agropecuario, de servicios, y el exceso en el uso doméstico podría tener un valor de cambio.

México vive esta dicotomía así, en la Ley Federal de Irrigación de 1927 el agua se concebía como un bien común, su gestión dependía de las poblaciones que la utilizaban para la producción y el uso humano.

La Ley Federal del Agua de 1972, a este vital líquido lo reconoció como un bien público o nacional; en 1992 la Ley de Aguas Nacionales impulsada por Carlos Salinas de Gortari, el agua por ley se convierte en un bien económico, tomando consideraciones, como un reconocimiento de escasez de recursos financieros para atender la demanda de agua potable y saneamiento; ante ello se abrió la participación al sector privado. En 2004 con el gobierno de Fox, se reduce la responsabilidad del Estado a la conservación del recurso, construyen la idea de que para garantizar agua, dado que el Estado no es eficiente, entonces la gestión de agua potable y saneamiento debe ser privada.

A partir de 1992 el Estado Mexicano impulsa una política de valorar el agua, pese a que en muchas regiones del país es un recurso abundante, particularmente el Estado desatiende la obligación de brindar este derecho humano, de manera simultánea en las zonas urbanas se vende la idea de un servicio, sin embargo no se diferencia una tarifa de consumo básico (120 litros/día/persona) y tarifas diferenciales para aquellos que utilizan agua en jardinería, albercas, lavado de autos, y otros usos no básicos.

En la sociedad contemporánea, países como Israel, el agua es una mercancía de primera necesidad, donde la autoridad nacional distribuye el agua entre las localidades y las autoridades locales la administran para aplicar una tarifa para el consumo básico de un hogar.

En México se ha vuelto atractivo envasar el agua, lo cual además se está convirtiendo en un problema ambiental, ya que las empresas, particularmente las refresqueras han secado manantiales, destruido hábitats de flora y fauna silvestre y producen plásticos que se confinan en los basureros; se identifican empresas embotelladoras como el grupo Perrier que pertenece a la Nestlé, Danone, Coca Cola, Pepsicola, entre otras.

## **2.2 Valoración y medio ambiente**

En una economía ideal, el mecanismo de mercado asegura una asignación eficiente de los recursos, maximizando el bienestar social. En las economías del mundo real, el libre juego de la oferta y la demanda no siempre conduce a situaciones socialmente eficientes, debido a excepciones de la teoría general conocida como “fallas de mercado”.

Una de esas situaciones de asignación ineficiente, se manifiesta por la presencia de “bienes públicos”. La particularidad de estos bienes radica en que proporcionan beneficios no excluibles y no rivales. El carácter de no excluible, implica que es técnicamente imposible o muy costoso excluir a cualquier persona de los beneficios derivados del disfrute del bien, por ejemplo el consumo del oxígeno donde cada humano adulto consume 13.5 kilogramos de aire diariamente (Flannery, 2007). No rival significa que no existe competencia entre los consumidores, ya que el disfrute del bien por parte de uno de ellos, no reduce su disponibilidad para los demás.

Las características mencionadas, hacen que los bienes públicos originados en el ambiente resulten gratuitos para el consumidor, en el sentido de que no es obligatorio pagar un precio para disfrutar de ellos, por ejemplo en el planeta tierra la temperatura media superficial es de alrededor de 14°C, ahí el CO<sub>2</sub> es crucial en

mantener este termostato, sin embargo la combustión de energía fósil crea  $\text{CO}_2$  y en el aire se incrementa su concentración, es ahí donde la fotosíntesis realizada por las hojas de la vegetación utiliza este carbono para transformarlo en biomasa y liberar oxígeno. El mecanismo de mercado no genera las señales indicativas respecto de su escasez relativa, necesarias para su eficiente asignación. Es aquí donde la valoración económica resulta necesaria en la medida que permite descubrir el valor económico de estos bienes y proporciona información útil a los tomadores de decisiones en lo referente a la importancia relativa de éstos frente a los demás, a la vez que contribuye al diseño de políticas de acción, cuidado y preservación.

Los bienes ambientales pertenecen a esta categoría, el problema derivado de la ausencia de incentivos para revelar la disposición a pagar imposibilita conocer el valor que los mismos tienen. Pero no identificarlo rápidamente, no implica que su valor no exista; para estimarlo, se debe hacer uso de metodologías que permitan “descubrir” las preferencias que los consumidores estratégicamente ocultan.

### **2.2.1 Transdisciplina: individuo, sociedad y ecosistema**

El enfoque integral ecosistémico, permite identificar que en lugares remotos e ignorados, en el campo hay gente que está realizando algún tipo de manejo orientado a la mejora del hábitat. Esta actividad aporta una rentabilidad ambiental elevada, sin embargo, aún no está siendo reconocida por la sociedad en general, ni por los núcleos urbanos, ni por la industria turística en particular.

La baja sensibilidad, conciencia y cultura del ciudadano común y corriente hacia la problemática ambiental obedece más a una visión antropocéntrica que a una ecosistémica. Históricamente al agua se le ha considerado como un don o un bien público gratuito. Y lo es en el sentido de que no se paga por el valor del agua en su sentido de recurso físico – natural y finito, sino por su suministro, si acaso. Por ello existe la necesidad urgente de valorar económicamente y en sus justas dimensiones al medio ambiente. Al fallar el mercado en hacer explícitos los valores y servicios que proveen los recursos naturales, éstos se ofrecen a un costo cercano a cero, generándose así una diferencia entre la valoración y su uso privado y la valoración

social de los mismos. Al estudiar la relación hombre – naturaleza, destacan tres visiones o enfoques:

- (1) El centrado bienestar del individuo, tiene que ver con aquellas políticas orientadas hacia soluciones particulares y de las necesidades individuales.
- (2) El orientado al bienestar económico de la sociedad en su conjunto, este segundo análisis, menos egoísta, se refiere a políticas con un enfoque social y de bienestar de la familia.
- (3) El que privilegia el bienestar de los ecosistemas, es más integral y holístico, debido a que está más orientado hacia los ecosistemas.

El binomio se vuelve racional y de menor conflicto, cuando se entiende la interrelación dialéctica entre el bienestar de la sociedad y la conservación de los ecosistemas; es una condición *sine qua non*, ambos deben de marchar juntos.

### **2.3 Concepto de servicios ambientales**

Un ecosistema es una comunidad de seres vivos cuyos procesos vitales se encuentran interrelacionados; el desarrollo de estos seres vivos se produce en función de los factores físicos de ese ambiente. Los ecosistemas reúnen a todos los factores bióticos (plantas, animales y microorganismos) de un área con los factores abióticos del ambiente, con ello dan sustento a la vida humana, debido a que suministran: (a) alimentos; (b) agua; (c) mantienen una reserva de recursos genéticos en constante evolución; (d) conservan y regeneran los suelos; (e) fijan nitrógeno y carbono; (f) reciclan nutrientes; (g) controlan inundaciones; (h) filtran contaminantes; (i) polinizan cultivos; (j) otros. Los componentes de un ecosistema interactúan unos con otros en su ambiente físico, confiriendo características definibles, por ejemplo en términos de su vegetación, de temperatura, de disponibilidad de agua, concentración de oxígeno, entre otros (Margalef, 1981).

Ecosistema tiene la raíz eco del griego *oikos* que significa casa; sistema refiere a un conjunto en el que se distinguen elementos que actúan unos con otros, o interactúan entre ellos (Margalef, 1981). Ecosistema es una contracción del vocablo sistema

ecológico que en opinión de Maass y Martínez (1990), se caracterizan por: (a) ser sistemas abiertos; (b) estar formados por elementos bióticos y abióticos; (c) poseer componentes cuyas interacciones mantienen mecanismos de retroalimentación; (d) sus interacciones establecen redes alimenticias e informacionales; (e) su estructura es jerárquica; (f) cambiar con el tiempo; y (g) poseer propiedades emergentes. En el ecosistema interesa conocer las relaciones entre los elementos interactuantes.

Entre los componentes abióticos se incluyen el agua; el ecosistema es abierto, tienen entradas y salidas de materia y energía, en el ciclo hidrológico para el análisis ecosistémico se utiliza la cuenca hidrográfica como unidad de estudio, manejo y conservación.

Una vez definido el concepto de ecosistema, Hueting *et al.* (1998), diferencia bienes y servicios ambientales, concibe *bien ambiental*: al agua, madera, sustancias medicinales, es decir, objetos que son producto de la naturaleza directamente valorados y aprovechados por ser humano; mientras que los *servicios ambientales* son aquellas funciones de los ecosistemas que generan los beneficios y bienestar para las personas y comunidades, este autor menciona que los servicios ambientales ni se transforman ni se gastan en el proceso de utilización del consumidor, mientras que los bienes ambientales utilizados como insumos en los sistemas productivos, en cuyo proceso se transforman y se agotan.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) en México define el ecosistema forestal como la unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de estos con el ambiente. Los recursos forestales comprenden a la vegetación de los ecosistemas forestales; sus servicios, productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales. Terreno forestal, dicha ley lo concibe como aquel que está cubierto por plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas y otros ecosistemas.

En el marco de la LGDFS, los servicios ambientales son bienes que brindan los ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o mediante el manejo sustentable,

por ejemplo la provisión del agua; la captura de carbono y contaminantes atmosféricos; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales; la regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y de las formas de vida; la protección y restauración de suelos; el paisaje y la recreación; entre otros.

FAO (2007), reconociendo que los ecosistemas constituyen el sostén de la vida los clasifica en cuatro grupos: (1) servicios de suministro; (2) servicios reguladores; (3) servicios culturales; y (4) servicios auxiliares. La biodiversidad no está clasificada en ninguna de las cuatro categorías de FAO, ésta desempeña una función superior en el suministro de servicios de ecosistemas, la biodiversidad está directamente relacionada con la producción de alimentos, el mantenimiento de recursos genéticos y el valor estético de un paisaje; los cambios en la biodiversidad tienen consecuencias directas para la producción de todos los servicios de ecosistemas.

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio, describe a las cuatro categorías de manera amplia, a saber:

### **1. Servicios de suministro.**

- (a) alimentos
- (b) agua dulce
- (c) leña
- (d) fibra
- (e) productos bioquímicos
- (f) asentamientos humanos

### **2. Servicios de Regulación**

- (a) protección contra influencias cósmicas nocivas

- (b) regulación de los balances de energía local y global
- (c) regulación de la composición química de la atmósfera
- (d) regulación de la composición química de los océanos
- (e) regulación del clima local y global
- (f) regulación de las escorrentías y prevención de inundaciones
- (g) recarga de aguas superficiales y subterráneas, así como purificación del agua
- (h) prevención de la erosión del suelo y control de los sedimentos
- (i) formación del suelo y conservación de la fertilidad
- (j) fijación de la energía solar y producción de biomasa
- (k) almacenamiento y reciclaje de materia orgánica
- (l) almacenamiento y reciclaje de nutrientes
- (m) almacenamiento y reciclaje de desechos humanos
- (n) regulación de los mecanismos de control biológico
- (o) mantenimiento de hábitat para la crianza y migración de las especies
- (p) mantenimiento de la diversidad biológica y genética

### **3. Servicios de Culturales**

- (a) espirituales y religiosas
- (b) esparcimiento y ecoturismo
- (c) estéticos
- (d) científico y educativo

(e) histórico y patrimonio cultural

#### **4. Servicios Auxiliares**

(a) formación de suelos

(b) ciclos biogeoquímicos

(c) producción primaria

En la sociedad se identifican servicios ambientales, cuyos productos y servicios son comercializados, ahí compradores y vendedores pactan el valor, es el caso de la madera, la leña, frutos silvestres, entre otros; estos servicios tienen valores directos de uso directo.

Los expertos en servicios ambientales identifican beneficios indirectos que la sociedad obtiene de los ecosistemas, por ejemplo de los bosques y selvas, destacan: (1) la protección de las cuencas hidrológicas que incluye: (a) la regulación del ciclo hidrológico, destacando el mantenimiento del caudal o gasto en la temporada de secas; (b) el control de gastos excesivos que favorecen las inundaciones; (c) la reducción al mínimo de sedimentos y nutrientes, influyendo en la calidad del agua; (d) el abatimiento de la erosión hídrica y la sedimentación; (e) la estabilidad de los mantos freáticos; (2) la conservación de la biodiversidad, capital representado por innumerables especies vegetales y animales; (3) la captura de carbono que mediante el proceso fotosintético se almacena carbono en la biomasa; (4) el uso recreativo; (5) la belleza escénica (Bishop y Landell, 2006). Además, debe incluirse la producción de agua mediante el proceso de condensación que ocurre en las hojas debido al vapor de agua transportada del océano, es el caso del bosque de niebla que intercepta la humedad relativa, produciéndose el rocío, dando como resultado un mayor abasto de agua al suelo, en consecuencia al caudal.

Conocer la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas ofrece bondades: (a) conocer hasta donde puede modificarse y orientar su potencialidad en sistemas sustentables; (b) diseñar estrategias para restaurar ecosistemas; (c) implementar

acciones de aprovechamiento y conservación; (d) diseñar agroecosistemas sustentables, es decir diseñar prácticas en el ecosistema, para transformarlo para dirigir su potencialidad en beneficio del hombre, destacando los ciclos biogeoquímicos. Esta es la base de la economía azul.

Estas aportaciones que ofertan los ecosistemas se denominan “**servicios**”, que hoy en día enfrentan dos desafíos: (1) el aumento de la población; y (2) el crecimiento económico y una mayor integración global, ya que se pide a la agricultura que suministre una oferta cada vez mayor de bienes y servicios basados en el ecosistema. Así, a los servicios ambientales forestales la población en general los percibe como un regalo de la naturaleza.

Esta situación ha construido el desarrollo mercantil de los servicios ambientales, como un instrumento potencial que coadyuva a la ordenación sustentable de los ecosistemas, así se generan fuentes de financiación e incentivos para adoptar prácticas de ordenación sustentable.

En opinión de Daily (1997), los servicios ambientales son condiciones y procesos mediante los cuales, los ecosistemas apoyan y sustentan a los seres humanos.

Constanza et al., (1997), señalan que los servicios ambientales consisten en flujos de energía, materiales e información, donde el capital natural combinado con el industrial y el capital humano producen bienestar. El capital global toma diferentes formas, la mayoría identificables en formas físicas, incluyendo capital natural (árboles, atmósfera, minerales, otros), capital industrial (máquinas y edificios) y capital humano (cuerpos físicos).

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2003), concibe a los servicios ambientales como los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas, que pueden ser de dos tipos: (a) directos; y (b) indirectos. Los beneficios directos incluyen la producción de provisiones de agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), ó la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de

regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que generan los servicios directos (servicios de apoyo), como la fotosíntesis, la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la formación del suelo, la neutralización de desechos tóxicos, otros. Los servicios de los ecosistemas comprenden todos los productos de las actividades agrícolas, incluyendo la producción de alimentos y la regulación del clima.

Desde el punto de vista económico los servicios ambientales son externalidades positivas generadas por actividades agrícolas y forestales sustentables y/o la protección y conservación de la biodiversidad, en general de los recursos naturales (Villalobos, 2006).

México, debido a su ubicación geográfica y a su diverso relieve, posee diversidad de ecosistemas que van desde lo más alto de las montañas hasta los mares profundos, pasando por desiertos, arrecifes de coral, bosques nublados y lagunas costeras. En esta investigación el ecosistema de interés es el forestal.

Los bosques y selvas en conjunto comprenden los ecosistemas dominantes en México, con base al Programa Nacional de Desarrollo 2006–2012, cubren 47% de la superficie del país. Estos ecosistemas proporcionan servicios, los más importantes son: (a) regulación de la calidad y cantidad de agua; (b) minimización de ciclos de inundaciones y sequías; (c) generación, protección, mantenimiento de suelos y sus nutrientes; (d) regulación del clima a escalas locales y regionales; (e) estabilización del paisaje, con el fin de evitar deslizamientos y azolve de los ríos; (f) producción de oxígeno y fijación de CO<sub>2</sub>, con lo cual mejora la calidad del aire, entre otros.

La compleja estructura de los bosques y selvas, así como los múltiples estratos de vegetación que se encuentran en ellos, permite la interceptación de agua de lluvia de manera eficiente, canalizándola por sus hojas, ramas y troncos hacia el suelo. De esta forma minimizan la energía cinética de la lluvia, detienen el escurrimiento pluvial, evitan la saturación del suelo y el salpicamiento (Sündborg y Rapp, 1986). Una vez llegando al suelo, la densa hojarasca y suelos con alto porcentaje de porosidad y materia orgánica actúan como esponjas para absorber el agua de lluvia,

permitiendo su filtración hacia el subsuelo y la recarga de los mantos acuíferos (Bruijnzeel, 1980); entonces el papel de los bosques en la captación de agua y protección del suelo es un intangible.

Particularmente, el bosque de niebla tiene una complejidad estructural cuyos árboles están poblados de bromelias y orquídeas, aumentando la superficie disponible para la condensación del agua proveniente de nubes, nieblas y neblinas, lo cual permite aumentar la cantidad de agua captada en zonas montañosas de 4% a 18% por encima de la precipitación anual (Stadtmüller y Agudelo, 1990) y más del 100% durante la época de secas cuando existe mayor necesidad de agua.

En términos generales, los bosques y selvas captan agua de lluvia y modifican los patrones de precipitación mediante la regulación del clima regional. La remoción de la cobertura boscosa, que es de color verde oscura y su remplazo por casi cualquier otro uso del suelo, resulta en un aumento en el albedo o en una disminución en la cantidad de energía de sol absorbida por la superficie de la tierra, así como reducciones en la tasa de evotranspiración, turbulencia y el movimiento vertical de las corrientes de aire. Estos cambios afectan la tasa de formación de nubes, la cantidad de precipitación vertical y horizontal que recibe una cuenca o región (Zeng y Neelin, 1999). Particularmente en el barlovento, como es el caso de la vertiente del Pacífico mexicano.

Los servicios ambientales de tipo hídrico, no benefician a los usuarios directos del bosque, los beneficiarios inmediatos son los pobladores de la cuenca aguas abajo; generalmente los de la parte alta son poblaciones rurales y son más pobres que los beneficiarios o consumidores de los bienes ambientales.

## **2.4 Concepto de pago por servicios ambientales (PSA)**

Los pagos por servicios ambientales (PSA), constituyen un esfuerzo para obtener los incentivos adecuados, proporcionando las señales correctas, tanto a proveedores como a usuarios, que reflejen los beneficios sociales, ambientales y económicos reales que prestan los servicios ambientales. En sí, estos pagos son sólo uno de los

posibles instrumentos para lograr un aumento de la prestación de servicios ambientales, debido a que la causa más importante de la degradación del ecosistema, es la percepción de que muchos de los servicios de la naturaleza son gratuitos, en el sentido de que no pertenecen a nadie o ninguno se encarga de cuidarlos.

El pago por servicios ambientales es un mecanismo de compensación económica a través del cual la sociedad y los beneficiarios o usuarios del servicio retribuyen a los proveedores o custodios del mismo. Con esos recursos el proveedor debe adoptar prácticas de manejo dirigidas a elevar, o al menos mantener la calidad del servicio ambiental ofrecido. En algunos casos sirve para compensar el costo de oportunidad de una actividad productiva o extractiva que pondría en riesgo el servicio en cuestión (Villalobos, 2006). Aquí nace la oportunidad de construir una política que tenga como principio la ecocondicionalidad.

Entonces, los PSA son transacciones que implican a un conjunto de partes: agricultores, comunidades, contribuyentes, consumidores, empresas y gobiernos, por medio de un conjunto de formas de transacción, que incluyen los pagos directos entre beneficiarios finales y proveedores originales.

La creciente importancia de los enfoques del PSA en la actualidad refleja los cambios subyacentes en las políticas ambientales y en el sector privado en todo el mundo. Por lo que en hoy en día se aplican cientos de programas de PSA, en países desarrollados, principalmente para servicios ambientales de origen forestal.

En la actualidad la administración de los ecosistemas como bienes de libre acceso, son percibidos por la sociedad como bienes públicos y gratuitos, hoy comienzan a ser escasos y de menor calidad, es el caso del agua, la biodiversidad, la protección hidrológica que ofrecen las cuencas, el proceso fotosintético que captura carbono, comienzan a ser reconocidos como servicios ambientales que no se compran o se venden, se reconoce una falla de mercado, es así como se identifica la estrategia del pago por servicios ambientales para que los poseedores de la tierra de los ecosistemas que los ofertan sean compensados y no modifiquen el uso del suelo,

garantizando la persistencia de los servicios ambientales, por ello un sector de la sociedad que se identifican como beneficiarios comienzan a pagar por ellos.

## **2.5 Antecedentes de los pagos por servicios ambientales**

La génesis de los Pagos por Servicios Ambientales (PSA), que actualmente están en funcionamiento, tienen dos orígenes: (1) las políticas agrícolas en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que datan de los años 80; y (2) las iniciativas de conservación de los bosques de América Latina, que se iniciaron en los años 90. Los programas de PSA aplicados en países de la OCDE constituyen una respuesta a la degradación ambiental causada por prácticas agrícolas intensivas (Regouin, 2003).

Por ejemplificar, en 1985 se creó en Estados Unidos el Programa de Reserva de Conservación, considerado como el mayor programa de pagos por servicios ambientales en el mundo, suministrando alquileres anuales y compartiendo los costos de prácticas de conservación en tierras agrícolas. Fue creado para abatir los problemas de erosión del suelo y subsidiar a los agricultores en un momento de caída de los precios de los cultivos, el Programa ha evolucionado durante los años y actualmente paga por los cambios en el uso de la tierra que contribuyen a la mejora de la calidad del agua y del hábitat de la fauna silvestre. Los pagos anuales superan los 1,400 millones de dólares en Estados Unidos para las actividades en más de 32 millones de hectáreas (USDA, 2007).

En el Reino Unido desde 1987, a través del Programa de Áreas Medioambientales Sensibles, atienden a los agricultores en áreas que cumplen los requisitos exigidos, quienes perciben pagos directos como compensación por adoptar prácticas agrícolas menos degradantes y rentables. En este caso el gobierno introduce incentivos financieros para mejorar la oferta de los servicios ambientales, esto no es propiamente un mercado, no existen evidencias de interacciones entre compradores y vendedores.

En 1984, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWP) implementó el sistema de canje de deuda por actividades de protección de la naturaleza como un mecanismo para fomentar las iniciativas conservacionistas en los países en desarrollo. Esta idea surgió debido a que gran parte de la biodiversidad biológica del mundo se encuentra en los países que sufren una mayor presión financiera derivada del peso de la deuda externa. El objetivo es conseguir fondos adicionales para llevar a cabo actividades de conservación en un país, sin transferencia de propiedad o repatriación de capital a un inversor extranjero.

Este sistema comenzó a considerarse como una forma inteligente de multiplicar las contribuciones para actividades de conservación en países en desarrollo; así distintos países realizaron canjes de deuda por naturaleza. En 1987 el Gobierno de Bolivia firmó con Conservación Internacional (CI) el primer acuerdo de canje de deuda por naturaleza, en virtud del cual CI adquirió deuda exterior boliviana por valor de 650,000 dólares por un precio de 100,000 dólares.

Ecuador efectuó dos canjes de deuda, uno en 1987 y el otro en 1989, estos permitieron financiar un programa cuyo costo era de 10 millones de dólares. El programa ha generado en Ecuador más de 10 millones de dólares en moneda nacional para actividades de conservación.

De manera paralela en 1988, el WWP compró 390,000 dólares de deuda filipina a un precio descontado de 200,000 dólares; la Haribon Foundation, una organización ecologista de Filipinas, utilizó los fondos del canje de la deuda para realizar diversas actividades de conservación, desde un mayor apoyo a la ordenación de los parques nacionales, hasta la organización de programas de capacitación para profesionales nacionales en el ámbito de la conservación.

En 1989, el WWP llevó a cabo un canje de deuda en Zambia por valor de 2,2 millones de dólares. Como consecuencia de las deficiencias de planificación y de la rápida devaluación del kwacha zambiano, el WWP se vió obligado a gastar los ingresos del canje en moneda nacional en menos de un año, lo cual anuló en gran medida el efecto previsto de las actividades de conservación. En cambio, en 1993 el

Gobierno de Zambia formuló, después de largas negociaciones, un programa de conversión de la deuda que permitió que un gran número de ONG efectuaran una conversión ordenada de deuda externa y de esta manera estructurar el programa de tal manera que las ONG financiaran las actividades de desarrollo en Zambia con un alto grado de seguridad y fiabilidad, dando como resultado una mejora en los mecanismos sobre canje para el desarrollo.

En marzo de 1991 el WWP, el gobierno de Bhután y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) establecieron el primer fondo para la conservación de la naturaleza; este fondo fue creado con el propósito de conservación de cada país. Un ejemplo de ello es el Ecofondo, fondo fiduciario colombiano para actividades de conservación, que fue capitalizado con canjes de deuda entre los gobiernos de Colombia y Estados Unidos por un lado y por el otro, Colombia y Canadá.

En Uganda se creó el fondo fiduciario Mgahinga-Bwindi Impenetrable Conservation Trust, sus objetivos se centran en actividades de conservación y desarrollo a nivel de las aldeas en los parques nacionales de Mgahinga y Bwindi. El Fondo Fiduciario Belize Protected Areas Conservation Trust (PACT) establecido en 1996, presenta una importante diferencia con respecto a los canjes de deuda y fondos fiduciarios, en el sentido de que la principal fuente de financiación no son donaciones externas, sino fondos generados en el interior. El PACT obtiene ingresos constantes de las tasas de conservación e impuestos que sufragan los turistas y otros usuarios de los recursos naturales.

Se puede concluir que los canjes de deuda por naturaleza marcaron el comienzo de un nuevo modo de pensar sobre la conservación del medio ambiente, además ofrecieron la oportunidad de involucrar a instituciones que no habían participado en las iniciativas de conservación.

Sin embargo, estos canjes de deuda y fondos tienen limitaciones dado que en buena medida dependen de las entregas que hagan los donantes; ello ha obligado a buscar nuevos sistemas de obtener fondos más duraderos para financiar las actividades de conservación de la naturaleza como lo ha hecho el PACT de Belice, quien considera

las tasas de uso de los recursos naturales, así como el cobro de una tarifa por la extracción de madera y pesca. Este modelo ha sido aceptado por la WWP para obtener más fondos para financiar sus actividades de conservación e impulsando sistemas de utilización de los recursos más sustentable desde el punto de vista ambiental, como son los pagos por servicios ambientales, que se gestaron en los ochentas y noventas en Estados Unidos, el Reino Unido y Costa Rica.

### **2.5.1 Antecedentes del Pago por Servicios Ambientales en México**

En México, la conversión de bosques a otros usos del suelo continúa incrementándose en los últimos años, 200,000 ha entre 2000 y 2005 (Bezauri e Iglesias, 2007; FAO 2007). La preocupación por los problemas ambientales comenzó en 1988, cuando el gobierno federal creó la Secretaría del Medio Ambiente, asumió el desarrollo sustentable y la conservación del ambiente, mediante el Plan Nacional de Desarrollo, en el periodo de 2001 a 2006, con ello estableció que el ambiente es prioritario para el Ejecutivo Federal, que la protección de los recursos naturales es estratégica para el desarrollo sustentable de la sociedad. De igual manera, el Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001 – 2006 contempla como prioridad detener y revertir el deterioro ambiental.

En 2001 se creó la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, cuya coordinación sectorial corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La CONAFOR, tiene como objetivo desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y de restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable. Así, la fase de análisis y diseño del esquema de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) abarcó desde mediados del 2001 hasta mayo de 2003; durante este período, se gestó la idea del PSA con la participación del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la CONAFOR.

En 2003 la CONAFOR inició operaciones políticas del PSA, con el PSAH y posteriormente en 2004, comenzó sus políticas de Pago para la Conservación de los Servicios Ambientales derivados de la Biodiversidad y de los Sistemas Agroforestales (café y cacao), la elaboración de proyectos para la fijación de carbono y reducción de emisión de gases con efecto invernadero, al cual se denominó PSA-CABSA; ambos PSA y PSA-CABSA, operan dentro del Programa ProÁrbol. Posteriormente y debido a la resistencia de los usuarios para reconocer, valorar y pagar por los servicios ambientales que los proveedores proporcionan, la CONAFOR, con la ayuda del Fondo Mundial para la Protección de la Naturaleza (GEF, por sus siglas en inglés) y un préstamo del Banco Mundial (BM), inició en 2007 la gestión para promover mecanismos locales de PSA.

El PSAH que inició operaciones en 2003 operó con fondos federales por US\$18.2 millones por año, provenientes de la recaudación anual del cobro por uso de agua (Diario Oficial, 2003); posteriormente el recurso proveniente de los grandes usuarios del agua se incrementó en 2004 a US\$27.3 millones por año (Artículo 223 de la Ley Federal de Derechos), mismo que ha servido de capital semilla para financiar los pagos de PSA y posteriormente promover el reembolso al BM. Adicionalmente en 2006 la CONAFOR gestionó un financiamiento de US\$45 millones, otorgado por el BM y un donativo del GEF por US\$15 millones (World Bank, 2006). Este impulso se ha consolidado en proporción 3:1 con apoyo del Programa ProÁrbol, al pasar de un financiamiento de US\$27,3 a casi US\$100 millones para cada uno, de los años 2007 y 2008 y para los programas PSAH y PSA-CABSA, respectivamente. Por lo que, desde 2007 todos los programas de PSA se encuentran dentro de un programa rector denominado ProÁrbol, el cual contempla otras acciones como reforestación, conservación de suelos, manejo de bosques, plantaciones forestales, tecnología de la madera, capacitación, divulgación, investigación, transferencia de tecnología, entre otros.

La CONAFOR de 2003 a 2008 ha realizado una erogación aproximada de US\$283 millones, protegiéndose 1.7 millones de hectáreas, sin embargo no es suficiente para proteger todas las áreas seleccionadas como prioritarias las cuales suman 27.4

millones de hectáreas. El pago se deposita en el Fondo Forestal Mexicano (FFM), en contratos de cinco años, con oportunidad de prórroga. Las reglas de operación del Programa Pro-Árbol 2011, diferencia dos categorías para otorgar los apoyos: (1) desarrollo forestal; y (2) conservación y restauración con dos modalidades: (a) reforestación y suelos; y (b) servicios ambientales.

La categoría de apoyo de servicios ambientales, son pagos que realiza la CONAFOR por los servicios ambientales que generan los ecosistemas forestales, tales como la captación de agua, el mantenimiento de la biodiversidad y la captura del carbono. En la actualidad reconoce dos modalidades:

**1. Servicios Ambientales Hidrológicos.** Estas cuotas son para conservar la cobertura boscosa; se logre la recarga de acuíferos y manantiales, y se evite la erosión del suelo.

**2. Conservación de la Biodiversidad.** Estas cuotas tienen la finalidad de promover la conservación de la biodiversidad (flora y fauna silvestre), en ecosistemas forestales y sistemas agroforestales con cultivos bajo sombra.

Las reglas de operación 2011, establecen los criterios técnicos de elegibilidad para ser considerados en el Pago por Servicios Ambientales, en el caso de las comunidades, destacan:

- (a) Que el área comprometida sea mayor a 200 ha y no exceda las 3000 ha.
- (b) Las tierras de uso común de un núcleo agrario, los órganos de representación deben cumplir con los requisitos de organización que marca la Ley Agraria, incluyendo la carpeta básica que contenga la regulación presidencial, actas de presión y deslinde, plano definitivo.
- (c) Acta de asamblea donde se acordó solicitar los apoyos del Programa.
- (d) Para ser elegibles, el área propuesta debe estar dentro de las zonas prioritarias o de elegibilidad que la CONAFOR, define.
- (e) El segundo pago procede siempre y cuando se haya elaborado el programa de mejores prácticas de manejo.

- (f) El área debe tener una cobertura forestal arbórea igual o mayor al 50%.
- (g) En el caso de los productores de café; deben estar registrados en el Padrón Nacional de Cafetaleros.
- (h) En el caso de organizaciones sociales, estas deberán estar organizadas en el Registro Federal de Organizaciones de la Sociedad Civil de la SEDESOL.

México es un país con 1,964,375 Km<sup>2</sup> (INEGI, 2011), con 37 regiones hidrológicas, administradas por la Comisión Nacional del Agua en 13 regiones hidrológicas administrativas (CNA, 2006). La distribución del agua es desigual en el territorio nacional, la región suroeste tiene el 68% de la disponibilidad del agua, mientras que en las regiones norte, noroeste y centro sólo cuentan con el 32% del agua disponible anual y ahí se concentra aproximadamente el 80% de la población nacional, lo que significa presión sobre el recurso agua (González, 2006). Pese a lo anterior en México no ha sido prioridad conservar el ciclo hidrológico, así la deforestación de 1976 a 1993, se estima en una pérdida de 29,765 km<sup>2</sup> (superficie equivalente al estado de Guanajuato), y de 1993 a 2000 se perdieron 54,306 km<sup>2</sup> (superficie equivalente al estado de Campeche), esto significa que la tasa de deforestación se incrementó de 175 mil ha a 319 mil ha anuales (Velásquez *et al.* 2002) , ello ha favorecido la erosión hídrica; el azolvamiento de los cuerpos de agua; el abatimiento de los caudales de ríos, particularmente en el estiaje; la disminución en la recarga del acuífero; el deslizamiento de la franja de condensación en la vertiente del pacifico y del atlántico; entre otros.

Otro aspecto innegable es la contaminación por agroquímicos utilizados en la agricultura intensiva, así como por las descargas industriales; en el ámbito de saneamiento las aguas predominantemente no se tratan. En el caso de la infraestructura hidráulica, como las presas, su administración revela la carencia de mecanismos para entender los impactos ambientales y socioeconómicos. Sumado a esto se carece de una política de prevención y mitigación de riesgos hidrometeorológicos, como el caso de las inundaciones periódicas en Veracruz y Tabasco; o el caso de eventos extraordinarios como el ciclón Ingrid y Manuel ocurridos en 2013.

La carencia de políticas de conservación del ciclo hidrológico, obliga a crear mercados de agua, incluso de las tarifas que recuperen el costo de este bien, así como los costos del servicio, caso contrario es difícil pensar en la recuperación del recurso agua. Por ello, para garantizar el funcionamiento de cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, es urgente diseñar mecanismos para frenar el cambio del uso del suelo en las partes altas de las cuencas, abatir la deforestación, diseñar agroecosistemas y prácticas sustentables, implementar el pago por servicios ambientales que debe retribuir por la decisión de proteger y restaurar ecosistemas.

Ante esto, se puede destacar que México en su política pública, acude a tres opciones de financiamiento:

1. Apoya el surgimiento de mercados privados construyendo un marco institucional para facilitar las transacciones. En esta arista, se viene construyendo el mercado del ecoturismo, donde se vende el paisaje como servicio ambiental. Esta estrategia requiere apoyos estratégicos. Otro mecanismo privado es el del café amigable con las aves o café de sombra certificado, que se identifica en Chiapas, Oaxaca y Veracruz, principalmente, donde destaca el esfuerzo de los cafetaleros orgánicos por buscar un mejor precio del aromático en Estados Unidos.

Los proyectos de venta de captura de carbono, destacando el proyecto chiapaneco que inició en 1996 con la participación de investigadores de la Universidad de Edimburgo y el Colegio de la Frontera Sur, quienes recibieron financiamiento para evaluar sistemas agroforestales para secuestrar carbono. El Centro Edimburgo para la Administración de Carbono (ECCM) ha trabajado en crear un mercado de carbono mediante un esquema voluntario de ventas de prototipos de créditos de reducción de emisiones a la Federación Internacional de Automovilismo, entre otros compradores están: el Foro Económico Mundial, el grupo de Rock Pink Floyd y Future Forest. Estos esfuerzos son presión al Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). Participan campesinos de seis comunidades tzeltales y cuatro tojolobanes de los municipios de Chilón y Comitán; el proyecto se conoce como Scolel Té que significa “el árbol que crece” en tzeltal. Venden a US\$ 12 por tonelada de Carbono, de ellos el

60% es para los campesinos y las comunidades, el 40% restante cubre asistencia técnica.

2. El gobierno mexicano recibe transferencias de los beneficiarios globales. Esta opción la aplica en los casos de los organismos internacionales que hacen donaciones, por ejemplo los apoyos del Global Environmental Facility (GEF) cuyos fondos se canalizan al sistema al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

3. El gobierno mexicano actúa como intermediario cobrando a los beneficiarios locales y pagando a los propietarios de los bosques. Aquí destaca el caso de Coatepec, Veracruz, municipio que se caracteriza por disponer de abundante agua, sin embargo en 1998 con la presencia del fenómeno climático de “El Niño”, así como por el impacto de la deforestación, en mayo y junio el río redujo sustancialmente su cauce; en la percepción de la población quedó claro que dependían de la captación natural de agua de niebla que ocurre en su bosque mesófilo de montaña. Para el año 2001 el alcalde solicitó al cabildo y al organismo operador del agua que incluyeran en el recibo de agua una petición a los usuarios para que donaran \$1.00 MN en el recibo mensual del agua, el cual se canalizaría a la conservación de los bosques de la cuenca, pagándoles una prima anual a los propietarios de los bosques que estuvieran en buen estado con la condición que los conservaran.

Así se sumaron las recaudaciones voluntarias, las contribuciones municipales y recursos aportados por la CONAFOR. El programa inició con 500 hectáreas de los bosques mejor conservados, pagando un bono equivalente a US\$90.1 anuales por hectárea. El caso Coatepec reveló: (1) la disponibilidad a pagar de los habitantes por la conservación de una cuenca, en México no es hipotético; (2) existe aceptación de cobro al agua con un destino específico para conservar el bosque mesófilo de montaña.

Se destaca que en México, la creación del Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos en 2003, tuvo como objetivo principal pagar a los beneficiarios, dueños o legítimos poseedores de terrenos que sustentan recursos forestales por los servicios hidrológicos que de ellos derivan; se crean mercados de

compra-venta de servicios ambientales a través de organizaciones campesinas, donde destacan como antecedentes:

- (a) En 1997, en Chiapas se creó un mercado de captura de carbono por la Federación de Automovilismo (FIAT) quien pagó por mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en las carreras de autos de fórmula uno.
- (b) En Oaxaca, algunas comunidades de la Unión Zapoteco–Chinanteca (UZACHI), incluyeron el servicio por recursos biológicos a través del pago por bioprospección (búsqueda de nuevos usos) con la empresa Novartis, además de incorporar la captura de carbono y otros productos como hongos, orquídeas, plantas ornamentales y semillas.
- (c) En 2003, en Coatepec Veracruz, la comunidad denominada el Ejido fue el primer poseedor del bosque donde se realizó el pago por servicios ambientales a propietarios y poseedores de recursos forestales. El Programa de Desarrollo Forestal de la Comisión Nacional Forestal (PRODEFOR), realizó el primer pago por llevar a cabo proyectos productivos de conservación y desarrollo en las zonas boscosas que, a su vez, garantizarían el servicio de abasto de agua a zonas rurales y urbanas.

El PSAH en México, surge como una estrategia para poner en marcha la demanda de acciones concretas en los países que propugnan por el desarrollo sustentable, así cada año se emite una convocatoria para ser elegibles, sin embargo esto no significa que en México se esté construyendo un mercado como tal, dado que el Programa es financiado por el Gobierno Federal, mientras que los usuarios no están sentando la bases para realizar sus aportaciones en el futuro.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Teoría de las preferencias

La teoría de las preferencias individuales parte de la premisa según la cual, cada individuo es el más indicado para juzgar sobre su propio bienestar; esto quiere decir que el individuo es capaz de elegir entre distintos estados de la naturaleza y que elegirá aquella situación que le reporte el mayor grado de satisfacción. Es importante señalar que los individuos maximizan el bienestar tal y como ellos lo conciben; es decir, la teoría económica no excluye la posibilidad de que las preferencias sean consecuencias de motivaciones altruistas, egoístas, leales o incluso masoquistas (Becker, 1993).

Desde la perspectiva de la economía ambiental, el ambiente aporta bienestar a los individuos, como tal puede ser considerado un bien más; sin embargo, este bien posee la particular característica de ser un bien público.

El concepto de preferencias usado en economía requiere que el individuo pueda ordenar el conjunto de alternativas desde la mayor o la de menor satisfacción, incluyendo los conjuntos de bienes para los cuales el nivel de satisfacción es el mismo; dado este supuesto, existen seis propiedades que debe exhibir este ordenamiento, a saber: (1) comparabilidad; (2) reflexividad; (3) transitividad; (4) continuidad; (5) no saciedad; y (6) convexidad. De estos axiomas se deduce una propiedad importante de las preferencias, según Freeman (2003), esta propiedad es conocida como sustitución, la cual establece la posibilidad de intercambio entre pares de bienes; esto a su vez permite valorar económicamente bienes ambientales, ya que el valor económico de los mismos se expresa en términos de la disposición a renunciar a un bien con miras a obtener más de otro. Si un individuo desea una mejor calidad ambiental debería estar dispuesto, en principio, a sacrificar algo con el fin de satisfacer este deseo (Vásquez *et al*, 2007).

### **3.2 Valoración económica de bienes y servicios ambientales**

La valoración económica es identificar, a través de la aplicación de una metodología objetiva, un indicador expresado en términos monetarios que permita determinar el valor de una externalidad, que puede ser positiva o negativa en el medio natural provocada por una acción o actividad económica.

En opinión de Caballer (2008), la ciencia de la valoración data desde las culturas antiguas como el antiguo Egipto, pasando por la antigua Roma. Así, valorar económicamente un bien ambiental significa poder contar con un indicador de importancia relativa, expresado en términos monetarios; lo que se busca es disponer de una herramienta que permita sopesar beneficios y costos sociales de las diferentes actividades económicas, que a su vez revele el verdadero costo social del uso de los recursos, permita el envío de señales claras acerca de la relativa escasez de los recursos naturales y logre, a través de lo anterior, una eficiente asignación de esos recursos. De ese modo, la creciente conciencia ambiental y las restricciones que el medio impone para el desarrollo de las actividades económicas, van dando lugar a la inclusión de variables ambientales en los procesos de toma de decisiones. Alvier et al., (2007), indican que valorar es reconocer el valor de una cosa, el valor refleja el grado de utilidad para satisfacer necesidades o brindar bienestar.

Estos autores distinguen tres tipos de valor: (a) valor inmanente, inherente al ser de modo inseparable; (b) valor intrínseco, es un valor derivado al sujeto que lo posee; y (c) valor extrínseco, lo poseen determinados seres y objetos inanimados porque así tienen a bien otorgárselos.

La ciencia económica ha desarrollado herramientas para determinar el valor de los bienes y servicios ambientales. En este sentido, el valor económico total de un recurso natural puede ser definido como el valor presente de la suma de todos los servicios que provee a las personas. Dichos servicios se clasifican según si son derivados del uso o del no-uso del recurso en cuestión, en este contexto se identifican cuatro categorías de valor: (1) los valores de uso directo; (2) los de uso indirecto; (3) los de opción; y (4) los de no uso

**1. El Valor de Uso.** Corresponde a la medida de bienestar que le reporta al individuo o a la sociedad la utilización del recurso, de una u otra forma. Se define como el valor económico asociado con el uso "in situ". En opinión de Alvier et al., (2007), el valor de uso es el más elemental de todos, se adquiere en el caso de los servicios ambientales por los atributos de la naturaleza que son útiles, en el caso de la selva Loxicha, si se tuviera una infraestructura de ecoturismo tuviera valor de uso para los turistas por la actividad del esparcimiento o por conocer la naturaleza. El valor de uso puede adquirir las formas siguientes:

**(a). Valor de Uso Directo (VUD).** Es el más accesible en cuanto a su concepción, debido a que se reconoce de manera inmediata a través del consumo del recurso, por ejemplo la producción de café de altura requiere un ecosistema de alta humedad atmosférica, ahí se reconoce por parte del agricultor el valor de una parcela agrícola; la formación de manantiales que da origen a los numerosos arroyos y al río Copalita ocurre en la zona de condensación que corresponde al bosque de niebla, por ello los agricultores le dan distinto valor a una tierra con manantial. El valor directo se divide a su vez en **valor de uso extractivo y de uso no extractivo.**

**(b). Valor de Uso Indirecto (VUI).** A diferencia del valor de uso directo, no requiere del acceso físico del usuario al recurso natural, pero sí de la existencia física del recurso en condiciones aceptables. La protección de las cuencas hidrológicas que realizan los bosques se clasifica como un valor de uso indirecto, dado el papel que desempeña en la protección de la actividad económica, la infraestructura y las vidas humanas, un ejemplo relevante es la llanura tabasqueña que recibe los escurrimientos del sistema Grijalva-Usumacinta, cuya deforestación en la porción alta favorece mayor escurrimiento y explica las inundaciones en la llanura tabasqueña.

En el océano Pacífico se registra un promedio de 14 ciclones por año, destaca el Paulina que el 5 de octubre de 1997 a las 22 horas se tornó como depresión

tropical, el día 6 a las 4 horas calificaba como tormenta tropical y 12 horas después se convirtió en ciclón, el día 8 de octubre entre las 16:30 y 16:45 horas entró a Huatulco y Puerto Angel con vientos de hasta 213 km/h y rachas de hasta 250 km/h, los ríos se desbordaron invadiendo localidades, vías de comunicación y terrenos de cultivos, se presentaron desprendimientos de laderas, el viento destruyó el arbolado y cultivos; los daños por inundaciones se presentaron en Huatulco y Puerto Angel, siendo mayores en Acapulco, Guerrero. El huracán se debilitó el día 10 de octubre en la zona montañosa de Michoacán. En la región Loxicha, Paulina tuvo una precipitación de alrededor de 350 milímetros con lluvias de alta intensidad, que dañaron alrededor de 54,000 viviendas en la costa de Oaxaca y Guerrero, fueron siniestrados 122,282 ha de cultivos (maíz, frijol, ajonolí, cacahuate, papaya, limón, coco, otros), se afectaron 80,000 ha de bosques y selvas, fueron derribadas 60 torres de energía eléctrica, se inundaron 1278 comunidades. En opinión de Enciso quien publicó su nota en la jornada el 14 de octubre de 1997, señala que la pérdida en los cafetales alcanzó los 75 millones de dólares. El valor de uso indirecto de la cubierta arbolada de la parte alta de la cuenca se ilustra con el evento descrito, la deforestación de la porción alta no sólo interrumpirá el ciclo hidrológico, favorecerá la remoción de laderas y hará más intenso el siniestro de riesgos naturales con eventos meteorológicos como el citado.

2. **Valor de No-Uso.** Contrariamente al anterior no implica interacciones hombre-medio, se asocia al valor del medio ambiente asignado por los individuos para periodos de tiempo futuro, y puede adquirir las formas siguientes:

(a). **Valor de Existencia (VE).** Corresponde a lo que ciertos individuos, por razones éticas, culturales o altruistas, están dispuestos a pagar para que no se utilice el recurso ambiental, sin relación con usos actuales o futuros. El valor de existencia es el valor de un bien ambiental simplemente porque existe.

**(b). Valor de Legado (VL).** Corresponde al deseo de algunos individuos de mantener los recursos ambientales para el uso de sus herederos y de las generaciones futuras. No hace referencia a usos futuros definidos por la generación actual, sino que deja la decisión para las que vendrán; no obstante ello, implica un sentido de propiedad por parte de los individuos actuales. La biodiversidad desempeña en ocasiones un valor de no uso, esto ocurre cuando se conserva al ecosistema o algunas especies, aún cuando las personas no esperan utilizarlos.

**(c). Valor de Opción (VO).** Corresponde a lo que los individuos están dispuestos a pagar para postergar el uso actual y permitir el uso futuro del recurso. Se refiere al valor de los usos potenciales del recurso. El caso de la biodiversidad tiene un valor de opción atribuible al potencial genético que representa para la industria bioquímica y farmacéutica.

Entonces, la composición del Valor Económico Total (VET) de los recursos naturales y de cualquier uso del suelo, incluye los enmarcados dentro de los valores de uso y los de no uso, es decir comprende la suma de los valores que la integran, que deben ser comparables entre sí. La metodología utilizada para el valor, puede resultar que en algunos casos se determinen sólo algunos componentes del VET, mientras que con el uso de otras metodologías de estimación puede ser identificado el VET.

El valor asignado a un bien o servicio queda definido por la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Total} = \text{Valor de uso} + \text{Valor de Opción} + \text{Valor de existencia}$$

Ambos tipos de valores forman lo que se denomina valor económico total de un bien o servicio ambiental o de un ecosistema.

Lo importante a destacar es que hoy en día ante el cambio climático, el cambio de uso del suelo, por ejemplo atribuible a que el café no es una actividad rentable, significa que el bosque mesófilo de montaña se vea afectado, por ende los servicios ambientales que en él se generan, enfatizando en el recurso hídrico, dando como

resultado cambios en el bienestar social e individual. Para valorar estas modificaciones existen varias medidas monetarias del bienestar, a saber:

**(a) Medidas de bienestar hicksianas.** Son medidas de bienestar que están directamente relacionadas con la función de demanda hicksiana.

- **Variación compensatoria.** Es la cantidad de dinero, que ante un cambio positivo (negativo) producido, una persona tendría que pagar (o recibir) para mantener inalterable su nivel de bienestar, para recobrar el nivel de utilidad original.
- **Variación Equivalente.** Es la cantidad máxima de dinero que el agente económico pagaría para evitar un cambio desfavorable, o la cantidad mínima que aceptaría por renunciar a un cambio favorable, para mantener su nivel de bienestar original.

**(b) Medida de bienestar marshalliana.** Aquí se identifican:

- **Excedente del consumidor.** Medida de bienestar marshalliana, se define como la diferencia entre la disposición a pagar por una determinada cantidad de un bien y lo que efectivamente se paga por éste, es decir, consiste en la diferencia de la disposición a pagar, representada por la curva de demanda marshalliana, y el precio, en este caso el servicio y disponibilidad de agua.

Las diferencias entre estas tres medidas no son relevantes, pero para el caso de bienes ambientales, debido a que se trata de un mercado hipotético, se trabaja con la disposición a pagar y la disposición a aceptar.

- **Disposición a pagar.** Es la máxima o mínima cantidad de dinero que un consumidor está dispuesto a entregar o recibir para evitar un cambio desfavorable o favorable. Es decir, supone que *el cambio no ocurre*. La disposición total a pagar, también llamada precio de opción, es la suma del excedente del consumidor esperado y el valor de opción, que se expresa:

$$PO = ECE + VO$$

Donde:

PO = Precio de opción

ECE = Excedente del consumidor esperado

VO = Valor de opción

- **Disposición a aceptar.** Se trata de la mínima o máxima cantidad de dinero que una persona estaría dispuesta a aceptar o pagar para permitir un cambio desfavorable. Es decir, supone que el *cambio si ocurre*.

### 3.3 Medidas de bienestar: cambio en la calidad ambiental

Desde el punto de vista de la valoración de un bien público, es importante valorar los cambios en el bienestar como resultado de cambios en la disponibilidad o la calidad del recurso. Para valorar estos cambios de bienestar, es necesario incorporar el nivel de calidad ambiental, denotado por  $q$ , dentro de la función de utilidad del individuo. Así,  $U = U(x, q)$ , donde  $q$  representa un vector de bienes ambientales o de calidad ambiental. Esta función de utilidad tiene asociada una función indirecta de utilidad  $v(p, q, m)$ , y una función de gasto  $e(p, q, U)$ . A partir de estas funciones se pueden definir las medidas de bienestar por cambios en  $q$  para una mejora en la calidad ambiental de un solo bien de  $q^0$  a  $q^1$ , con  $q^1 > q^0$ ; las medidas de bienestar hicksianas se definen en forma similar a aquellas definidas para cambios en precios, Freeman (2003).

Las medidas de bienestar pueden expresarse como:

$$VC = e(p, q^0, U^0) - e(p, q^1, U^0) = \int_{q^0}^{q^1} \frac{\partial e}{\partial q}(p, q, U^0) \partial q$$

$$VE = e(p, q^0, U^1) - e(p, q^1, U^1) = \int_{q^0}^{q^1} \frac{\partial e}{\partial q}(p, q, U^1) \partial q$$

Alternativamente, las medidas de bienestar se pueden expresar usando la función indirecta de utilidad, tal y como se presenta a continuación:

$$v(p, q^0, m) = v(p, q^1, m - VC) = U^0$$

$$v(p, q^0, m + VE) = v(p, q^1, m) = U^1$$

Estas medidas de bienestar corresponden, como lo muestran las ecuaciones anteriores, a la integral de la función de demandas hicksianas con respecto a  $q$ , en vez de precios, que se ilustra en la Figura 1. El área  $q^0 q^1 BA$  es la variación equivalente, el área  $q^0 q^1 BC$ , es el excedente del consumir, mientras que el área  $q^0 q^1 DC$ , es la variación compensada.

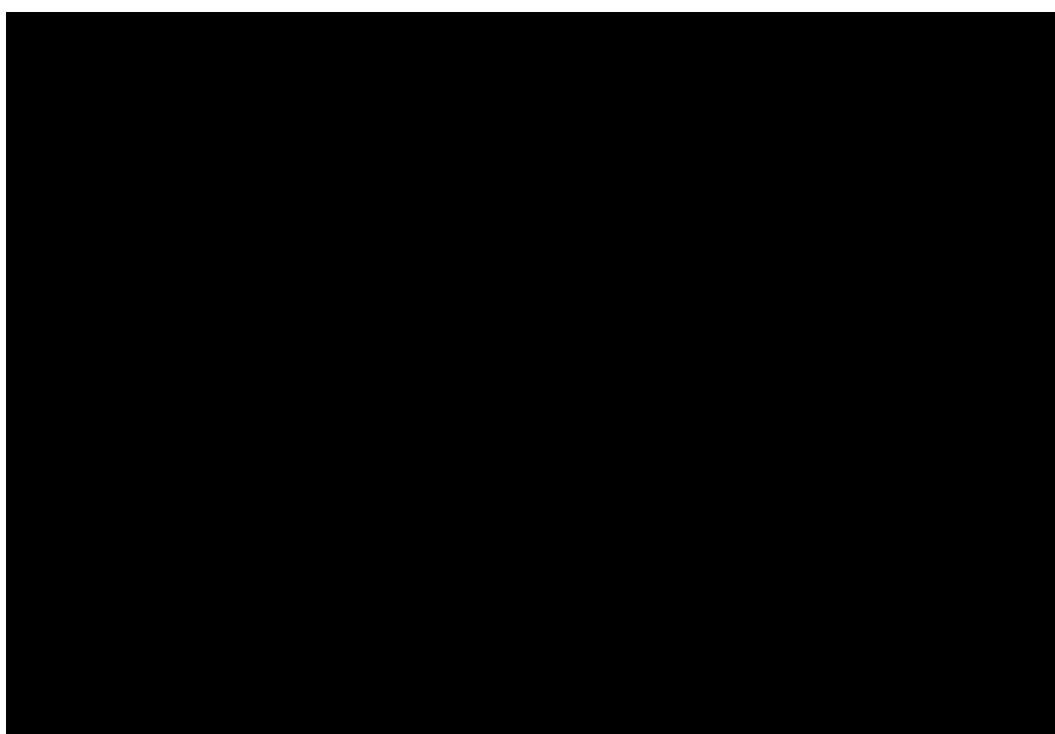


Figura 1. Medidas de bienestar para un cambio en la calidad ambiental.

### 3.4 Métodos de valoración económica de bienes y servicios ambientales

Los economistas han generado un concepto denominado externalidades, concebido como la condición donde los costos de producir o los beneficios de consumir un bien se distribuyen entre los que ni producen, ni consumen (Taylor, 2000). En la sociedad contemporánea se identifican bienes para los que no existe un mercado definido, es el caso del agua, no tiene precio pero, pero tiene un costo. La valoración de este bien

ambiental, se viene abordando por diversos enfoques metodológicos directos e indirectos.

### **3.4.1 Métodos indirectos**

Los métodos indirectos utilizan información disponible en el mercado para lograr la valoración de los bienes ambientales, dentro de este tipo de métodos destacan los siguientes: (1) método de los precios hedónicos; (2) método del coste del viaje; (3) dosis respuesta; y (4) métodos de costos evitados e inducidos, identificados como métodos de preferencias reveladas, los cuales se describen a continuación.

#### **3.4.1.1 Precios hedónicos**

El método hedónico se desarrolló en el campo de la publicidad (Azqueta, 1994). En la actualidad se aplica para definir el precio de terrenos urbanos, tierras agrícolas y en general de bienes raíces, que son bienes heterogéneos, donde su precio de mercado depende del conjunto de características que la definen. En el caso de las tierras agrícolas, son las características agronómicas (riego, temporal) y las características agroecológicas (clima, altitud y latitud), así como las condiciones socioeconómicas de la región, por ejemplo el Valle de Culiacán, el Bajío, el Sureste Mexicano, otros. Entonces, el precio depende de características físicas: superficie, calidad de tierra, orientación productiva, disponibilidad de agua, altitud, pendiente, pedregosidad, otros; existen otros factores que influyen en el precio y se relacionan con la condición socio-económica de la región donde se ubica, la disponibilidad de mano de obra, de capital, la rentabilidad de la explotación, la infraestructura, las expectativas de uso del suelo futuro, por ejemplo como lo que ocurrió en Texcoco, en la época del proyecto aeropuerto, entre otros factores.

Los precios hedónicos, en opinión de Caballer (1993), se estratifican en: (1) sintéticos, que se basan en los precios de mercado; (2) analíticos, valoran los bienes en función de su potencial generador de rentabilidad futura y su capitalización. Hanley et al., (1997), señalan que el modelo de precios hedónicos (hedónico, refiere el placer como el fin supremo de la vida) tiene problemas de tipo metodológico,

donde es común incorporar sesgo por variables que se omiten, sea la razón que sea, en ocasiones en la función hedónica de precios no se incluye alguna variable que afecte de manera determinante el precio y de manera simultánea esté correlacionada con una variable incluida en la función, esta condición parece haber ocurrido en el caso de los terrenos que se incorporarían al proyecto aeropuerto en la región de Texcoco, que condujo a un problema social en la comunidad de Atenco, Estado de México.

El modelo de los precios hedónicos, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México tiene aplicaciones, así se explica el precio del suelo urbano de Santa Fé respecto a un municipio conurbado; lo mismo ocurre en la zona rural con los precios entre tierras de riego y de temporal, ya que el precio está definido por el atributo disponibilidad de agua y existen diferencias en el precio.

El método de los precios hedónicos es utilizado para calcular el valor económico de los bienes y servicios del ecosistema que afectan de manera directa a los precios de mercado; éste método parte del mismo supuesto que el método del coste del viaje en cuanto a funciones de utilidad débilmente separables – lo que implica que la demanda por ciertos atributos ambientales sea independiente de la demanda de otros bienes y la complementariedad débil entre el bien ambiental y el bien privado. La característica distintiva que presenta este método es que el bien ambiental es una característica o atributo de un determinado bien privado.

El supuesto básico en el que descansa el método es que muchos de los bienes que se comercializan en el mercado poseen características y atributos que no pueden adquirirse por separado, dado que los mismos no se intercambian en un mercado independiente. Estos son considerados bienes multiatributo dado que poseen más de un valor de uso satisfaciendo varias necesidades al mismo tiempo.

El método de precios hedónicos refleja, en principio, el valor de uso del bien ambiental para las personas afectadas; sin contar con la misma capacidad para estimar los valores de no uso que pueda tener el bien ambiental objeto de análisis para todo un conjunto distinto de personas, lo que constituye una importante

limitación del método. Es importante destacar, que el método tampoco captura la totalidad de las alteraciones sufridas por los valores de uso. Por lo que, el método de precios hedónicos tiene limitaciones en lo referente a los mecanismos de valorización que utiliza, y a los supuestos acerca de la representación de los intereses sociales que hay detrás del mismo.

### **3.4.1.2 Método del Coste del Viaje**

El método del coste del viaje, pertenece a los métodos indirectos de valoración de bienes (Azqueta, 1994). Para una mayor comprensión de los bienes objeto de la presente investigación, se parte de reconocer que los bienes pueden clasificarse con fundamento en tres criterios:

- (1) Costo de oportunidad, que refiere la reducción del bien cuando se consume una unidad, es decir la rivalidad en el consumo del bien.
- (2) Derechos de propiedad del productor, así un bien privado tiene un costo de oportunidad de consumo, con derechos bien definidos de propiedad del productor, quien decide producir o no.
- (3) Derechos de propiedad del consumidor, que tiene que ver con la posibilidad de exclusión en el consumo del bien por parte del consumidor.

Existen bienes públicos, sin costo de oportunidad de consumo, por ejemplo el paisaje del volcán Popocatepetl, el cual no se deteriora con las millonarias contemplaciones de los capitalinos, ni existe posibilidad de exclusión; esta condición es mayor en el consumo del aire, a nadie puede excluirse.

Considerando la regulación de los derechos de propiedad y el costo de exclusión para su uso *in situ*, los bienes de las Áreas Naturales Protegidas que son bienes públicos, su valoración de valor de uso se ha realizado fundamentalmente por el método del coste del viaje. Garrido et al., (1996) detallan el método desarrollando un caso en España; así el método de costo del viaje, consiste en analizar la relación entre bienes y servicios privados y ambientales complementarios; éste método supone funciones de utilidad débilmente separables; se basa en las actividades que

la gente realiza, en lugar de lo que la gente declara. Éste método se utiliza para estimar los costos y los beneficios resultantes de: (a) cambios en los costos de acceso a un sitio donde se desarrollan actividades recreativas; (b) la eliminación de un determinado espacio natural que provee servicios de recreación; (c) la creación de un nuevo sistema recreativo; y (d) cambios en la calidad del ambiente de un sitio recreativo.

Éste método parte de la premisa de que el tiempo y el dinero empleados para realizar el viaje al sitio bajo estudio representa el precio de acceso al mismo. Por consiguiente, la disposición a pagar para visitar el sitio se puede estimar a partir del número de visitas que realiza la gente incurriendo en diversos costos del viaje. Una limitación es que el método supone que el individuo o el grupo de personas que visitan el sitio realiza el viaje con el único objetivo de disfrutar dicho destino; sin embargo, es frecuente que el viaje tenga más de un destino, lo que presenta una dificultad a la hora de asignar un valor al sitio estudiado.

Otra limitación consiste en el sitio-específico que presenta el método, debido a que este método permite estimar el cambio en el bienestar asociado al cierre o a la desaparición de un espacio natural con relativa facilidad (o inaugurar uno nuevo de similares características a los que existen), pero resulta más complejo estimar el cambio en el bienestar que se produce por un mejoramiento o un empeoramiento de las instalaciones del mismo.

#### **3.4.1.3 Método de dosis-respuesta**

La función de dosis-respuesta, mide la relación entre la presión sobre el medio ambiente como causa y resultados específicos de la misma como efectos; se establece una relación matemática que determina como un determinado nivel de contaminación y/o degradación repercute en la producción, el capital, los ecosistemas, la salud humana. Así, las funciones de dosis-respuesta, constituyen una primera aproximación a la valoración económica de la alteración de un bien o servicio ambiental, debe destacarse que el método descansa en algunos supuestos

que no siempre se cumplen, y tampoco tiene en cuenta las preferencias sociales por los servicios de los ecosistemas.

#### **3.4.1.4 Método de costos evitados**

El método de los costos evitados o inducidos, es útil para estimar las tres categorías de valor de uso que componen el valor económico total, a saber: valor de uso directo, valor de uso indirecto y el valor de opción. Se admiten dos posibilidades: (1) el bien o servicio ambiental es un insumo más dentro de la función de producción ordinaria de un bien o servicio privado; y (2) el bien o servicio ambiental forma, junto con otros bienes y servicios, parte de función de producción de utilidad de un individuo o una familia.

En este enfoque de costos evitados o inducidos se distinguen varios métodos de valoración; estos métodos no proveen medidas precisas de los valores económicos de los servicios ambientales, a diferencia de otros métodos que se basan en la disposición a pagar de las personas por los bienes o servicios en cuestión. Estos métodos suponen que los costos de evitar ciertos daños sobre el ambiente o reemplazar ecosistemas o los servicios que éstos proveen constituyen estimaciones útiles de su valor. Dentro de éstos métodos se encuentran las funciones de dosis-respuesta, también conocidas como funciones de daño.

#### **3.4.2 Métodos Directos**

Los métodos directos intentan valorar el bien ambiental sin hacer referencia o sin usar información relativa a otros mercados, por eso también se llama de mercados hipotéticos. En los directos, el método de valoración contingente, es considerado como el método de preferencias declaradas (Azqueta, 1994).

##### **3.4.2.1 Método de valoración contingente**

En opinión de Azqueta (1994), la valoración contingente es un método directo que se ha utilizado para la valoración del valor de uso actual de las áreas naturales protegidas. Esta técnica simula un mercado mediante encuestas, donde se pregunta

directamente al usuario cual es su máxima disposición a pagar (DAP) por consumir un servicio ambiental (Campos et al., 1996).

El Método de Valoración Contingente (MVC), se distingue como método directo que tiene como objetivo que las personas declaren sus preferencias con relación a un determinado bien o servicio ambiental, en lugar de realizar estimaciones sobre la base de conductas que se observan en el mercado; es el único método que permite calcular el valor económico total de un bien o servicio ambiental, permite estimar valores de uso, como de no uso, siendo estos últimos los responsables de su gran difusión debido a que ningún otro método puede capturarlos.

En esta técnica existe un subastador representado por un encuestador quien presenta el bien a los miembros del mercado hipotético para obtener de ellos el máximo precio que estarían dispuestos a pagar por el bien, en este caso la disponibilidad de agua dulce; también podría valorarse la protección del riesgo de inundación, entre otros aspectos.

Existen dos formas para recolectar datos para un estudio de caso de un mercado hipotético: el primero, simplemente preguntarle al individuo cuanto está dispuesto a pagar opened-ended. El segundo, ofrece una o varias opciones específicas para que decida cual prefiere (formato closed-ended). Esta investigación utilizará esta segunda metodología, a través de selección dicotómica, que consiste en respuestas discretas si/no, este método no presenta el riesgo de comportamiento estratégico por parte del entrevistado a diferencia del formato opened-ended.

Seip y Strand (1992), señalan que la naturaleza hipotética del mercado propuesto al usuario presenta dificultades al validar los resultados. Autores como Azqueta (1994) y Hanemann (1994), presentan los posibles sesgos de la metodología:

- (a) Sesgo de ámbito. La disposición a pagar depende como se presenta el servicio ambiental: aislado o formando parte del sistema.
- (b) Sesgo estratégico. Los encuestados pueden dar una respuesta falsa para influir políticamente sobre el servicio ambiental.

- (c) Sesgos de la hipótesis. Puede ocurrir una diferencia entre la cantidad declarada y la cantidad real a pagar.
- (d) Sesgo de diseño. Se ha encontrado que la información que se suministra al encuestado influye en la disposición a pagar.

Es de vital importancia considerar estos elementos en la formulación y aplicación de la encuesta.

De estos métodos el que se utiliza en el presente estudio es el método de valoración contingente, debido a que el servicio ecosistémico a valorar es el hídrico, el cual tiene no precio en el mercado y tampoco existen sustitutos cercanos. Este método permitirá medir los beneficios sociales de conservar la cuenca Copalita en la que se encuentra el bosque mesófilo de montaña que es proveedor de esos servicios, particularmente la producción de agua mediante la condensación, lo cual genera un recurso vital para la industria turística de Huatulco, donde abrir la llave, ver correr el agua, tomar un baño, lavar el automóvil, son acciones cotidianas. Así, si todos aspiran a tener garantizado el consumo de agua, entonces se tiene que atender un dilema: que los cafetales indígenas, pobres junto con la población urbana y la industria del turismo alcancen un crecimiento solidario.

Huatulco tiene una demanda de agua que se multiplica, por varias razones:

- (a) La primer causa de la necesidad continua y alto consumo de agua es el creciente auge turístico.
- (b) El cambio de vida de la población urbana de Huatulco, entre ellos los hábitos cotidianos de higiene, tiende a aumentar el gasto de agua, particularmente el uso en albercas, jardinería y servicios turísticos.
- (c) El cambio climático, significa mayor temperatura y mayor evaporación; precipitaciones torrenciales con alta erosividad, por ello la necesidad de contar con una cubierta vegetal en la parte alta de la cuenca, que sirve de protección para reducir el escurrimiento superficial.

(d) La región también tiene la presión agrícola, el cambio de uso de suelo de temporal a riego puede ocurrir, así como el cambio de uso de suelo de café bajo sombra a ganadería o agricultura de temporal, con ello se reducirá la cubierta vegetal, se afectará la franja de condensación y el ciclo hidrológico podrá verse interrumpido.

El principio del planteamiento del Pago por Servicios Ecosistémicos implica la conservación y mejora de los servicios ambientales, en este caso la protección hidrológica, lo que exige que en la parte alta de la cuenca se sacrifiquen otros usos del suelo que signifique la conservación de las tierras arboladas en tierras con cultivos de temporal o ganadería, el agroecosistema cafetalero debe conservar la arquitectura propia del bosque de niebla, porque ahí ocurre el proceso de producción natural de condensación.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 Estudios del Pago por servicios ambientales en América Latina**

Casas y Martínez (2008), en ocho países de América Latina y El Caribe, realizaron un análisis comparativo encontrando alrededor de 400 proyectos donde se practica el Pago por Servicios Ambientales, destacando cuatro servicios: (1) protección de cuencas hidrológicas; (2) conservación de la biodiversidad; (3) conservación del paisaje y belleza escénica; y (4) secuestro de carbono. El estudio de estos autores muestra un desarrollo desigual en las constituciones jurídicas y normas institucionales, de los países, destacan lagunas desde la perspectiva de las leyes y normativas para la administración de los recursos naturales que constituyen la oferta de los servicios ambientales, la otra arista está vinculada con los asuntos legales de los contratos de pago por servicios ambientales. Este análisis revela que se ha avanzado en el reconocimiento del pago de los servicios ambientales como una estrategia para el desarrollo sustentable, sin embargo existen vacíos jurídicos para promover el pago por servicios ambientales.

#### **4.1.1 Bolivia**

Este país tiene un marco en el que jurídicamente no se ha desarrollado el concepto de Pago por Servicios Ambientales, sin embargo en la Ley se reconocen algunos servicios que ofrecen las áreas naturales protegidas, a saber: (a) conservación de la biodiversidad; (b) investigación; (c) recreación; (d) educación; y (e) ecoturismo. En el caso del agua, la Ley de Aguas de 1906 establece el pago de un impuesto por el uso del agua.

De Bolivia destaca el Proyecto de Acción Climática Noel Kempff Mercado (PACNKM) el cual se desarrolló a partir de 1997 antes de que existiera el Mecanismo para un Desarrollo Limpio, el proyecto tuvo un costo de 9.5 millones de dólares, esto permitió ampliar el parque de 889,446 ha a 1,523,446 ha con las aportaciones de American Electric Power, Pacificorp y British Petroleum, los fondos fueron administrados por la fundación amigos por la naturaleza.

#### **4.1.2 Chile**

En este país los autores citados no encontraron legislación que regule el Pago por Servicios Ambientales, aunque existen instrumentos de tipo económico para la prevención de la contaminación, por ejemplo: permisos de emisión transable, impuestos a las emisiones, y otros instrumentos de estímulo al mejoramiento ambiental. El Código de Aguas de 1981 estipula el pago por los derechos de aprovechamiento de agua. También se considera el cobro a las áreas silvestres, en el caso de las áreas silvestres protegidas de tipo privado están exentas de impuestos.

#### **4.1.3 Costa Rica**

Este país tiene un marco jurídico muy desarrollado para el Pago por Servicios Ambientales, así como para la captación del financiamiento de estos pagos. La Ley Forestal considera la creación del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y es responsable de los pagos. Respecto al agua se tiene regulado que todos los concesionarios de aguas públicas, deben contribuir en los gastos necesarios para la conservación de los cauces de las aguas. A partir de 1996 en este país institucionalmente existe un programa de cobro y pago por servicios ambientales, los fondos tienen como fuente el impuesto al consumo de combustibles fósiles, y las aportaciones de los beneficiarios directos de los servicios ambientales. Lo anterior explica el crecimiento en este tipo de proyectos y ha desarrollado tres tipos de contratos: (1) contratos individuales, que se suscriben entre un particular dueño de una propiedad y el Estado; (2) contratos globales, se celebran entre el Estado y una organización legalmente constituida; y (3) contratos con reservas indígenas que se suscriben entre el Estado y una organización legalmente constituida en una reserva indígena.

El principio del sistema de pagos por servicios ambientales en Costa Rica, considera un incentivo a los usuarios de la tierra por los servicios ecosistémicos que prestan, creando un incentivo directo para que los usuarios incluyan estas decisiones sobre el

uso del suelo. Con la promulgación de la Ley Forestal en 1996, el gobierno reconoció que los ecosistemas forestales producen cuatro servicios ambientales, a saber:

- (a) Mitigan emisiones de gases con efecto invernadero.
- (b) Producen servicios hidrológicos, incluyendo la producción de agua para consumo humano, la agricultura de riego y la generación de energía eléctrica.
- (c) Conservan la biodiversidad.
- (d) Ofrecen belleza escénica, plataforma para el ecoturismo.

El diseño de los programas en Costa Rica, destaca por lograr un aumento de diversos servicios ambientales forestales, a saber: absorción de carbono, servicios hidrológicos, conservación de la biodiversidad y provisión de la belleza panorámica, mediante indemnizaciones a propietarios de tierra y bosques a cambio de contratos plurianuales para la reforestación, la ordenación forestal sustentable y la protección de los bosques. Las principales fuentes de financiación de este programa han sido los ingresos procedentes de impuestos sobre combustibles fósiles, como de las compañías eléctricas, préstamos del Banco Mundial y subvenciones por parte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Los antecedentes inmediatos, provienen de los setenta, cuando se redujo la oferta maderera ofreciendo incentivos para la reforestación mediante la deducción de impuestos. Luego la Ley Forestal 7032 de 1986 permitió reemplazar esta estrategia por los Certificados de Abonos Forestales (CAF), que se aplicaba a las empresas más grandes con aplicaciones fiscales para que participaran en la reforestación; esto se amplió mediante los Certificados de Abonos Forestales por Adelantado (CAFA), mecanismo de créditos por adelantado para que los productores con limitaciones de crédito inviertan en reforestaciones. Esta estrategia se hizo extensiva al manejo forestal sustentable, así como a la protección de los bosques naturales.

En 1997 cuando se elaboró el Pago por Servicios Ambientales, Costa Rica tenía vasta experiencia en reforestación y manejo forestal sustentable. Entonces la Ley Forestal 7575 de 1996 introdujo cambios:

- (a) Modificó la justificación para realizar los pagos por servicios ambientales.
- (b) La fuente de financiamiento pasó del presupuesto gubernamental a un impuesto especial, el pago a los poseedores de la tierra y el bosque productores de los servicios ambientales.
- (c) Creó una estructura para administrar el Programa, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).
- (d) A partir del año 2000, sólo se consideran dos instrumentos: (1) reforestación; y (2) protección de bosques.
- (e) En el PSA, los interesados presentan un plan de manejo forestal sustentable, certificado por un técnico forestal autorizado. Una vez autorizado el plan, los usuarios realizan las prácticas descritas en él y reciben pagos por cinco años. Existen casos en que los usuarios de la tierra asumen el compromiso de mantener el uso del suelo concertado por diez o quince años. Los usuarios del FONAFIFO ceden al gobierno sus derechos sobre las reducciones de emisiones de gases con efecto invernadero productos de sus actividades.

En opinión de diversos expertos (Pagiola, Landel y Bishop, 2006), Costa Rica ha desarrollado el mecanismo más avanzado de las economías en desarrollo en cuanto a pagos por servicios ambientales, destaca que desde sus orígenes el programa ha convenido con generadores de energía hidroeléctrica y con un consumidor industrial de agua (cervecera) para pagar por las actividades de conservación forestal, con ello el FONAFIFO garantiza pagos a los usuarios de las tierras aguas arriba de la cuenca.

Existen pagos por servicios hidrológicos fuera del Programa descrito, que son acuerdos entre productores de energía hidroeléctrica y organizaciones no

gubernamentales, en este caso propietarios de la cuenca hidrológica donde se produce el agua que utilizan agua abajo las hidroeléctricas, destacan caso, por ejemplo:

Merayo (2004), reporta una investigación realizada en Santa Cruz Guanacaste, Costa Rica, en la cual hace una valoración económica del agua potable en la cuenca del río Enmedio. En Costa Rica la presión por las fuentes de agua para uso doméstico se han incrementado debido al acelerado y no planificado crecimiento de la población que conduce a un deterioro ambiental en las cuencas productoras de agua para destacando el uso para consumo humano. Al agua no se le ha dado el valor real que debiera tener, sólo se han contabilizado aspectos operativos del servicio: recolección, conducción, toma del agua potable para uso doméstico producido en la cuenca del río Enmedio, esta estrategia garantiza recursos económicos para la sustentabilidad financiera del servicio de agua potable y de las áreas forestales productoras de agua. Esta valoración recurrió al método de valoración contingente mediante la aplicación de encuestas, utilizando el análisis Logit de formato dicotómico, el resultado revela que el 77.8% de los usuarios está dispuesto a pagar  $\text{¢}425$  (\$1.49 dólares) adicionales a la tarifa del agua que pagan anualmente por el mejoramiento de la calidad del agua potable, es decir, 18% adicional de la tarifa promedio que pagan los usuarios. Sin embargo el monto a pagar a la tasa actual no es suficiente para cubrir los costos reales del agua, ya que el costo real del agua para uso doméstico se calculó en US \$0.377 m<sup>3</sup>/anual y la voluntad de pago es US \$ 0.272m<sup>3</sup>/anual, lo cual resulta menor que el costo real del agua.

#### **4.1.4 Colombia**

En este país no existe una legislación para el pago por servicios ambientales, disponen de normas dispersas, actualmente cuenta con una propuesta de pago por servicios ambientales en consulta. El gobierno y algunos municipios comienzan a reconocer proveedores de servicios ambientales, a quienes compensan mediante exenciones en el impuesto predial y deducción del impuesto de renta; también han acudido a proyectos MDL de tipo forestal, así como al ecoturismo, principalmente.

Benites et al., (2008), identificaron los servicios ecosistémicos como base para el manejo participativo de los recursos naturales en la cuenca del río Otún, Colombia, esta cuenca alberga zonas de importancia para especies endémicas, contribuye a la generación de agua para consumo humano y otros usos, además de poseer un alto potencial turístico. Los actores locales identifican once servicios ecosistémicos, considerando a cuatro de ellos como prioritarios, a saber: (1) calidad del agua para consumo humano; (2) belleza escénica para ecoturismo y recreación; (3) calidad del aire; y (4) producción de alimentos, madera y bienes no maderables. El estudio referido concluye que todas las actividades de conservación desarrolladas hasta el momento en la cuenca del río Otún se orientan a promover el recurso hídrico por tratarse de una necesidad sentida entre los pobladores, los cuales muestran interés en proponer incentivos para su buen manejo. Se hace evidente, que existe potencial para implementar mecanismos de mercados tendientes a garantizar la provisión de los servicios ecosistémicos prioritarios.

#### **4.1.5 Honduras**

No se reporta una Legislación ex-profeso para el Pago por Servicios Ambientales, sin embargo existen esfuerzos para implementar esta transacción a manera de ejemplo destacan dos trabajos:

Cisneros et al., (2007), realizaron una valoración económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en el municipio de Copán Ruinas, Honduras, el estudio determinó la demanda económica para la provisión y regulación hídrica destinada al consumo humano. El propósito fue ofrecer un arreglo institucional como alternativa para la conservación y protección de zonas prioritarias para el abastecimiento de agua, a la vez, disminuir la presión sobre el escaso presupuesto de los municipios que desean invertir en la gestión integral del recurso hídrico.

Realizar esta valoración, requirió delimitar la subcuenca del río Copán, integrada por cinco municipios, la población emplazada en las microcuencas es de bajo nivel de escolaridad e ingresos, su principal actividad es la cafecultura y la agricultura

diversificada y para el autoconsumo. Para caracterizar la demanda y estimar la disposición de pago, se utilizó el método de valoración contingente mediante encuestas que se aplicaron a una muestra de 285 encuestados, los cuales fueron de manera aleatoria y estratificada por barrios, en predios con categorías domésticas y comerciales. El vector de pagos sugerido fueron: 15, 25, 50, 75 y 100 lempiras; utilizando para calcular el monto promedio de la disponibilidad dos tipos de análisis uno paramétrico (utilizando como estimador una interpolación lineal), y otro no paramétrico (análisis de un modelo de utilidad aleatoria a través del modelo econométrico PROBIT); el primer método arrojó una disponibilidad de pago de 19.39 lempiras/mes (1.08 dólares/mes); el segundo método mostró una disponibilidad de pago de 16 lempiras (con una significancia del 95%). Este estudio concluyó que el monto final de cobro depende de una decisión política, desde el punto de vista del bienestar social de la comunidad, tampoco deberá exceder el monto máximo de disponibilidad que resultó de dicho estudio.

Jiménez y Chirinos (2007), realizaron una investigación con el propósito de contribuir al conocimiento del manejo sustentable y participativo de las microcuencas rurales en Honduras, principalmente para el manejo del recurso agua, debido a que la implementación de actividades con enfoque de manejo de cuencas facilita la conservación de ecosistemas que generan servicios para la sociedad a los cuales en la actualidad, se les reconoce un valor económico, de manera que los beneficiarios paguen a los productores por los mismos. En Honduras, la iniciativa sobre los servicios ambientales ha surgido de lo local hacia lo nacional, identificándose dos casos: (1) la experiencia de la cuenca del embalse el Cajón, la cual busca proteger la cuenca con el propósito de abastecer de agua suficiente y de calidad para la producción hidroeléctrica, consumo humano, industrial y agropecuario; (2) la desarrollada por la Pastoral de la Tierra y el Medio Ambiente de la Diócesis de Trujillo, Departamento de Colón, con el propósito de proteger las fuentes de agua del Departamento para consumo humano.

Los investigadores proponen lineamientos generales para un proyecto de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, que forme parte de una estrategia para aliviar a

mediano o largo plazo los problemas de escasez y contaminación del agua que actualmente experimentan la mayoría de las microcuencas rurales de Honduras. El resultado de la investigación, fue de cinco pasos: (1) definición de la función del servicio ambiental hídrico; (2) recolección y sistematización de la información (microcuenca, oferta y demanda); (3) definición de los ámbitos y construcción del modelo de PSAH; (4) puesta en práctica de PSAH; y (5) seguimiento y evaluación. Se concluye que la propuesta es lo bastante flexible para ser ajustada a cada escenario que se desarrolle, además de que no sólo representa un mecanismo de conservación, sino también un generador de ingresos para las áreas rurales, el cual debe ser reconocido como parte de las estrategias para el desarrollo a nivel local y brindar mayor protección a las cuencas hidrográficas.

#### **4.1.6 Nicaragua**

No se reporta legislación ambiental para este país, sin embargo existen ejemplos de propuestas, destacando la investigación de Leguía et al., (2007) quienes generaron una metodología para identificar bosques proveedores de servicios ecosistémicos importantes para la adaptación del sector hidroenergético en Nicaragua. La metodología es sobre transferencia de beneficios y es aplicable a cualquier servicio ecosistémico no rival; es decir, aquel cuyo uso no reduce la disponibilidad del servicio para el uso de otros actores.

La investigación se realizó en todo el territorio Nicaragüense, encontrándose dos tipos de usuarios: (1) 34 centrales con embalses; y (2) 9 centrales al filo de agua. Los ecosistemas han sido ubicados en el mapa de uso del suelo actual de Nicaragua con las categorías de uso de suelo: bosques, cultivos perennes, cultivos anuales, pasturas y otros; destacan cuatro servicios ecosistémicos. La información se procesó en dos etapas; en la primera se hizo énfasis en los usuarios de los servicios ecosistémicos (SE), se asumió que la importancia de los ecosistemas para la adaptación del sector hidroenergético depende del beneficio que obtienen los usuarios de los SE, que este beneficio es más alto para usuarios más vulnerables. Para cada usuario se calculó el beneficio, definido como el producto de la

vulnerabilidad del usuario y la utilidad que obtiene del servicio; la cantidad de SE recibidos de la cuencas aguas arriba para calcular el beneficio unitario.

En una segunda etapa el énfasis se puso en los ecosistemas, asumiendo que la importancia de los ecosistemas depende de tres factores: (1) la cantidad de SE producidos; (2) la presencia de usuarios en la unidad de destino; y (3) el beneficio unitario de cada SE para los usuarios en todas las microcuencas aguas abajo. El estudio concluye que la identificación de ecosistemas forestales que proveen servicios ecosistémicos para las centrales hidroeléctricas, es una herramienta de diálogo importante para la implementación de planes de manejo adaptativo con la finalidad de garantizar el flujo continuo de tales servicios, contribuyendo con la adaptación del sector hidroenergético a los posibles impactos del cambio climático, además es una herramienta útil para planificar un esquema de pagos por servicios ecosistémicos.

#### **4.1.7 Venezuela**

También en este país se encuentran propuestas en curso, así: Fernández (2007), realizó una investigación en el Bosque Experimental el Caimital, ubicado en el Municipio de Obispos, Estado de Barinas, Venezuela; este ecosistema representa la zona de vida del Bosque Seco Tropical (BST), considerado como un relicto boscoso de los Llanos occidentales de Venezuela, tiene una superficie de 810,905 ha. Este ecosistema genera servicios ambientales como: (a) preservación de la biodiversidad; (b) conservación de suelos y aguas; (c) otros. La investigación tuvo como objetivo sintetizar la importancia de preservar ese bosque en términos monetarios del valor de uso indirecto del bosque utilizando el método de valoración contingente, el cual permitió conocer el valor económico ambiental que tiene para los habitantes del Municipio Obispos. El valor económico ambiental se estimó a partir de técnicas paramétricas y no paramétricas (Turnbull y Kriström), para la disposición a pagar (DAP) y con base a las técnicas paramétricas se obtuvo Bolívares (Bs) 2.454,44 y 2.575,95 mensualmente, y con las técnicas no paramétricas Bs 2.098,60 y 1.100 mensuales. Se concluye que los montos deben ser consultados con la comunidad

con el objeto de establecer la futura implementación de pago por servicios ambientales para la conservación y protección del Bosque Experimental “El Caimital”.

#### **4.1.8 El Salvador**

Este país centroamericano parece carecer de un marco normativo para el programa de servicios ambientales, sin embargo también se identifican propuestas: Calles y Piedra (2005), realizaron una evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca alta del río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador. Éste estudio aborda un análisis ecológico – económico, cuyo objetivo fue fundamentar el ajuste de la actual estructura tarifaria de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), para ello se propuso como una opción, el pago del servicio ambiental hídrico del bosque como una alternativa para generar ingresos que permitan el financiamiento de actividades de conservación y restauración de dicha cobertura. La propuesta de este cobro hídrico está en función de tres componentes: (1) valor de captación; (2) valor de restauración; y (3) valor de agua como consumo de la producción.

La valoración del servicio ambiental hídrico se fundamentó en el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra, se identificó a la agricultura como la actividad que ha generado mayores procesos de degradación por el cambio de uso del suelo de bosques a granos básicos. El costo de oportunidad de la actividad agrícola se estimó en US \$106/ha/año. Entonces se concluye que el ajuste a la tarifa hídrica cobrada por ANDA sería US \$0.03 m<sup>3</sup> en el sector doméstico, mientras que para los sectores industrial y comercial el valor económico estimado es de US \$0.014/m<sup>3</sup>; la tarifa hídrica es el mecanismo más apropiado para el cobro del servicio ambiental hídrico de los bosques en el área de estudio.

En general en América Latina y el Caribe, de acuerdo con Casas y Martínez (2008), lo que se rescata es la carencia de marcos jurídicos e institucionales para el pago de los servicios ambientales, pese a la carencia de estos marcos legales comienzan a

identificarse estudios recientes para desarrollar esquemas de pago por servicios ambientales.

#### **4.2 Estudios del Pago por servicios ambientales en México**

En México, se identifican diversos trabajos orientados a la construcción de dicho mercado, por ejemplo Gutierrez (2003), en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en Cañada de Contreras en la Delegación Magdalena Contreras que forma parte del Suelo de Conservación del Distrito Federal, donde aún es posible encontrar una masa forestal que contribuye a la captación de agua para suministrar el líquido a las localidades vecinas de esta Delegación, realizó una valoración económica de esta área natural protegida de 3100 ha, encontrando que dentro de los servicios ambientales que brinda, destaca: (1) la captura de carbono; (2) la protección hidrológica de la cuenca: recarga de acuíferos, retención de sedimentos, prevención de inundaciones; (3) protección de la biodiversidad; (4) regulación del clima; (5) servicios estéticos; y (6) ecoturismo. Se identifican 36 manantiales, 17 de ellos conforman el río Magdalena y 19 son individuales, los cuales son parte de los servicios ambientales que proporciona el Ajusco a alrededor de 250 mil personas como beneficiarios directos del agua producida de la Cañada de Contreras; sin embargo a la fecha no se han construido las bases para realizar las transacciones mediante las cuales los usuarios de este líquido retribuyan a los dueños de las tierras de la zona alta del Ajusco, cuyo uso del suelo no se puede cambiar.

Larque Saavedra (2003), en el oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México realizó una valoración contingente para identificar la percepción que la población de municipios conurbados como Ixtapaluca, Chicoloapan, Chimalhuacán y los Reyes la Paz del Estado de México, tienen acerca de los servicios ecosistémicos del bosque que se encuentra en el municipio de Ixtapaluca. La muestra de 386 personas que habitan en los suburbios de la Zona Metropolitana reveló que su concepción sobre los servicios ambientales que brinda el bosque son bienes públicos, por ello es responsabilidad del gobierno cuidar de los bosques para garantizar sus servicios ambientales, el estudio también identifica en otra de sus vertientes es la carencia de recursos económicos lo que les limita cooperar, no es

necesariamente que no reconozcan el valor del bosque, ya que en esta zona los asentamientos urbanos en la cuenca del río La Compañía con frecuencia padecen siniestros por inundaciones.

Jiménez (2004), en el municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México identificó degradación de los recursos naturales por las actividades agrícolas, forestales, mineras e industriales, por ello sería prometedor desarrollar el pago por servicios ambientales, destaca el secuestro de carbono como una estrategia para compensar a los propietarios de los bosques, lo que permitiría conservar los recursos naturales y en consecuencia la biodiversidad. El 54% de la población encuestada se dedica a la agricultura, quienes manifiestan interés por mejorar y conservar el agua; respecto a la flora, pese a que la utilizan en la medicina tradicional no manifiestan disponibilidad de pago; lo mismo ocurre para los animales silvestres. Los resultados evidencian la carencia de la educación ambiental, ello explica el desconocimiento de los beneficios que podrían proporcionar los diferentes elementos del ecosistema.

Aguirre (2006), trabajó en cinco comunidades indígenas de los municipios de Chilón, Jitotol, El Bosque y Larrainzar del Estado de Chiapas, donde la cafecultura es la principal actividad económica, ahí evaluó la captura carbono en tres niveles: (a) materia orgánica del suelo; (b) materia orgánica decidua o muerta: árboles muertos, ramas y mantillo; y (c) biomasa viva: árboles, arbustos, hierbas y raíces, encontró que se diferenciaban dos sistemas de producción: orgánico y convencional; en el sistema orgánico encontró café en monocultivo bajo sombra y café como policultivo tradicional. Los resultados indican que el café orgánico en policultivo tiene 12 especies de árboles útiles como sombra/ha con 397 árboles de sombra/ha, con 2150 cafetos con 16 quintales/ha; mientras que el convencional 7 especies de sombra/ha, con 177 árboles de sombra/ha, con 2357 cafetos con 10 quintales/ha. Respecto a los reservorios de carbono el café convencional tiene 129.82 toneladas de C/ha mientras que el café orgánico como monocultivo fue de 215.64 toneladas de C/ha, es en la materia orgánica del suelo donde encontró mayor cantidad del reservorio (67%), la biomasa viva 27%. Entonces el café orgánico en policultivo es el que más carbono captura y lo almacena en la materia orgánica del suelo.

Los servicios ambientales que ofrece la cafecultura en esta región son: biodiversidad y captura de carbono, para los cuales, deben crearse incentivos económicos para que los productores manejen y conserven este agroecosistema.

García (2006), en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, en el Distrito de Ixtlán del Estado de Oaxaca, para cuantificar y valorar los servicios ambientales de los bosques, utilizó el método de valoración contingente muestreando a un segmento de los habitantes de la Ciudad de Oaxaca, beneficiarios indirectos de estos servicios ambientales, quienes perciben que los bosques de la Sierra de Ixtlán son la fuente principal de: (a) captación y retención de agua; (b) purificación del aire; (c) fertilidad del suelo; (d) conservación de flora y fauna; (e) regulación del clima; (f) fijación de carbono; y (g) belleza escénica. Este trabajo destaca que la belleza escénica es el servicio ambiental menos relevante para los no residentes en el bosque. La disposición a pagar por estos servicios ambientales en un 16% de la muestra fue negativa, mientras que la disposición a pagar media anual por los habitantes de la Ciudad de Oaxaca fue de \$1,105.00/familia/año. Este trabajo muestra la disponibilidad que tienen los habitantes de una ciudad que vive del turismo principalmente, donde aspectos como la contaminación del aire, la escasez del agua y las altas temperaturas extremas son preocupaciones que comienzan a revelarse y perciben que la Sierra Norte es fuente de servicios ambientales, además en su cosmovisión consideran que en el valle se puede incrementar la mancha urbana.

Domínguez (2006), en ocho comunidades de la Cuenca del Río Texcoco, Estado de México, practicó un censo a los operadores del agua, responsables de los pozos, cuya agua se utiliza en la agricultura de minifundio y para uso doméstico; el agua para riego en la zona de estudio se administra por horas, así en la comunidad de San Pablo Ixayoc por lo general aplican dos riegos en cultivos de maíz y avena, uno a la siembra y otro en la canícula ocupando de 16 a 20 horas por ambos riegos, con un gasto de 8 litros/segundo equivalente a  $460.8 \text{ m}^3/\text{ha}$  a  $576 \text{ m}^3$ .

En el municipio de Texcoco se identifican 321 pozos profundos, el 57% es para uso agrícola, el 4% para uso ganadero, el 23% para uso urbano, el 12% son pozos inactivos; el 4% restante equivale a 12 pozos que están dedicados al uso industrial.

No se omite comentar que en la parte alta de esta cuenca, buena parte del suministro de esta agua para riego de la agricultura de temporal y de la agricultura que se practica en invernaderos proviene de manantiales. Respecto al costo del agua en el municipio el pago promedio mensual es de \$33.75, aunque en el caso de los que poseen medidores su pago oscila entre \$90 y \$100, mientras que en las comunidades rurales las cuotas son simbólicas y no alcanzan a pagar los costos de operación propios del pozo. La mayoría de la población que exploró el trabajo de este autor revela que los usuarios conocen la problemática del abatimiento del acuífero y perciben las consecuencias; sin embargo el 32% de los encuestados del agua para uso agropecuario y doméstico opinan que el pago es adecuado; la población restante de los encuestados revela que está dispuesto a pagar de manera adicional \$50.00 mensualmente.

Orosco (2006), en Tlaxco, Tlaxcala, trabajó en la microcuenca del río Zahuapan que corresponde a la parte alta de la zona donde la precipitación media anual es de 668 mm, con 95 días efectivos de precipitación, de ello en la parte boscosa se intercepta el 12.2%, 7.5% se infiltra, 44.1% se pierde por evapotranspiración, 31.1% se pierde por escurrimiento, la recarga subterránea es de 3.3%, el agua retenida en los espacios porosos del suelo es de 1.8%. El balance indica que es necesario realizar un manejo para aprovechar el 31% lo que equivale a 207 litros/m<sup>2</sup>, sin embargo el desarrollo de estrategias para frenar el escurrimiento superficial exige una retribución a los dueños de las tierras boscosas para garantizar la sustentabilidad del agua como un servicio ambiental.

Paniagua *et al.*, (2007), realizaron un estudio que se enfocó a estimar la demanda hídrica en la cuenca Tlapa, Jalisco con una superficie de 21,000 ha (con un 44% de bosques, 28% de uso agrícola y 27% uso pecuario); utilizando el método de valoración contingente (MVC) para crear un mercado de servicios ambientales hídricos, conocer la disponibilidad a pagar de los usuarios y si la disposición a pagar o los montos pagados por el PSAH cubren el costo de oportunidad de uso de los suelos forestales en el área de estudio. El objetivo fue caracterizar la demanda de agua por tipo de sector, estos son: doméstico, agropecuario e industrial, comparando

si la disponibilidad de pago de los usuarios cubre el costo de oportunidad de uso de los terrenos en el área de la cuenca.

La DAP por el agua se determinó con el MVC por sector productivo utilizando un modelo lineal generalizado; para conocer el uso actual del suelo y el uso potencial se utilizó un mapa de uso actual a partir de una imagen satelital de la plataforma LANDSAT<sup>4</sup> 7 ETM+ y un mapa de uso potencial de la cuenca obtenido de las cartas de uso potencial del municipio, con ello se identificaron y cuantificaron las áreas de aptitud forestal que actualmente no tienen un uso forestal. Los resultados que arrojó dicha investigación, es que en la cuenca se concentra vegetación de pino-encino, la demanda total de agua por sector asciende a 23,172 millones de m<sup>3</sup>/año; quien demanda la mayor cantidad de este recurso es el sector agrícola con una proporción de 93%; el sector pecuario ocupa 5%; mientras que el sector servicios e industrial exige menos del 1%. La DAP a pagar por este recurso hídrico fue mayor en el sector doméstico con 46.5%; 31% sector pecuario; 17.8% sector agrícola; 4.5% sector servicios y 0.2% sector industrial. Se estima que el costo de oportunidad por tipo de uso de suelo en conflicto de la cuenca es de aproximadamente \$17,929,674.3 mdp/año; el costo de oportunidad total asciende a \$48,195,289.5 mdp/año y el recurso monetario necesario para que las áreas de uso forestal no cambien a un uso distinto a \$30,265,615 y comparando la DAP total de la población la cual asciende a \$3,064,031/año con un costo de oportunidad de su superficie boscosa que asciende a \$30,265,615.2/año, se obtuvo un déficit anual de \$27,201,313, lo que significa que la DAP total de una población representa el 10% del costo asociado a la recuperación de la superficie forestal actualmente en otro uso (áreas conflictivas), el déficit se incrementaría a \$45,130,988 y la DAP se reduce a solo 6% del costo de oportunidad total. Una deficiencia del estudio es que la cuenca no atiende a una zona urbana como sería el caso de una zona metropolitana que alberga a una industria y una alta población. Esta experiencia sugiere que en cuencas cuyo uso del suelo predominantemente sea agrícola y localidades pequeñas y rurales toda vez que la producción de alimentos seguramente se orienta al consumo humano el concepto a utilizar debe ser el de agua virtual, concebida como aquella cantidad de agua requerida para producir un producto, un bien o un servicio, así para producir 200 ml

de leche se requieren 200 litros de agua, bajo esta relación tendría que desarrollarse un instrumento económico.

Gutiérrez (2008), en el municipio Mineral del Monte del Estado de Hidalgo, realizó un trabajo en el “Bosque del Hiloche”, que tiene una superficie de 100 ha, ahí aplicó el método de valoración contingente, habiendo aplicado 32 encuestas, encontrando que la población de mineral del Monte manifiesta voluntad a pagar para mantener o conservar los servicios ambientales del parque, así la población de 20 a 45 años manifestó una disposición a pagar de \$180.00/año, para realizar mejoras y mantenimiento al parque, así como para disfrutar los beneficios del parque, se identifica que esta población tiene ingresos de \$2,500 a \$3,500 quincenales; aquellos que tienen ingresos superiores a \$3,500 quincenales manifiestan una disposición a pagar hasta de \$350.00/año. En la percepción de los habitantes del bosque objeto de estudio valoran la conservación de la flora, la fauna y la retención de agua en el subsuelo. Este trabajo ratifica el planteamiento teórico que a mayor ingreso mayor disposición a pagar.

Sánchez (2008), realizó una revisión documental sobre el esquema de pago por servicios ambientales hidrológicos de la CONAFOR, así en el 2003 en 15 Estados se otorgó este estímulo y la evaluación realizada a través del Colegio de Posgraduados al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos indica que el 45% del recurso económico se orientó al mantenimiento del bosque, el restante 55% fue para otros propósitos. Este autor señala que el programa de pago por servicios ambientales hidrológicos no está desarrollando el mercado por servicios ambientales hidrológicos, tampoco se identifican acciones por parte de CONAFOR que revelen que se están transfiriendo recursos económicos del consumidor al productor del servicio, por lo que al concluir el programa impulsado por el Gobierno Federal no se garantiza haber construido el mercado del servicio del agua local, regional y/o nacional, en estos momentos el programa, los beneficiarios lo perciben como parte de la cultura de la dádiva.

Santoyo (2008), realizó una valoración económica de los servicios ambientales que ofrece la Sierra de Zapalinamé, zona sujeta a conservación ecológica que se ubica

en los municipios de Saltillo y Arteaga en Coahuila, donde realizó 391 encuestas a pobladores de la Ciudad de Saltillo, donde el 57% de ellos concibe a la Sierra de Zapalinamé como extremadamente importante, su cosmovisión es que esta sierra destaca por la captación de agua, luego la captura de carbono, en tercer lugar la biodiversidad y al final la recreación. La muestra analizada mediante el análisis paramétrico reveló que la disposición a pagar para la conservación de la biodiversidad de esta zona de conservación es de \$11.20/mes/familia; mientras que el análisis no paramétrico ofreció una disposición a pagar de \$12.70/mes/familia.

Dionicio y Ramírez (2008), para el noreste del Estado de Hidalgo en subcuencas del Río Moctezuma donde se tiene presencia de Bosque Mesófilo de Montaña estimaron el balance hídrico de la zona de estudio, considerando la evapotranspiración potencial, escurrimiento, infiltración e intercepción, encontrando que en la parte baja del municipio de Tlanchinol se ubican las zonas con alto potencial para la recarga de acuíferos, este argumento les permitió recomendar que esta zona debe incorporarse a las zonas de elegibilidad de la CONAFOR.

Arteaga (2009), en el Ejido de Canalejas de Otates del municipio de Zacualpan Veracruz, fundamenta la incorporación para que 145 ha de Bosque Mesófilo de Montaña, sean incorporadas al programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, el análisis revela que el balance hídrico considerando sus componentes: precipitación; intercepción, infiltración, evapotranspiración real, escurrimiento y recarga subterránea arroja el potencial activo hídrico, fundamento para que el área se incorpore al programa.

Las experiencias en México revelan la necesidad de construir el mercado de servicios ambientales, ello debe orientar los esfuerzos de los estudios donde la relación campo-ciudad sea manifiesta, es el caso del polo turístico Huatulco que nos ocupa en el presente estudio.

## V. CARACTERIZACION DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 5.1 Región de Estudio

El Estado de Oaxaca representa el 4.8% de la superficie nacional, con 570 municipios que constituyen 30 Distritos; también se identifican siete regiones: (1) Cañanda; (2) Costa; (3) Istmo; (4) Mixteca; (5) Papaloapan; (6) Sierra Norte y Sur; y (7) Valles Centrales. En la región Costa se identifican tres Distritos: (1) Jamiltepec; (2) Juquila; y (3) Pochutla. El Distrito de Pochutla se constituye de 14 municipios: (1) Candelaria Loxicha; (2) Pluma Hidalgo; (3) San Agustín Loxicha; (4) San Bartolomé Loxicha; (5) San Baltazar Loxicha; (6) San Mateo Piñas; (7) San Miguel del Puerto; (8) San Pedro el Alto; (9) San Pedro Pochutla; (10) Santa Catarina Loxicha; (11) Santa María Colotepec; (12) Santa María Huatulco; (13) Santa María Tonameca; y (14) Santo Domingo de Morelos, (INEGI, 2010). La Figura 2 ilustra la región de estudio, la cual toma como referencia el polo turístico Huatulco emplazado en la Cuenca del Río Copalita en la Costa de Oaxaca.

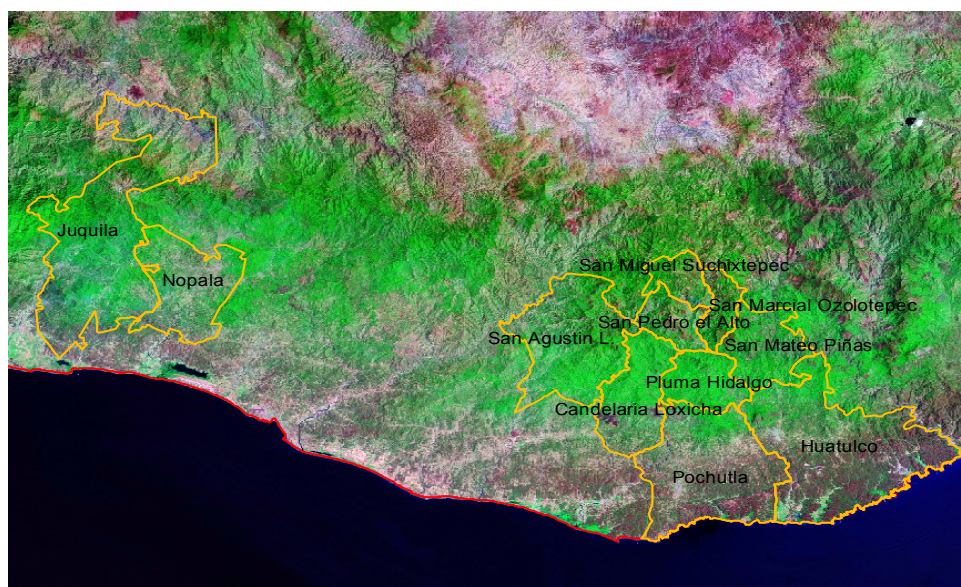


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

### **5.1.1 Ambiente Físico**

En Oaxaca se identifica la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, comprende 78.82 % del territorio oaxaqueño, incluye 6 subprovincias: (1) sierras orientales; (2) cordillera costera del sur; (3) costera del sur; (4) sierra centrales de Oaxaca; (5) sierras y valles de Oaxaca; y (6) Mixteca Alta (INEGI, 2004). La subprovincia Sierras Orientales, constituye el parteaguas en la porción del barlovento, es montañoso, corresponde al paisaje de San José del Pacífico, Santa María Ozolotepec, entre otros poblados, colinda por el sur con la subprovincia Costa del Sur. Sus cumbres superan los 2,000 msnm, es un paisaje escarpado con bosque de pino y un clima templado, cuyas corrientes son cortas y drenan al Pacífico (INEGI, 2004).

La subprovincia Cordillera Costera del Sur, se distribuye paralela al paisaje de Pluma Hidalgo y la zona Loxicha, con un relieve accidentado y un clima semicálido húmedo con lluvias en verano, donde el uso del suelo corresponde al bosque mesófilo, selva mediana subperennifolia, vegetación secundaria de selva mediana, bosque de pino encino, potreros y la cafecultura constituyendo el estrato arbustivo del bosque mesófilo y la selva mediana.

En la Sierra Madre del Sur está la subprovincia Cordillera Costera del Sur con un paisaje de sierras desde San José del Pacífico hasta Candelaria Loxicha, el clima es cálido húmedo, con temperatura de 20°C, precipitación pluvial de 2,692.3 mm, con abundantes lluvias en verano; con presencia de niebla que aporta gran cantidad de humedad.

En general los ríos ofrecen balances hidrológicos positivos debido al intenso régimen de lluvias que la temporada ciclónica propicia, así como el fenómeno de condensación que ocurre de manera intensa en la Selva Loxicha. El principal uso del agua en la cuenca es el doméstico, le siguen en importancia el agrícola, industrial, pesca, actividades recreativas y de turismo, destacando el abasto de agua a Huatulco.

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca del Río Copalita, donde se identifican 22 municipios, como se ilustra en la Figura 3, donde se ubican 13 municipios del Distrito de Pochutla.

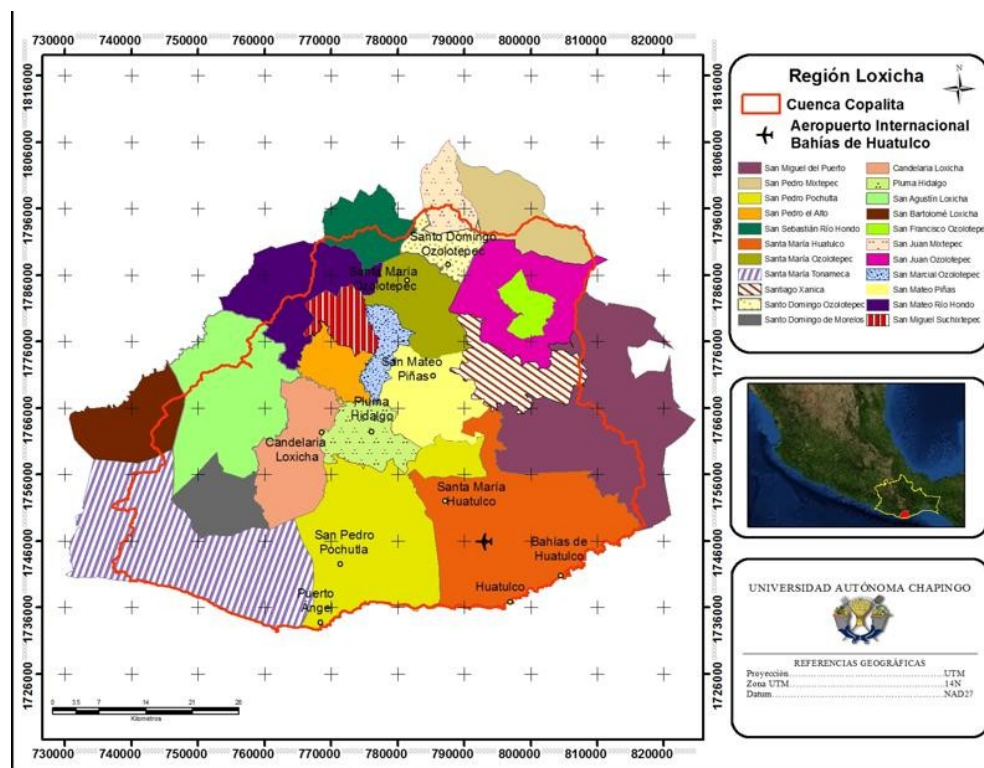


Figura 3. Cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

La región Loxicha donde se realizó el estudio, se localiza a 120 Km al sur de la ciudad de Oaxaca, a mitad del camino entre Miahuatlán y Pochutla. La microrregión Loxicha está constituida por: (1) San Agustín Loxicha; (2) San Bartolomé Loxicha; (3) Candelaria Loxicha; (4) Santa Catarina; y (5) Santa Marta Loxicha. Loxicha se deriva de Lox "Lugar", xicha "piña", significa "lugar donde se produce la piña".

### 5.1.2 Vegetación

De acuerdo con Torres (2004), el Bosque Mesófilo de Montaña, se encuentra en laderas y cañadas húmedas en la Sierra Madre del Sur, particularmente en el Distrito de Pochutla en altitudes de entre 1000 y 2500 msnm donde coexisten climas semi-cálidos y templados húmedos con neblinas, niebla y lloviznas frecuentes.

Challenger (1998), señala que los Bosques Mesófilos de Montaña poseen una composición y una estructura característica, producto de la migración y mezcla a gran escala de las floras holártica y neotropical, del pasado geológico; en el dosel dominan árboles caducifolios de clima templado, en el sotobosque destacan especies tropicales perennifolios, se caracterizan por su aptitud para captar agua de hidrometeoros como niebla y neblina, por ello son ecosistemas invaluable, los cuales se ubican en las regiones montañosas donde sucede la condensación orográfica de masas saturadas de humedad en este caso provenientes del pacífico, en este paisaje en la cubierta arbórea hay neblina y niebla periódicamente, este ecosistema se ubica en las laderas del barlovento, donde recibe el aire cálido húmedo proveniente de la vertiente del pacífico.

Rzedowski (1978), propone que el Bosque Mesófilo de Montaña se divide en 4 provincias: (1) provincia florística de la Sierra Madre Occidental comprende el Bosque Mesófilo desde el Sur de Sonora hasta el Sur de Nayarit; (2) provincia florística de la Sierra Madre Oriental aquí se identifica el Bosque Mesófilo desde Nuevo León hasta el Centro de Veracruz; (3) Provincia florística de las Serranías Meridionales, aquí se agrupan los Bosques Mesófilos que se encuentran en el Eje Neovolcánico, en la Sierra Norte de Oaxaca y la porción occidental de Veracruz; y (4) los Bosques Mesófilos de la Sierra Madre del Sur, que se identifican en Michoacán, Guerrero y Oaxaca; finalmente la provincia florística de las serranías transísmicas, aquí se encuentran los Bosques Mesófilos de la Sierra atravesada de Oaxaca del Istmo de Tehuantepec, la Sierra Madre de Chiapas, el Norte de Chiapas, los Chimalapas y los Tuxtlas.

El Bosque Mesófilo de Montaña es muy denso, se asemeja a la selva húmeda, no se ubican totalmente entre los ecosistemas tropicales, son una formación transicional entre la vegetación tropical y templada, por ello en el dosel existen arboles caducifolios de clima templado porque la baja temperatura y la baja tasa de radiación solar, favorecen su crecimiento. En la estructura se encuentran varios estratos, es común identificar árboles que se desarrollan por arriba del dosel que los conocemos como árboles emergentes; un segundo estrato es el dosel del Bosque Mesófilo que

tienen árboles cuya afinidad son de clima templado conocidos como caducifolios, sus troncos son rectos y miden entre 15 y 35 metros; debajo del dosel se encuentra el tercer estrato de árboles de clima tropical, por ejemplo el Cuil (*Inga* spp) con alturas de 12 a 18 m; el cuarto estrato (de arriba hacia abajo) son árboles que tienen un porte arbustivo y encontramos por ejemplo la poma rosa (*Eugenia* spp), los cuales sombrean directamente al café junto con los ejemplares juveniles de los estratos superiores. En el agroecosistema cafetalero que nos ocupa, se encuentra el cafeto y a ras del suelo el estrato herbáceo donde destacan plantas con potencial ornamental como *begonia* spp, palma camedor y numerosas especies de helechos. Al interior de este tipo de vegetación se encuentran enredaderas y lianas, así como epífitas (orquídeas, bromelias y otras).

### **5.1.3 Relieve**

La Figura 4 muestra el relieve regional, ingresando del Pacífico hacia la parte continental se encuentra una planicie costera, conforme se asciende está la zona de lomeríos y continuando el ascenso se identifica el relieve escapado característico de la Sierra Madre del Sur, a la altura de Pluma Hidalgo la dirección de las montañas tiene una orientación oeste – este, lo que explica que los vientos cálidos húmedos que ingresan del Pacífico (por ejemplo Huatulco, Puerto Angel), conforme ascienden por las laderas de barlovento se van enfriando y al encontrar montañas perpendiculares a la dirección del viento propician la formación de neblina, niebla y precipitación orográfica, este fenómeno de condensación de las masas cargadas de humedad explica la existencia de microclimas que se asocia con archipiélagos de vegetación que corresponde a un Bosque Mesófilo de Montaña, lo cual está asociado a la orientación y discontinuidad de las cadenas montañosas, es ahí donde abunda el cafeto, una vez que se cruza este parteaguas incluso que sirve de límite para algunas subcuencas se ingresa a la zona de San Mateo Piñas, Santa María Ozolotepec y Santo Domingo Ozolotepec, estas últimas localidades próximas al parteaguas de San José del Pacífico, las cuales tienen un ecosistema de bosque de pino-encino y una agricultura de roza-tumba-quema.

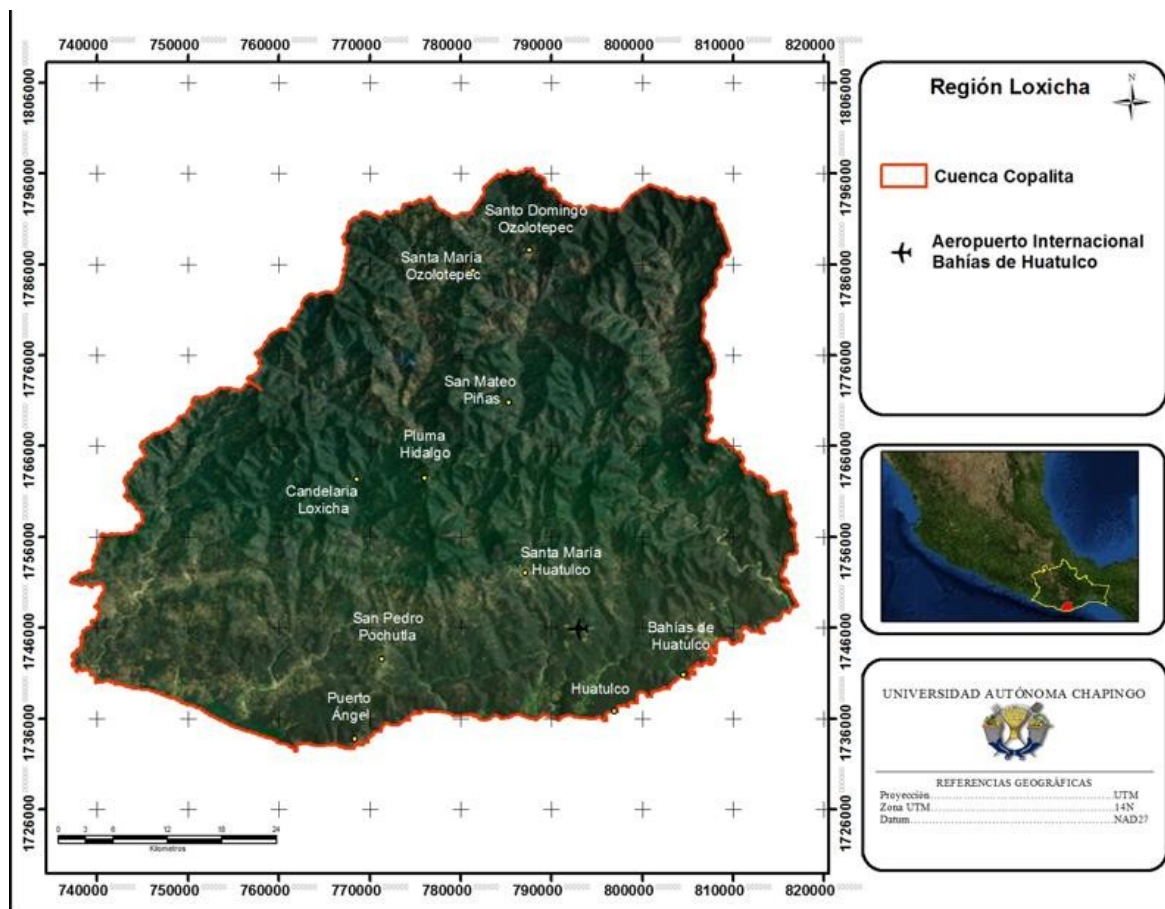


Figura 4. Relieve de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

### 5.1.4 Clima

Utilizando la clasificación climática de Köppen, con las modificaciones de Enriqueta García, en la cuenca, se identifican climas tropicales y climas templados, paralelo al océano pacífico, en las inmediaciones del litoral se tiene un clima cálido seco, el más seco de los subhúmedos y está representado por el observatorio Puerto Ángel y la estación San Pedro Pochutla, este clima representa 33.41%; conforme se asciende altitudinalmente se tiene otra franja climática, donde se encuentra el poblado de Santa María Huatulco con un clima cálido sub-húmedo, el intermedio en humedad con lluvias en verano con el 8.84%; posteriormente viene otra franja con un límite sinuoso y que está asociado a las laderas abruptas que se encuentran por ejemplo a

la altura de Candelaria Loxicha, corresponde a un clima cálido subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos ( $Aw_2$ ) con lluvias en verano, que representa el 22.15%.

Luego se encuentra otra franja A(C), que corresponde a un semicálido húmedo tropical, donde la temperatura medio anual se encuentra entre 18 y 22°C y el mes más frío mayor a 18°C, esta área equivale al 14.82% del territorio en estudio. Asociado al paisaje de bosque de pino, por ejemplo cubriendo localidades como Santo Domingo Ozolotepec, se tiene una franja de clima templado subhúmedo, con el 14.82% del territorio explorado. En el parteaguas de la cuenca a la altura de San José del Pacífico, se identifica una franja de un clima C(E), semifrío subhúmedo, que ocupa el 5.32%. La Figura 5 ilustra la distribución climática del área explorada.

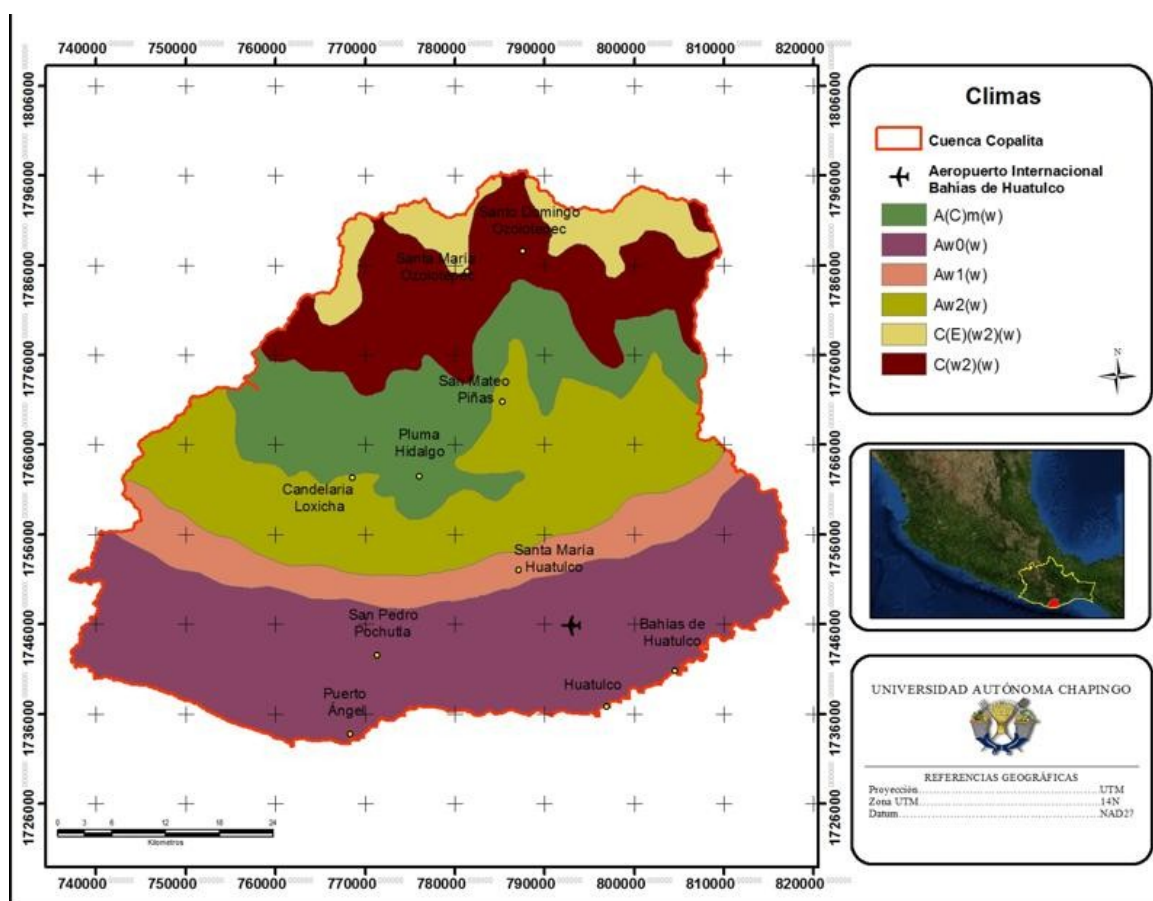


Figura 5. Distribución climática de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

### 5.1.5 Geología

La región de estudio predominantemente tiene una geología de rocas metamórficas en 80.45%, las rocas ígneas cubren 9.21%, las rocas sedimentarias 7.57%, mientras que el área cubierta con aluviones 2.77% que constituyen los pequeños valles intermontanos, como se ilustra en la Figura 6.

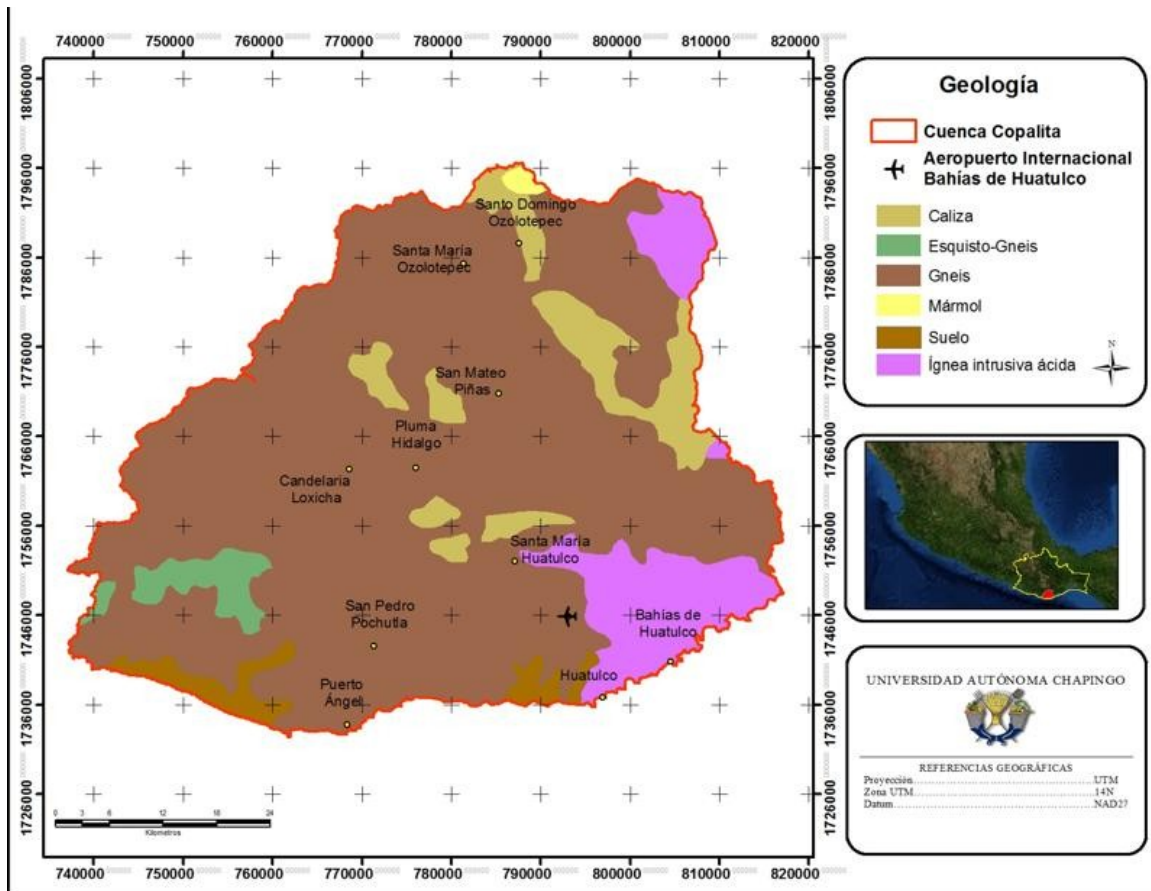


Figura 6. Geología de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

### 5.1.6 Suelos

**Acrisoles.** Son suelos ácidos, con un bajo porcentaje de saturación de bases y una baja fertilidad; altamente lixiviados. Ocupan el 39.70% de la superficie y es explicable su presencia por las altas tasas de precipitación. Esto concuerda con los criterios de FitzPatric (1984), quien reporta que se asocian a condiciones cálidas húmedas.

**Regosoles.** Son suelos poco desarrollados, a partir de materiales no consolidados; ocupan 37.65% del área de estudio.

**Cambisoles.** Son suelos que se han desarrollado *in situ*, exhiben cambios en color, estructura y consistencia conforme se van intemperizando (FitzPatric, 1984). Ocupan el 15.66% del área.

**Feozems.** Conocido como tierra negra, ocupan el 5.84% del área.

**Rendzinas.** Son suelos delgados y pedregosos, de escasa profundidad; el material que da origen a estos suelos es sedimentario (FitzPatricck, 1984), ocupan el 1.14%.

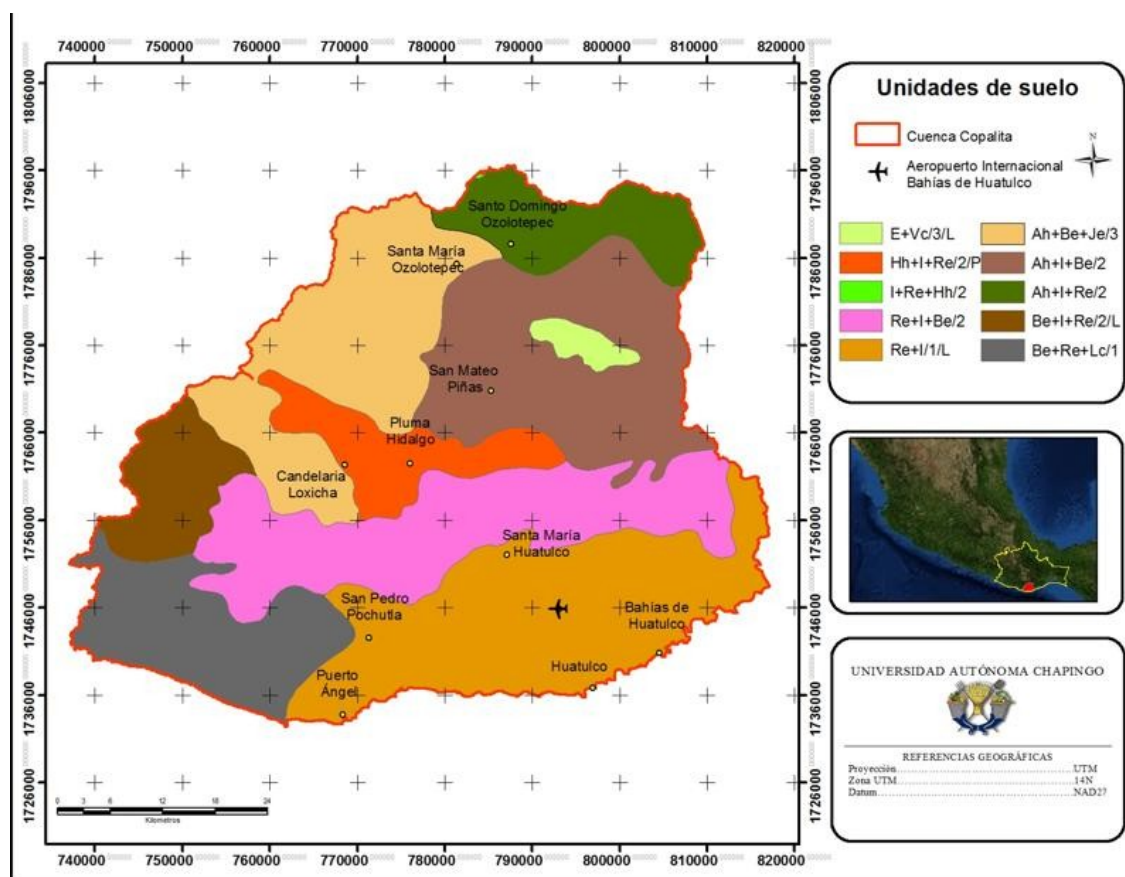


Figura 7. Distribución de los suelos de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

## 5.2 Descripción socio-económico

En las montañas de la Sierra Sur, en la región conocida como Loxicha, vive una población de zapotecos. Se estima que los zapotecos se han asentado en esta región por un período de seis mil años, desde la introducción de la agricultura, comprenden una de las civilizaciones más antiguas del mundo. El área geográfica ocupada por el zapoteco contemporáneo consiste en treinta y dos comunidades rurales en el Distrito de Pochutla. Los municipios explorados en el Distrito de Pochutla, son:

Cuadro 1. Distrito de Pochutla Oaxaca.

| Municipio                | Longitud N |     | Latitud W |     | Altitud |
|--------------------------|------------|-----|-----------|-----|---------|
| 1. Candelaria Loxicha    | 15°        | 55' | 96°       | 29' | 450     |
| 2. Pluma Hidalgo         | 15°        | 55' | 96°       | 25' | 1,300   |
| 3. San Agustín Loxicha   | 16°        | 01' | 96°       | 37' | 1,820   |
| 4. San Bartolomé Loxicha | 15°        | 58' | 96°       | 42' | 1,190   |
| 5. Santa María Huatulco  | 15°        | 50' | 96°       | 19' | 230     |

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca del año 2010.

**5.2.1 Extensión.** Suman una superficie de 97,601 ha en escarpadas serranías, donde se asienta una población de habitantes indígenas que preservan su cultura y su lengua.

Cuadro 2. Cabeceras Municipales y Superficie de la microrregión Loxicha, Oaxaca.

| Distrito 30 POCHUTLA   |                        |                                           |
|------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| Municipio              | Cabecera Municipal     | Superficie Territorial (Km <sup>2</sup> ) |
| Candelaria Loxicha     | Candelaria Loxicha     | 86.76                                     |
| Pluma Hidalgo          | Puma Hidalgo           | 179.89                                    |
| San Agustín Loxicha    | San Agustín Loxicha    | 389.13                                    |
| San Baltazar Loxicha   | San Baltazar Loxicha   | 58.69                                     |
| San Bartolomé Loxicha  | San Bartolome Loxicha  | 191.37                                    |
| Santa Catarina Loxicha | Santa Catarina Loxicha | 70.17                                     |
| <b>TOTAL</b>           |                        | 976.01                                    |

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca del año 2010.

**5.2.2 Población.** Oaxaca es una entidad que de 1930 al 2005 ha tenido un crecimiento poblacional de 223%, como lo ilustra la Figura 8.

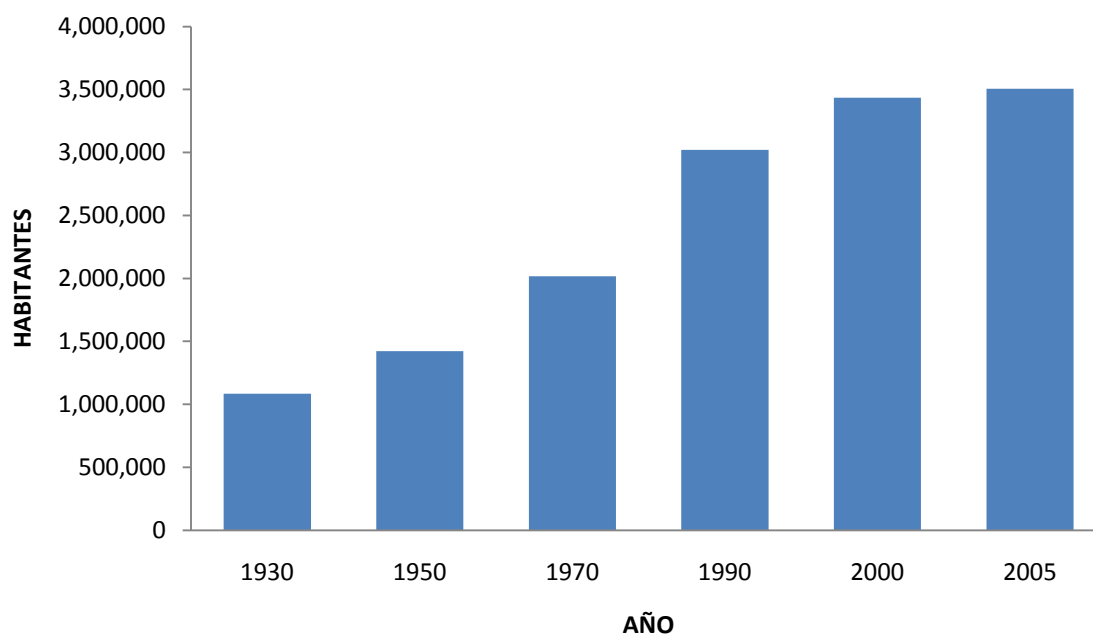


Figura 8. Crecimiento poblacional en el Estado de Oaxaca en el periodo 1930 – 2005. Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2009.

En el Distrito de Pochutla se tiene una población de 174,649 habitantes, donde el 48.7% son hombres y el 51.3% son mujeres. Dos municipios tienen la mayor concentración, en Pochutla se asienta el 22.21% de la población explicable por ser el municipio sede del Distrito y Santa María Huatulco alberga al 19%, atribuible a los servicios propios derivados de la industria del turismo. El resto de municipios tiene un paisaje rural, con poblados dispersos y distribuidos en un relieve de sierra, predominantemente (INEGI, 2010).

Del total de la población, el 85% es mayor a 6 años, lo que significan 148,560 habitantes, de ellos sólo el 78.1% sabe leer y escribir. El analfabetismo se acentúa en las mujeres con 13.2%, los hombres analfabetas representan el 8.7%.

Cuadro 3. Distribución de la población en el Distrito de Pochutla, Oaxaca.

| N  | Municipio                | Población | %     |
|----|--------------------------|-----------|-------|
| 1  | Candelaria Loxicha       | 8,686     | 4.97  |
| 2  | Pluma Hidalgo            | 3,314     | 1.90  |
| 3  | San Agustín Loxicha      | 17,823    | 10.21 |
| 4  | San Baltazar Loxicha     | 2,751     | 1.58  |
| 5  | San Bartolomé Loxicha    | 2,617     | 1.50  |
| 6  | San Mateo Piñas          | 2,647     | 1.52  |
| 7  | San Miguel del Puerto    | 7,510     | 4.30  |
| 8  | San Pedro el Alto        | 3,949     | 2.26  |
| 9  | San Pedro Pochutla       | 38,798    | 22.21 |
| 10 | Santa Catarina Loxicha   | 4,163     | 2.38  |
| 11 | Santa María Colotepec    | 19,223    | 11.01 |
| 12 | Santa María Huatulco     | 33,194    | 19.01 |
| 13 | Santa María Tonameca     | 21,223    | 12.15 |
| 14 | Santo Domingo de Morelos | 8,751     | 5.01  |
|    | <b>Total</b>             | 174,649   |       |

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca del año 2009.

**5.2.3 Grupos Étnicos.** El Instituto Nacional Indigenista (INI) en Oaxaca reconoce 16 grupos étnicos que en el orden de importancia son: zapoteco que representan el 31.18 %. San Agustín Loxicha y Candelaria Loxicha se habla el idioma zapoteco Loxicha, el cual pertenece a la familia Oto-Manguean.

Cuadro 4. Población indígena en la región Loxicha.

| Municipio                 | Población<br>Total | Pobl 5 y<br>mas | Pobl 5 y<br>más HLI | Bilingüe | Monolingüe | No especificado | No Hab |
|---------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|----------|------------|-----------------|--------|
| Candelaria Loxicha        | 9 566              | 8 121           | 4 996               | 4 083    | 832        | 81              | 4 968  |
| San Agustín Loxicha       | 22 495             | 19 065          | 17 964              | 12 119   | 5 741      | 104             | 17 953 |
| San Baltazar Loxicha      | 2 873              | 2 474           | 670                 | 668      | 2          | 0               | 648    |
| San Bartolomé<br>Loxicha  | 2 512              | 2 193           | 1 844               | 1 519    | 279        | 46              | 1 838  |
| Santa Catarina<br>Loxicha | 4 440              | 3 740           | 487                 | 453      | 3          | 31              | 456    |
| Pluma Hidalgo             | 3 828              | 3 258           | 193                 | 182      | 7          | 4               | 164    |

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca del año 2009.

Oaxaca es el Estado que ocupa el tercer lugar en el índice marginación en la República Mexicana, sólo después de Chiapas y Guerrero. Para la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), de los 400 municipios del país ubicados en el límite de la pobreza extrema, 356 pertenecen a Oaxaca; dentro de los 272 municipios que cataloga de Grado de Marginación entre Alto y Muy Alto, en la Región Costa contempla 20 municipios, donde para la zona Loxicha se encuentran cuatro: Candelaria Loxicha, San Agustín Loxicha, San Baltazar Loxicha y San Bartolomé Loxicha. El ochenta por ciento de la población es analfabeta.

La población distrital vive en 36,937 viviendas, en los municipios rurales el paisaje permite diferenciar cuatro tipos de casas: (1) viviendas construidas con un entramado de madera en las paredes, las cuales son acondicionadas con barro, piso de tierra y techo de tejamanil; (2) casas con paredes de tejamanil, piso de tierra y techo de tejamanil y/o lámina; (3) paredes y techo de lámina predominantemente con piso de tierra; y (4) casas construidas con paredes de tabicón y techos de concreto, con pisos de cemento predominantemente. En general, en el Distrito el 39.7% de las viviendas tiene piso de tierra; 54.8% piso de cemento; el restante 5.5% el piso es de otros materiales (INEGI, 2010).

El 85% de las viviendas tienen el servicio de energía eléctrica; el 61.8% de las viviendas cuentan con agua de la red pública; el 58% de las viviendas cuentan con drenaje. Respecto a los bienes, sólo el 56% posee televisión; el 46% cuenta con refrigerador; 18% dispone de lavadora; 5.5% tiene computadora. En los municipios más urbanizados como San Pedro Pochutla y Santa María Huatulco se percibe un mejor equipamiento de las casas – habitación. En términos de infraestructura, los caminos que permiten el acceso a muchas de las comunidades son de terracería, lo cual los hace intransitables durante la estación lluviosa. Dentro de la Región Loxicha, el pueblo más cercano a San Agustín está a una y media hora de caminata, mientras que los más alejados toman hasta doce horas de tránsito. La única carretera asfaltada a través de la región se extiende desde la ciudad de Oaxaca a Pochutla.

El maíz y el café forman la base agrícola de la economía Loxicha. El maíz, frijol y haba se utilizan principalmente para subsistencia, los caciques compran a los campesinos el café convencional, los cuales lo llevan al mercado, ya que se encuentran entre los pocos que cuentan con medios de transporte para hacer largos viajes. El *tequio* tiene lugar en tierras comunales, es parte de usos y costumbres.

El sistema de elección municipal es conocido popularmente como "*usos y costumbres*" específicamente, el sistema implica la convocatoria de asambleas populares a cargo de un consejo de respetados miembros de la comunidad. Las autoridades se nombran durante la asamblea popular en enero, y los periodos se deciden en el momento de la elección. Las autoridades públicas no se pagan. Las asambleas populares tienen como propósito salvaguardar la paz y la armonía del municipio. Aunque el artículo cuatro de la Constitución mexicana otorga a las comunidades indígenas el derecho a gobernarse con autonomía dentro de su región, la reciente influencia de los partidos políticos ha transformado efectivamente el sistema. En la región inicia un proceso de organización campesina, destacan cinco organizaciones.

Cuadro 5. Directorio de Organizaciones Económicas de la Región Loxicha, Oaxaca.

| NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN O EMPRESA                     | FIGURA JURÍDICA | NOMBRE DEL REPRESENTANTE | TOTAL DE SOCIOS | DIRECCIÓN                                                           | MUNICIPIO                      | TELÉFONO    |
|---------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| SEBECAFE S. DE S.S                                      | S.S.S.          | SEVERO SANTOS PINACHO    | 42              | CONOCIDO EN ALTA LUZ, COL. BARRIO EL ALACRAN, POCHUTLA , C.P. 70950 | CANDELARIA LOXICHA             | 958-5390038 |
| SOCIEDAD DE SOLIDARIDAD SOCIAL LOXICHA                  | S.S.S.          | ANGELO DIAZ JIMENEZ      | 237             | CONOCIDO, COL. CENTRO                                               | SAN BALTAZAR LOXICHA           | 957-5720499 |
| CAFE DEL MILENIO S.S.S                                  | S.S.S.          | NABOR CRUZ CRUZ          | 136             | CONOCIDO, COL. CENTRO, C.P. 70940                                   | SAN BARTOLOME LOXICHA          | 958-5820628 |
| PRODUCTORES DE CAFE NUMERO UNO DE SAN BARTOLOME LOXICHA |                 | EUSEBIO CRUS CORTEZ      | 171             | CONOCIDO, COL. CENTRO, C.P. 71900                                   | SAN BARTOLOME LOXICHA POCHUTLA | 958-5839292 |
| UNION DE PUEBLOS INDIGENAS ZAPOTECOS DE LA SIERRA SUR   | UNIÓN           | IRINEO ALMORAZ RAMIREZ   | 325             | CONOCIDO, COL. BARRIO CABECERA                                      | SAN AGUSTIN LOXICHA            | 55-51500244 |

Fuente: Elaboración propia, comunicación personal 2011.

**5.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua.** A nivel de Distrito se cuentan con 59 fuentes de abastecimiento de agua, el 36% son pozos profundos los cuales dominan en la planicie costera; 63% se abastece de manantiales, esto es común en las comunidades rurales emplazadas en las zonas escarpadas y particularmente en las zonas cafetaleras; el restante 1% son norias. A nivel Distrito se tiene un volumen promedio diario de extracción de las fuentes de abastecimiento de 14,527 m<sup>3</sup>, donde el 44% corresponde a manantiales y el 56% restante a pozos profundos y norias (INEGI, 2010).

**5.2.5 Unidades de producción.** Se identifican 421,692 unidades de producción en la entidad, de ellas 55,346 equivalente al 13.12% corresponden a la región Costa; en el caso del Distrito de Pochutla se encuentran 20,229 unidades de producción (INEGI, 2010).

En el Distrito de Pochutla el INEGI (2010), reporta 16,763 unidades de producción, poseen 107,129 ha de superficie agrícola, de ellas el 99.6% es de régimen de temporal, el restante corresponde a riego; por unidad de producción representa 6.39 ha. En los estímulos al campo destaca el PROCAMPO, en la entidad se identifican 244,481 beneficiarios, en el Distrito de Pochutla se benefician 13,002 equivalente a 5.31%, (INEGI, 2010).

Cuadro 6. Principales cultivos en el Distrito de Pochutla.

| Municipio             | Maiz  | Frijol | Café  |
|-----------------------|-------|--------|-------|
| Candelaria Loxicha    | 1,375 | 123    | 5,147 |
| Pluma Hidalgo         |       | 80     | 7,098 |
| San Agustín Loxicha   | 4,440 | 80     | 8,268 |
| Santa María Huatulco  | 1,525 |        |       |
| San Pedro Pochutla    | 3,495 |        |       |
| San Miguel del Puerto | 2,015 | 185    |       |
| San Baltazar Loxicha  |       | 170    |       |
| San Mateo Piñas       |       | 110    |       |

Fuente: Elaboración propia, con Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca, INEGI, (2010).

**5.2.6 Cultivos Perennes.** El INEGI (2010), reporta para Oaxaca 669,379 ha orientadas a los cultivos perennes, donde el 50.5% se dedica a los pastos. El café representa el 27.6% de los perennes, destacando 39 municipios donde se tiene el 60% de las plantaciones. De las 185,187 ha plantadas con café, sólo se cosecha el 87%; el 15.22% de la superficie plantada se fertiliza; el 2.6% de la superficie cafetalera cuenta con asistencia técnica; el 12.41% de la superficie es atendida por las campañas de sanidad vegetal. La cafecultura oaxaqueña tecnológicamente se encuentra marginada y constituye el 24% del aromático plantado a nivel nacional (INEGI, 2009).

**5.2.7 Turismo.** El Estado de Oaxaca es visitado por 4,493,982 turistas anualmente, quienes en conjunto 30.65% acuden a la Ciudad de Oaxaca (7.74%), Bahías de Huatulco (7.53%) y Puerto Escondido (5.37%), sólo Juquila como sitio religioso lo supera, quien es visitado por el 17.22% de turistas.

Bahías de Huatulco es visitado por 338,796 turistas anualmente, el 90.6% es nacional y el restante 9.4% es extranjero; mientras que Puerto Escondido recibe 241,396 turistas/año, 96% de ellos son nacionales y 4% del exterior del país. Así en la parte baja de la cuenca se encuentran estos dos polos turísticos que albergan al 12.9% del turismo que acude a la entidad oaxaqueña (INEGI, 2010).

En el Distrito de Pochutla se encuentran 297 hoteles equivalentes al 25.75% de la infraestructura estatal, en el municipio de Santa María Huatulco se identifican 116 establecimientos de hospedaje, equivalentes al 10% de la infraestructura estatal, con una capacidad de 3044 cuartos; de los 338,796 turistas que visitan bahías de Huatulco el 49% se hospeda en hoteles de 5 estrellas; 24% en 4 estrellas; 17% en 3 estrellas y 10% en 2 estrellas, donde los turistas nacionales su estancia es de 2.72 noches/turista, mientras que los extranjeros tienen una estancia de 6.93 noches/turista; en Puerto Escondido la estancia de los turistas nacionales es de 1.72 noche/turista, mientras que los extranjeros su estancia es de 3.57 noches/turista. La ocupación hotelera promedio para bahías de Huatulco es de 50.40%, mientras que

Puerto Escondido sólo alcanza 29.89% (INEGI, 2010). Estos sitios turísticos que se encuentran en la parte baja de la región de estudio han incrementado su demanda, por ejemplo en 2006 la ocupación hotelera en Huatulco fue de 49.36%, mientras que Puerto Escondido sólo alcanzo 28.87% (INEGI, 2007).

En la Figura 9, se aprecia que la menor ocupación hotelera es de agosto a noviembre, lo cual se asocia a la época de depresiones tropicales, tormentas tropicales y ciclones.

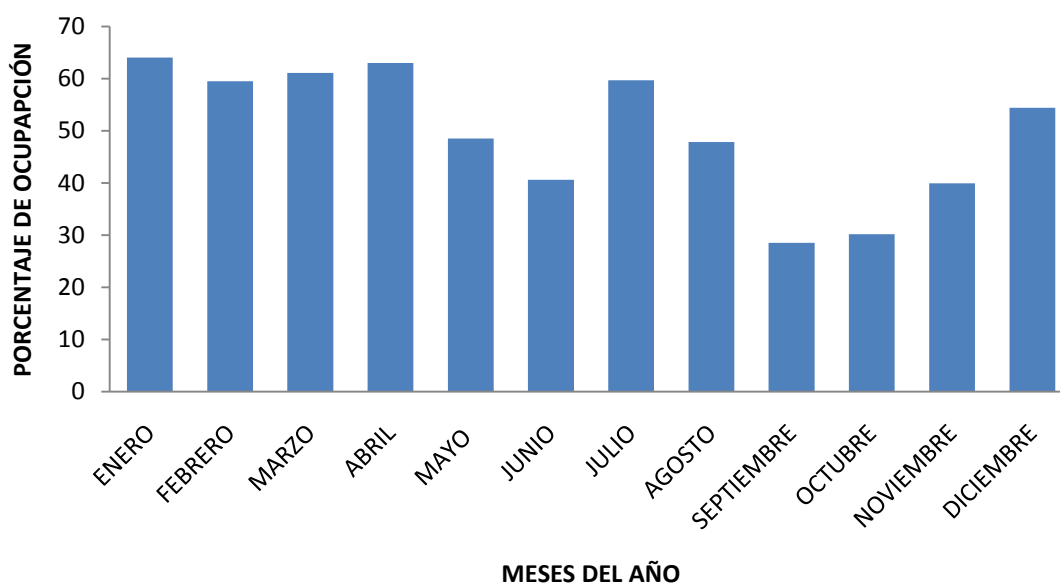


Figura 9. Ocupación hotelera promedio mensual en Bahías de Huatulco (INEGI, 2007).

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se describe como se realizaron las actividades de búsqueda, hallazgo, construcción del escenario de valoración y análisis del estudio realizado en la región Loxicha – Pluma Hidalgo y el Parque Nacional Bahías de Huatulco, del Estado de Oaxaca.

El análisis de la presente investigación es de tipo transversal y longitudinal, debido a que los análisis de corte transversal se caracterizan por tomar información de un conjunto de unidades en un punto determinado en el tiempo y examinando las variaciones en la información a través de las unidades, que para esta investigación la unidad es la zona hotelera de Huatulco y el tiempo es el año 2011, que es cuando se aplicaron las encuestas finales para determinar la disposición a pagar por el cuidado de este recurso hídrico mediante la elaboración de un modelo econométrico.

El análisis longitudinal, también llamado histórico, sigue la evolución en el tiempo de un conjunto de líneas de vidas, cohortes, generaciones o promociones y la incidencia de los diferentes fenómenos que las afectan, para este caso se pretende conocer la historia regional cafetalera tomando como eje el huracán Paulina fenómeno que afectó y dejó marcada la producción de café en la región.

### **6.1 Concepto del proyecto**

Durante los años recientes ha ocurrido un desbordamiento en el tema de los servicios ecosistémicos, destacando los servicios ambientales del bosque, comenzándose a construir una política de pagos por servicios ambientales, se comienza a reconocer problemas que afectan al ambiente y a los ecosistemas que generan y suministran bienes y servicios ambientales, a saber: cambio climático, deforestación, escasez de agua dulce, pérdida de la biodiversidad, desastres hidrometeorológicos, entre otros.

Dentro del análisis de elección de políticas a los problemas ambientales se identifican fallas de mercado para este recurso de uso directo, por ello se acude a la valoración contingente, metodología que permite identificar la disposición de pago

por un servicio ambiental, en este caso el agua dulce por parte de la industria hotelera del polo turístico de Huatulco.

Realizar el acopio y sistematización de la información, requirió:

- (1) Acudir a las fuentes históricas impresos y visitas a comunidades rurales de la Cuenca del Río Copalita.
- (2) Revisar estudios y publicaciones periódicas como las Normales climatológicas 1970 – 1970 y 1980 – 2000, del Servicio Meteorológico Nacional; así como reportes sobre el Huracán Paulina; trabajos que sobre servicios ambientales se publicaron en los albores de los noventa. Para el caso de México, estos estudios arrojan cifras importantes que ponen a discusión la cuestión de los servicios ambientales; se ha revisado la investigación generada en la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Posgraduados, particularmente. Se consultaron diversos Journals referentes a servicios ambientales, fuentes hemerográficas, cuya publicación difunde artículos especializados: prensa científica y prensa de divulgación científica, destacando trabajos que se realizan en América Central, particularmente en Costa Rica.
- (3) Se estimó la humedad relativa que ingresa del Océano Pacífico a la parte continental utilizando los observatorios meteorológicos emplazados en Salina Cruz, Puerto Ángel, Oaxaca y Acapulco, Gro.; posteriormente se determinaron los gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire que ingresan del Pacífico, así como la franja de condensación correspondiente al periodo 1940 – 1970 y al periodo actual. Este análisis reveló la importancia de la condensación del vapor de agua, la altitud de condensación y el volumen de agua que ingresa como vapor del Océano.
- (4) En el caso de los servicios ambientales que se producen en la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca, se identificaron mediante el análisis cartográfico del uso del suelo, destacando el área arbolada que se relaciona con la altitud de condensación, que es la franja donde ocurre la precipitación horizontal que como fenómeno hidrometeorológico es el responsable de la formación de los

manantiales en las diferentes subcuencas del Río Copalita. Posteriormente, mediante trabajo de campo se exploró el agroecosistema cafetalero para evaluar la diversidad arbórea. Estos elementos brindaron información cuantitativa de servicios ecosistémicos en la región de estudio.

- (5) Entre la heurística (búsqueda) y hermenéutica (interpretación), existe una labor intermedia: el acopio de datos, que se ha realizado con total garantía de fiabilidad, mediante toma discreta y transcripción manual. Así durante 2009, 2010 y 2011 se han realizado estancias en comunidades cafetaleras y se han georreferenciado 40 cafetales en tres archipiélagos del bosque de niebla, donde con apoyo de los productores se ha evaluado la diversidad arbórea de los cafetales; también se ha registrado el comportamiento de la temperatura al interior de los cafetales para estimar el periodo potencial diario de la condensación. Así en enero de 2010 se realizó una primera aproximación de la valoración económica con el sector hotelero en Bahías de Huatulco, lo cual brindó las bases para que en enero de 2011 se aplicara una encuesta a una muestra de hoteles de Bahías de Huatulco.

## **6.2 Cálculo de la humedad relativa**

Para estimar la humedad relativa que ingresa por el Océano Pacífico, se utilizaron los datos de las Normales Climatológicas 1940 – 1970 y 1980 – 2000 reportados por el Servicio Meteorológico Nacional, apoyados con las tablas psicométricas se calculó la humedad relativa, la temperatura de punto de rocío, la humedad absoluta y la altitud de condensación, cuyo ejemplo se ilustra con el mes de noviembre para el observatorio Acapulco, Guerrero. Una amplia explicación del método se encuentra en Herrera (2005).

Cálculo de la humedad relativa, temperatura de punto de rocío, altitud de condensación y humedad absoluta para el observatorio Acapulco Guerrero en el periodo 1940 – 1970.

## Información general

Observatorio: clave 11-0029

Latitud N: 16 – 50

Periodo: 1940 – 1970

Datos del mes de noviembre de temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco.

Bulbo húmedo Noviembre= 24.7 =  $t'$

Bulbo seco ambiental (Noviembre)= 27.8 =  $T$

Obtener la humedad relativa en el barlovento del Pacífico.

(a) Con el valor de bulbo seco, acudir a tabla psicométrica y obtener la tensión de vapor a saturación (E), ejemplo:

|                |                  |
|----------------|------------------|
| 27.8°C         |                  |
| Grados         | Décimas de grado |
|                | 0.8              |
| 27             | 27.8             |
| E = 27.78 mmHg |                  |

(b) Con el valor del termómetro del bulbo húmedo acudir a la tabla psicométrica 1, ejemplo:

|        |                  |
|--------|------------------|
| Grados | Décimas de grado |
|        | 0.7              |
| 24     | 23.13            |

(c) Obtener la diferencia psicrométrica  $T-t'$ . Temperatura bulbo seco –  $T$  bulbo húmedo=  $D_p$ .  $27.8\text{ °C} - 24.7\text{ °C} = 3.1\text{ °C}$ .

(d) Con el valor de la diferencia psicrométrica acudir a tabla psicométrica 2, ejemplo:

|        |                |
|--------|----------------|
| Grados | Décimas        |
|        | 0.0      0.1°C |
| 3      | 1.53           |

(e) Obtener la tensión de vapor actual, tomar resultado del paso (b) y restar el resultado del paso (d), ejemplo:

$$23.13 - 1.53 = 21.6 \text{ mmHg}$$

$$e = 21.6$$

$$Ha = 289 \left( \frac{e}{T} \right)$$

Donde:

Ha: Humedad absoluta

e: presión de vapor (mmHg)

T: temperatura absoluta del aire (°K)

$$Ha = 289 \left( \frac{21.6}{27.8 + 273} \right)$$

$$Ha = 289 \left( \frac{21.6}{300.8} \right)$$

$$Ha = 20.75 \text{ g de vapor de agua/m}^3 \text{ de aire}$$

### 6.3 Trabajo de campo

**Delimitación de la cuenca y subcuencas.** Para identificar el área de estudio y las comunidades rurales donde se encuentra actualmente el bosque mesófilo de montaña, se adquirió cartografía vectorizada para identificar la cuenca que alberga este ecosistema y las subcuencas que integran la cuenca; para ello se utilizó el programa Arc View 3.2 e imágenes de satélite.

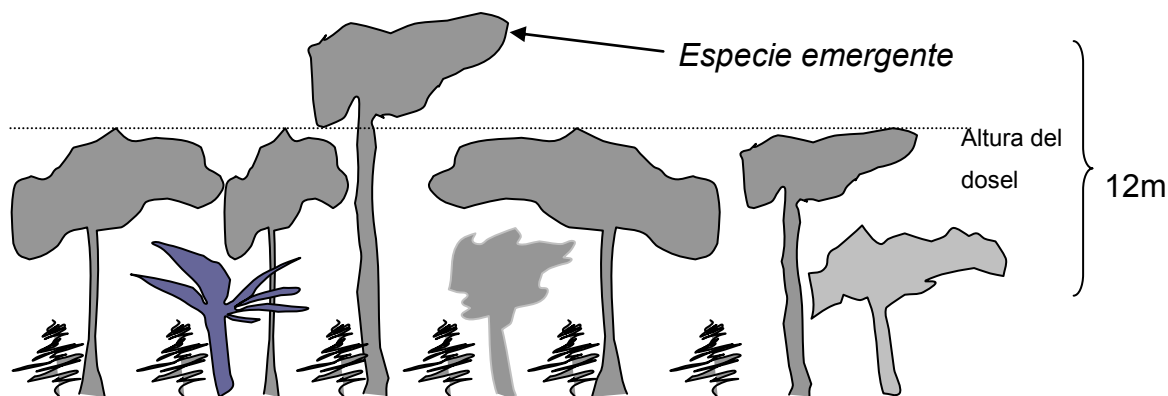
**Comunidades rurales.** El trabajo se realizó en cinco comunidades, a saber: (1) Pluma Hidalgo; (2) Tierra Blanca; (3) Buena Vista; (4) San Vicente Yogondoy Loxicha y (5) San Bartolomé Loxicha; debido a que son las comunidades más representativas de la cafecultura bajo sombra. En esas comunidades se realizaron dos actividades: (a) caracterización de la agroecosistema cafetalero; (b) el diagnóstico de la biodiversidad con los criterios del Smithsonian Migratory Bird Center, aplicando el manual de café bajo sombra.

**Caracterización del agroecosistema cafetalero.** En las comunidades rurales mencionadas anteriormente, se aplicaron encuestas a una muestra de 10 productores/ comunidad, con ello se caracterizó el agroecosistema, así como el nivel tecnológico del proceso de producción agrícola.

**Diagnóstico de la biodiversidad.** Se utilizó la metodología desarrollada por Rice y Drening (2003) por el Smithsonian Migratory Bird Center (SMBC, 2003) y se evaluaron los sistemas de producción de café amigable con las aves “Bird Friendly”, los criterios de esta metodología consisten en: (1) la altura mínima de los árboles debe de ser de 12 metros; (2) exista diversidad arbórea de al menos 10 especies; (3) exista cubierta vegetal; y (4) que el número de estratos en el cafetal sea de tres con un mínimo de 40% de sombra. Este diagnóstico, se realizó en una muestra de 10 cafetales por comunidad explorada, cada cafetal se georreferenció con GPS Garmin a partir de un árbol emergente donde se tomó un círculo de 25 m, con cuatro cuadrantes equivalentes a 1964 m<sup>2</sup>; se realizó el conteo de especies arbóreas de sombra en los cuatro cuadrantes con ayuda de los cafeticultores; la cobertura de sombra se midió con densiómetros; la altura del dosel se midió con plancheta dendrométrica; la caracterización de los cafetales se hizo con la clasificación Gestalt. La información se procesó en el formato de inspección del SMBC.

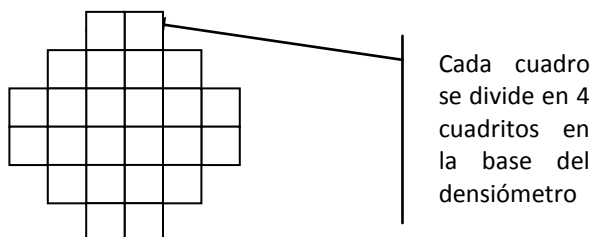
Los instrumentos y esquema metodológico de esta fase se describen a continuación:  
(a) Altura del dosel: criterio=12 metros mínimo para el dosel principal.

La altura del follaje superior del dosel principal



Para obtener la altura del arbolado se utilizó plancheta dendrométrica.

(b) Cobertura de sombra. Una vez seleccionado el sitio al interior del cafetal, un árbol emergente fue tomado como referencia, ahí con apoyo del densiómetro se midió la sombra, como se describe a continuación:



Entonces se aplican los criterios siguientes:

24 cuadros

x 4 cuadrillos imaginarios/cuadro

96 cuadrillos

1 cuadrillo = 1.04% del total

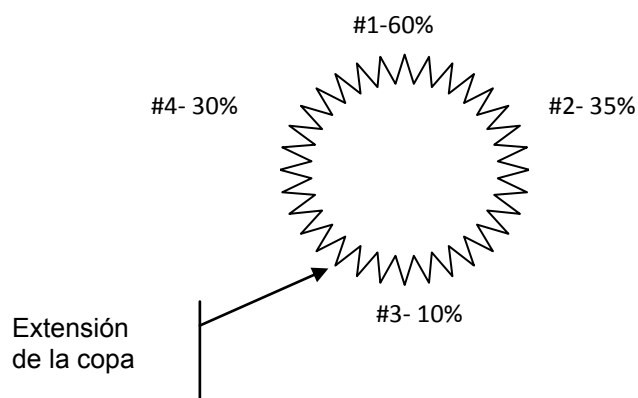
La Medida: a. número de cuadrillos con cielo = "X"

b. "X"(1.04) = % cielo visible = "C"

c.  $100 - C = \% \text{ sombra}$

Del árbol emergente se toman cuatro medidas una en cada punto cardinal, en el exterior de la influencia de la copa del árbol, las lecturas se suman y se obtiene un promedio.

Ejemplo:



Para evaluar la biodiversidad de árboles de sombra se seleccionaron cafetales fuera del área poblada, en predios cafetaleros mayores a una hectárea, donde el área a muestrear fue un círculo de 25 m de radio.

$$\text{Área de un círculo} = \pi r^2$$

Entonces:

$$\text{Área} = (3.14) (25 \times 25)$$

$$\text{Área} = 1964 \text{ m}^2$$

La superficie explorada equivale al 20% de una hectárea, donde con el apoyo de los productores se identificaron y contabilizaron todos los árboles de sombra, para ello el área de muestreo se dividió en cuatro cuadrantes; se aplicaron los criterios de café amigable con las aves.

Cuadro 7. Criterios de café "Bird Friendly".

| Concepto                                                | Criterios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Altura                                                  | ≥12 metros para el dosél del estrato de la columna vertebral                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Cobertura                                               | ≥40%, idealmente medido durante el verano y después de la poda, cuando los especies deciduos están sin hojas y las prácticas culturales han disminuido al follaje de la sombra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Diversidad florística de los árboles y arbustos leñosos | Un total de ≥10 especies arbóreas (además de la especie que forma la columna vertebral). Por lo menos, 10 de éstas especies deben representar por 1% o más del total de individuos dentro del muestreo, y tienen que ser dispersado dentro del cafetal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Diversidad estructural                                  | La "arquitectura" o perfil del cafetal debe demostrar la presencia de unos estratos visibles preferiblemente tres: el estrato compuesto por los árboles de la columna vertebral y otros del mismo tamaño o altura; el estrato de los especies emergentes, compuesto normalmente por árboles nativos del bosque natural de la zona; el estrato abajo de los árboles del dosel principal (la columna vertebral), compuesto por arbustos y árboles de porte bajo, como Musáceas o cítricos. El estrato de los emergentes, así como el estrato debajo del dosel principal, deben ocupar 20% del volumen del follaje total. El otro 60% del volumen del follaje estaría ocupado por el dosel o estrato principal (columna vertebral y otros del mismo porte). |
| Hojarasca                                               | Debe estar presente; no hay porcentaje mínimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Arvences                                                | Deben estar presentes; no hay porcentaje mínimo de cobertura, de hierbas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Cercas vivas                                            | Donde sea apropiado, deben existir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### **6.4 Método de valoración contingente (MVC)**

El estudio se realizó en términos monetarios del valor de uso indirecto del bosque utilizando el Método de Valoración Contingente (MVC), porque se distingue en ser el método directo o hipotético que tiene como objetivo que las personas declaren sus preferencias con relación a un determinado bien o servicio ambiental, es decir, la valoración que le otorgan las personas a un recurso ambiental en este caso el recurso agua, en lugar de realizar estimaciones sobre la base de conductas que se observan en el mercado; asimismo, permite calcular el valor económico total de un bien o servicio ambiental, dado que se pueden estimar valores de uso, como de no uso, siendo estos últimos los responsables de su gran difusión debido a que ningún otro método puede capturarlos.

Este método permitió conocer el valor económico ambiental del bosque de niebla que tiene para los hoteleros de Bahías de Huatulco; además el valor económico ambiental se estimó con mediante un modelo econométrico logit-binomial.

Conocer la valoración que el sector hotelero le da al recurso hídrico, requirió realizar una encuesta personal, la cual se estructuró en tres bloques, a saber: (a) el primero contiene información relevante del recurso objeto de valoración, en este caso el recurso agua y cuestiones generales del hotel; (b) el segundo, se dirige a averiguar la percepción que tiene el sector hotelero por conservar este ecosistema; y (c) el tercero, describe el escenario de valoración.

Una vez descrito el escenario de valoración, se procedió a la pregunta de disponibilidad a pagar, para ello se pueden utilizar diferentes formatos, los más comunes son: formato abierto, formato subasta y formato referéndum.

El formato abierto, se caracteriza porque en este se hace una pregunta abierta sobre la disponibilidad a pagar; su principal problema es que puede sesgar las respuestas de las personas de manera que la frecuencia de respuestas negativas aumente injustificadamente. Este sesgo ocurre porque normalmente las personas no cuentan con información o experiencia que les permita valorar las mejoras propuestas de

manejo y conservación del bosque de niebla, en estas condiciones las personas podrán optar por evitar riesgos afirmando que no pagarían por la conservación del bosque mesófilo de montaña o de niebla.

El formato subasta, consiste en preguntar al encuestado sobre su aceptación o rechazo frente al pago de una suma determinada a cambio de una mejora ambiental ofrecido en el programa de manejo y conservación. Dependiendo de la respuesta se ofrece un nuevo valor al entrevistado. En caso de que la respuesta a la oferta inicial sea positiva, entonces se hace una nueva oferta con el valor incrementado; en caso que sea negativa se le hace una nueva oferta con el valor disminuido. El proceso continúa hasta que el entrevistado pare o acepte la oferta, sin salirse de un rango previamente determinado. La DAP obtenida será la de la última respuesta. Este tipo de formato puede generar un nuevo sesgo: el del punto de partida; es decir, la respuesta final depende del valor inicial presentado en la pregunta de disponibilidad a pagar.

La característica principal del formato referéndum es que se deja al individuo solamente con el problema de decidir si está dispuesto a pagar o no una suma determinada por gozar de los beneficios que otorga el bosque de niebla. En este evento, todas las posibles posturas, o propuestas del encuestador se distribuyen aleatoreamente entre los encuestados. A partir de las recomendaciones del Panel NOAA, el formato referéndum es el más utilizado para la elaboración de estudios de valoración contingente. Para la elaboración de la presente investigación se utilizó este formato.

Una característica del formato referéndum es que se puede utilizar el formato binario o dicotómico; para esta investigación consistió en plantear la pregunta sobre la disposición a pagar en forma binaria; de las respuestas obtenidas se obtiene la frecuencia de respuestas positivas y negativas del precio, mediante una transformación logit la estimación econométrica a pagar del sector hotelero de Huatulco.

La estructura del modelo de disponibilidad a pagar tipo referéndum supone que un individuo posee una función de utilidad “**U**” (Hanemann, 1984). La función de utilidad para esta investigación depende del ingreso “**Y**” por concepto del número de habitaciones y por la ocupación en las diferentes temporadas del año; del abastecimiento del recurso hídrico ofertado por los servicios ambientales que genera el bosque de niebla, lo que permite ofrecer sus servicios de turismo al sector hotelero “**Q**” y del nivel de conocimiento para conservar estos ecosistemas “**S**”.

$$U(Q, Y; S)$$

Se plantea una función de utilidad inicial que presenta el estado original del bosque mesófilo de montaña de la región Loxicha y una función de utilidad final que representa una situación final. Para la valoración económica de la disposición a pagar por conservar el bosque mesófilo de montaña para el sector hotelero, el estado actual de este ecosistema es  $Q=0$ , sería igual al estado actual del bosque mesófilo de montaña y  $Q=1$ , sería la situación final del bosque mesófilo de montaña.

El sector hotelero del Parque Nacional Bahías de Huatulco tiene que cooperar con una cantidad expresada en porcentaje de lo que cuesta una habitación de su hotel “**P**”, si quieren mantener y continuar con el recurso hídrico derivado de los servicios ambientales generados en el bosque mesófilo de montaña. La función de utilidad  $U_i(Q, Y; S)$  para cada una de estas situaciones estará compuesta de un componente determinístico.  $V_i(Q, Y; S)$  cuya estimación se hace a partir de una encuesta y de un componente estocástico no observable,  $\varepsilon_i$ . La función de utilidad del sector hotelero del Parque Nacional Bahías de Huatulco se puede expresar de la siguiente manera:

$$U_i(Q, Y; S) = V_i(Q, Y; S) + \varepsilon_i$$

Donde, el subíndice  $i$  (cuyo valor es 1 o 0) denotan el estado con y sin aportación por parte del sector hotelero. El término  $\varepsilon_i$ , es el componente aleatorio de la función de utilidad, con media cero y varianza constante, y  $V_i(Q, Y; S)$  es la parte determinística estimable por medio del modelo econométrico. Si el sector hotelero del Parque

Nacional Bahías de Huatulco acepta pagar una compensación “P”, para mantener este ecosistema debe cumplirse que:

$$V_1(Q = 1, Y - P; S) + \varepsilon_1 > V_0(Q = 0, Y; S) + \varepsilon_0$$

$$V_1(Q = 1, Y - P; S) - V_0(Q = 0, Y; S) > \varepsilon_0 - \varepsilon_1$$

Donde los términos  $\varepsilon_0$  y  $\varepsilon_1$ , se asumen variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas.

El cambio de utilidad expresada por el sector hotelero será igual a la diferencia entre la función de utilidad final menos la inicial, para acceder a la utilidad en la situación final definida por el escenario propuesto, se debe pagar cierta cantidad de dinero. Simplificando la notación se tiene:

$$\Delta V = V_1(Q = 1, Y - P; S) - V_0(Q = 0, Y; S)$$

$$\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$$

A este nivel la respuesta del entrevistado **SI/NO** es una variable aleatoria. Por lo tanto, la probabilidad de una respuesta positiva por parte del individuo está dado por la siguiente expresión:

$$Pr ob(Si) = Pr ob(\eta \leq \Delta V) = F(\Delta V)$$

Donde F es la función de distribución acumulada  $\eta$ . Al elegir una distribución para  $\eta$ , y especificando adecuadamente  $V(\cdot)$ , los parámetros de la diferencia indicada por  $\Delta V$  pueden ser estimados con la información obtenida de las respuestas del sector hotelero, de las respuestas a la pregunta binaria y de la información acerca de disposición a pagar, de los entrevistados.

Con base a lo propuesto por Hanemann (1984), se asume una forma funcional lineal con respecto al ingreso dado por  $V_i = \alpha_i + \beta Y$ , junto con una distribución de probabilidad para  $\eta$ .

$$\Delta V = V_1 + V_0 = \alpha_1 + \beta(Y - P) - (\alpha_0 + \beta Y)$$

Simplificando esta expresión, se tiene:

$$\Delta V = \alpha_1 + \beta Y - \beta P - \alpha_0 + \beta Y$$

$$\Delta V = (\alpha_1 - \alpha_0) - \beta P$$

Donde,  $\alpha_1$  y  $\alpha_0$ , son los interceptos de la función de utilidad bajo el estado final e inicial  $\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$ , entonces:

$$\Delta V = \alpha - \beta P$$

Donde  $\beta > 0$ , ya que el valor esperado de la utilidad (V) aumenta cuando se asegura contar con el suministro del recurso hídrico, implicando que cuanto mas alta sea “P” (porcentaje de aportación de la ocupación hotelera con base a las tres temporadas: alta, media y baja) menor será  $\Delta V$  y por lo tanto, menor será la probabilidad de que el sector hotelero responda (SI). Este modelo permite estimar el cambio en utilidad para el escenario que se ha propuesto. Se verifica entonces que el pago ( $P^*$ ) que dejaría indiferente al sector hotelero ( $\Delta V = 0$ ), es igual al cambio en la utilidad ( $\alpha$ ), dividido por la utilidad marginal del ingreso ( $\beta$ ). Esto es:

$$P^* = \frac{\alpha}{\beta}$$

La expresión  $\frac{\alpha}{\beta}$  representa el valor económico que asigna el sector hotelero del Parque Nacional Bahías de Huatulco a la conservación y protección del bosque mesófilo de montaña, por ende los servicios ecosistémicos que genera.

Si a esta medida se le asocia una distribución de probabilidad normal para  $\eta$ , con media cero y varianza constante, es decir:  $\eta \sim N(0, \sigma^2)$ , se tiene un modelo probit, cuya probabilidad de responder SI al pago por conservar este ecosistema, el modelo es:

$$Pr ob (SI) = Prob ((\alpha - \beta P)/\sigma > \eta/\sigma) = \int_{-\infty}^{(\alpha - \beta P)/\sigma} N(e) de$$

Donde  $e = \eta/\sigma$ . Si a esta medida se le asocia una distribución de probabilidad logística para  $\eta$ , se obtiene un modelo logit cuya probabilidad de responder SI al pago por la conservación del bosque mesófilo de montaña, el modelo es:

$$Prob(SI) = Prob(V_1 - V_0 > \eta) = Prob(\alpha - \beta P > \eta) = \frac{1}{1 + e^{(-\alpha + \beta P)}}$$

Una vez estimados los parámetros del modelo se puede evaluar el cambio de bienestar producido por las prácticas de conservación y mejora al bosque mesófilo de montaña. Así, la medida de bienestar usualmente está representada por la variación compensatoria, que es la respuesta a la pregunta de disponibilidad a pagar (DAP). Para estimar esta medida de bienestar se puede definir el cambio en utilidad en un modelo lineal de la siguiente manera:

$$V_1(Q = 1, Y - P; S) + \varepsilon_1 = V_0(Q = 0, Y; S) + \varepsilon_0$$

Ignorando el vector S momentáneamente, se tiene:

$$\alpha_1 + \beta(Y - P) + \varepsilon_1 = \alpha_0 + \beta Y + \varepsilon_0$$

Si los errores se distribuyen como un modelo probit, la variación compensatoria es:

$$VC = DAP = \frac{(\alpha/\sigma)}{(\alpha/\sigma)}$$

Y si los errores se distribuyen como un modelo logit, la variación compensatoria es:

$$C = DAP = \frac{\alpha}{\beta}$$

La magnitud de las diferencias en las medidas de bienestar, para el modelo probit y logit, son irrelevantes. Los investigadores prefieren el modelo logit debido a que admite mayor varianza en la distribución del término error (Hueth y Mendieta, 2000).

En un modelo de utilidad lineal, la media y mediana de la variación compensatoria son iguales. Si se generaliza el procedimiento y se incluye el vector de variables de

conocimiento para conservar este ecosistema “S”, la medida de bienestar se expresaría como se muestra:

$$VC = DAP = \frac{(\alpha_0 + \sum_{i=1}^K \alpha_i S_i)}{\beta}$$

Donde,  $S_i$  es un vector de características que representan el conocimiento y conciencia del sector hotelero del beneficio de conservar el ecosistema denominado bosque mesófilo de montaña,  $\alpha_i$  son los parámetros respectivos de las variables  $S_i$ . Operativamente los parámetros  $\alpha_i$  y  $\beta$  se estiman por máxima verosimilitud a través de un modelo logit binomial.

#### 6.4.1 Especificación econométrica del modelo logit – binomial

En la presente investigación, el modelo econométrico binomial que se plantea para estimar la DAP es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Prob}(S_i) = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{PSABIH} + \alpha_2 \text{CH} + \alpha_3 \text{PARAMAC} + \alpha_4 \text{CBSA} + \alpha_5 \text{FGMDAP} + \alpha_6 \text{CMA} \\ & + \alpha_7 \text{IAAOH} + \epsilon_1 \end{aligned}$$

La variable dependiente binaria representa la probabilidad de responder SI a la pregunta de disponibilidad a pagar por conservar y realizar acciones de manejo en el bosque mesófilo de montaña y seguir gozando de los beneficios que brinda este bosque al parque nacional Huatulco, como es el recurso hídrico, entre otros beneficios. Esta variable depende de la percepción de que los servicios ambientales benefician a la industria hotelera (PSABIH), la categoría del hotel (CH), la percepción ambiental de realizar actividades de manejo y conservación (PARAMC), del conocimiento del beneficio que otorgan los servicios ambientales (CBSA), de la facultad que tiene el gerente de manifestar la DAP del hotel (FGMDAP), del consumo mensual de agua (CAM), y del ingreso anual aproximado de la ocupación hotelera el cual abarca las diferentes temporadas (alta, media y baja) del año (IAAOH).

Las variables explicativas del modelo econométrico especificado se obtienen directamente de las encuestas. El Cuadro 9, muestra a detalle la identificación de las variables del modelo econométrico.

Cuadro 8. Identificación de las variables para el método de valoración contingente.

| <b>Variable</b> | <b>Representación</b>                                                          | <b>Explicación</b>                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prob (Si)       | Probabilidad de responder si                                                   | Variable dependiente binaria que representa la posibilidad de responder <b>SI</b> a la pregunta de disponibilidad a pagar, binaria:<br>1= si el hotel responde positivamente a la pregunta.<br>0 = si responde negativamente.                   |
| PSABIH          | Percepción de que los servicios ambientales benefician a la industria hotelera | Variable independiente binaria que representa la percepción de que la industria hotelera se beneficia de los servicios ambientales del bosque mesófilo que se encuentra en la Cuenca del Río Copalita.<br>Variable binaria:<br>1 = Si<br>0 = No |
| CH              | Categoría del hotel                                                            | Variable independiente categórica ordenada que representa la categoría del hotel:                                                                                                                                                               |
| PARAMC          | Percepción ambiental de realizar actividades de manejo y conservación          | Variable independiente binaria que representa la urgencia en realizar actividades de manejo y conservación del bosque de niebla en la región Loxicha – Pluma Hidalgo.                                                                           |
| CBSA            | Conocimiento del beneficio que otorgan los servicios ambientales               | Variable independiente binaria que representa si el entrevistado conoce los beneficios ambientales que otorga el bosque de niebla de la región Loxicha – Pluma Hidalgo                                                                          |
| FGMDAP          | Facultad del gerente para manifestar cual es la DAP del hotel                  | Variable independiente que representa la autorización que tiene el gerente del hotel para manifestar la disposición a pagar.<br>Variable binaria:<br>1 = Si<br>0 = NO                                                                           |
| CMA             | Consumo de agua mensual en m <sup>3</sup>                                      | Variable independiente que representa si el gerente del hotel conoce el consumo de agua en m <sup>3</sup> que ocupa el hotel por mes.<br>Variable binaria:<br>1 = Si<br>0 = No                                                                  |
| IAAOH           | Ingreso anual aproximado de la ocupación hotelera                              | Variable independiente que representa el ingreso aproximado por la ocupación hotelera, el cual abarca las diferentes temporadas (alta, media y baja) del año.                                                                                   |

#### **6.4.2 Selección del tamaño muestral**

El tamaño poblacional de la presente investigación, está integrado por los hoteles que se encuentran asentados el Parque Nacional Huatulco que en total suman 62. El tamaño de la muestra se determina con una base de muestreo aleatorio simple. La fórmula a utilizar para determinar la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

Z = nivel de confianza, Z = 1.96 que corresponde a un nivel de confianza 95%.

N = Tamaño de la población (62 hoteles).

E = margen de error permisible.

p = proporción de la población que estaría dispuesta a aportar un porcentaje de lo que cuesta una habitación para conservar el bosque mesófilo de montaña, igual a 0.57.

q = proporción de la población que no estaría dispuesto a aportar un porcentaje de lo que cuesta una habitación para conservar el bosque mesofilo de montaña, igual a 0.43.

### **6.5 Descripción de los escenarios de valoración**

#### **6.5.1 Parque Nacional Huatulco**

El 24 de julio de 1998 el ex - presidente Ernesto Zedillo Ponce de León, decreta a la región conocida como Huatulco en el Estado de Oaxaca, con una superficie total 11,890-98-00 hectáreas (once mil ochocientos noventa hectáreas, noventa y ocho áreas, cero centiáreas), dentro de las cuales se ubican 6,374-98-00 hectáreas (seis mil trescientas setenta y cuatro hectáreas, noventa y ocho áreas, cero centiáreas), en la porción terrestre y 5,516-00-00 hectáreas (cinco mil quinientos diez y seis

hectáreas, cero áreas, cero centiáreas) en la porción marina, Área Natural Protegida con la categoría de Parque Nacional, en virtud de que los parques nacionales son áreas destinadas a la protección de los sistemas por su representatividad biogeográfica, a nivel nacional reúne las condiciones de especial valor natural y que favorecen la realización de actividades científicas, educativas y de recreo, compatibles con la conservación de los elementos naturales; debido a que la región de Huatulco constituye un área de gran belleza escénica dada la alternancia de playas, bahías y farallones enmarcados por lomeríos y sierras, en las que existen ecosistemas poco alterados representativos, de gran diversidad y riqueza biológica, dominada 80% por vegetación de selva baja caducifolia y en menor porcentaje por vegetación riparia, vegetación de humedales y una pequeña proporción de manglares, a su vez el medio marino es rico en ambientes rocosos, coralinos y arenosos, además de que en dichas áreas habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluidas algunas endémicas, amenazadas y en peligro de extinción que es necesario preservar.

Así, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en coordinación con la Secretaría de Marina son los encargados de administrar, desarrollar y preservar los ecosistemas del Parque Nacional Huatulco (PNH).

Este decreto señala que en el PNH, no se podrá autorizar el establecimiento de nuevos centros de población, el desarrollo de infraestructura turística de alta densidad, ni la urbanización de las tierras incluidas en la superficie del parque, debido a que el desarrollo industrial, agropecuario, urbanístico y turístico se ha realizado en las últimas décadas, de una forma desordenada, ocasionando graves daños al patrimonio natural, provocando que algunos ecosistemas sufran perturbaciones y que numerosas especies estén en peligro de desaparecer; esta situación amenaza la posibilidad de continuar obteniendo los beneficios y recursos que la naturaleza proporciona.

Ante esta situación de que en el PNH, solo hay desarrollo turístico que se beneficia del recurso hídrico generado en el bosque de niebla de la región Loxicha sin darle un valor económico y que es necesario conservarlo para continuar con esta externalidad

positiva, se realizó una encuesta al sector hotelero de este parque nacional para estimar la disposición a pagar por conservar este ecosistema.

En el PNH se identifican 62 hoteles que además de contar con los servicios básicos, cuentan con albercas, spas para lo cual ocupan grandes volúmenes de agua, por tal motivo es necesario que valoren la fuente que produce el agua que consumen para ofertar dichos servicios.

### **6.5.2 Biodiversidad arborea en la región Loxicha – Pluma Hidalgo**

En opinión de FAO (2007), la biodiversidad desempeña una función suprema en el suministro de servicios ecosistémicos, no se incluye en ninguna de las cuatro categorías desarrolladas en la evaluación de ecosistemas del milenio: (1) servicios de suministro; (2) servicios reguladores; (3) servicios culturales; y (4) servicios auxiliares, bajo los criterios propuestos por FAO, la biodiversidad se relaciona con la producción de alimentos, el mantenimiento de los recursos genéticos y la valoración estética de un paisaje, por ello los impactos en la biodiversidad repercuten en la producción de todos los servicios ecosistémicos.

El concepto biodiversidad expresa la variedad de formas de vida en el planeta tierra, reconociendo la variación a nivel de especies, así como la forma en que las especies ocupan un espacio, esta variación al interior de una misma especie es lo que se conoce como diversidad genética, las especies o sus poblaciones, coexisten espacialmente con muchas otras especies y con el ambiente físico, conformando los ecosistemas y este es otro nivel de biodiversidad, (Durand y Neyra, 2010).

En la zona que nos ocupa la variación climática y la heterogeneidad en relieve, dan lugar a condiciones ambientales que son el hábitat para diferentes organismos; en la región: la altitud, los suelos y las variaciones climáticas donde destaca la humedad dan origen a la distribución de las especies, particularmente de las especies arbóreas.

Miranda (1952), señalaba que la flora oaxaqueña tal vez es la más rica, así en la Cuenca del Río Copalita en el estrato arbóreo se identifican ejemplares de dos

grandes regiones florísticas que en opinión del mismo autor se identifica presencia de la región florística arcto-terciaria que corresponde a los territorios extratropicales del hemisferio norte, ahí encontramos a los encinos (*Quercus*) y los pinos (*Pinus*); la otra región florística que tiene influencia es la neotropical que corresponde a la América tropical y aquí destacan los cedros rojos (*Cedrela*) y la Caoba (*Swietenia*), así Pennington y Sarukhan (1968), comentan que los tipos de vegetación reportados por Miranda y Hernández (1963) constituyen unidades florístico estructurales, donde la vegetación es una expresión de los suelos, relieve y clima.

Torres (2004), reporta que en el Distrito de Pochutla se encuentra el Bosque Mesófilo de Montaña asociado a suelos profundos, que sobre su superficie tienen hojarasca y se relacionan principalmente con rocas metamórficas; con un clima semicálido y templado-húmedo en altitudes de entre 1100 y 2500 msnm. Soto y Salazar (2004), han reportado que en la Sierra Madre del Sur se identifican 24 especies de orquídeas endémicas. Respecto a los helechos Tejero y Mickel (2004) indican que en el Estado de Oaxaca se tienen 627 especies, de ellas en el Bosque Mesófilo de Montaña se encuentra el 20%, en altitudes de 1400 a 2200 msnm crecen a la orilla de arroyos, ríos, cascadas y al interior del bosque húmedo.

Respecto a las coníferas Del Castillo et al., (2004) reportan que en Oaxaca se tienen 24 especies nativas y 3 variedades; respecto a los pinos se encuentran 14 especies con 2 variedades, en la Sierra Madre del Sur destaca la presencia de *Pinus Maximinoi*, *P. teocote* y *P. lawsonii*; García (2004), indica que los agaves también están presentes en el Distrito de Pochutla con seis especies.

Las leguminosas en opinión de Sousa et al., (2004) se tienen 750 especies nativas en el Estado de Oaxaca, que significan el 44% de las leguminosas que se encuentran en México, en el Distrito de Pochutla se reportan 270 especies.

Martínez et al., (2004) reporta cuatro áreas prioritarias para la conservación de mariposas diurnas, donde deben realizarse esfuerzos para su conservación, una de ellas es la región de los Loxichas en el Distrito de Pochutla, donde se han identificado 50 especies.

En el caso de las aves Navarro et al., (2004), reportan un total de 61 especies endémicas y 14 cuasiendémicas en el Estado de Oaxaca, lo que representa el 10% de las especies de aves que son únicas en el país, algunas son exclusivas de la vertiente del pacífico y endémicas de la Sierra Madre del Sur, como es el caso de *Cyanolyca mirabilis*, *Eupherusa poliocerca*. Briones y Sanchez (2004) indican que los mamíferos suman 264 especies terrestres en Oaxaca, sólo superado por Chiapas. Para el Bosque Mesófilo de Montaña estos autores reportan 142 especies, aunque en el bosque de coníferas (pino, encino y mixtos) se reportan 191.

González et al., (2004), indican que la zona de los Loxichas en la Sierra Madre del Sur es el segundo centro de endemismo – faunístico, principalmente en el Bosque Mesófilo de Montaña, en el Bosque de Pino y en la Selva Mediana, así como en los cafetales bajo sombra.

Pagiola y Ruthenberg (2003), en su opinión el café cultivado bajo sombra se identifica como una estrategia de conservación, donde las aves encuentran en el arbolado particularmente en el agroecosistema de café rusticano un ambiente adecuado, por ello este agroecosistema se identifica como una estrategia de conservación para la biodiversidad, además de brindar otros servicios ambientales, como la regulación hidrológica, el control de la erosión hídrica, la producción de agua mediante el fenómeno de la condensación, la captura de carbono, la regulación climática regional. Por lo expuesto utilizando los criterios del SMBC se ha evaluado la diversidad arbórea en el agroecosistema de café bajo sombra rústica.

## **VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **7.1 Evidencias de calentamiento global**

Los reportes indican que al término del siglo XXI la temperatura media del planeta tierra verá incrementada su temperatura entre 1 y 3.5, incluso 4 grados centígrados más que ahora, el nivel de los océanos se elevará medio metro, los fenómenos meteorológicos catastróficos como ciclones, sequías o inundaciones serán más frecuentes e intensos.

Con el inicio de la revolución industrial, la sociedad comenzó a producir cantidades ingentes de gases a la atmósfera, varios de ellos con efecto invernadero. Los gases con efecto invernadero son gases que se caracterizan por absorber el calor cerca de la superficie terrestre, así conforme se incrementa su concentración en la atmósfera, retienen más calor, lo cual conduce al calentamiento global, ello ejerce influencia en el sistema climático del planeta y conduce al cambio climático.

En 1985 comenzó a conocerse la primera evaluación de la magnitud del cambio climático; en junio de 1998 en Toronto, Canadá se reunieron científicos y políticos de 48 países, donde nació el llamado a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> para el año 2005 en un 20% con respecto a las de 1988; en 1992 en la Reunión Cumbre de la Tierra, 155 naciones suscribieron la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuya meta al año 2000 era reducir las emisiones a los niveles de 1990; en 1997 se llegó a un nuevo acuerdo conocido como el Protocolo de Kioto, con dos aspectos fundamentales: (1) la asignación de objetivos de emisión de gases con efecto invernadero a los países desarrollados; y (2) disposiciones para el comercio de emisiones de los seis gases con efecto invernadero.

Los inconvenientes del Protocolo de Kioto se reducen a que la velocidad del cambio climático es mayor a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> propuestas; además países como Estados Unidos y Australia se niegan a ratificar Kioto por su costo.

Los esfuerzos del Comité Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) se fundaron en 1988, es un organismo conjunto del Programa para el Medio Ambiente

de las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial, que ofrecen evaluaciones sobre el cambio climático, revelan el comportamiento de las concentraciones de gases con efecto invernadero en la atmósfera producto de usos de energía fósil y los cambios de uso del suelo.

El cambio climático está expresado en la distribución de la temperatura y la precipitación; las interacciones entre la atmósfera, el continente, el océano y los ecosistemas radica en un equilibrio dinámico, donde las nubes, las temperaturas, las corrientes de aire, entre otros elementos, la modificación de la temperatura superficial de los océanos modifica corrientes atmosféricas y marinas; entonces el sistema se altera con modificar, aunque sea un poquito, el elemento temperatura. Por ejemplo un incremento en la temperatura conducirá a una mayor evaporación del agua, se formarán más nubes, se bloqueará la tasa de radiación solar; una menor tasa de radiación sobre la superficie solar, una menor tasa de radiación solar sobre la superficie terrestre, significa menor producción de fotosíntesis.

La Conference of the Parties (COP), ha llamado a construir el acuerdo Internacional de cumplimiento obligatorio donde queden establecidos los porcentajes de reducción de gases con efecto invernadero a cumplir en plazos específicos; lo que se rescata de los informes, es que el hombre es responsable del aumento de las concentraciones de gases con efecto invernadero en la atmósfera, lo cual provoca el aumento de la temperatura media del planeta, los datos regionales indican en qué medida ocurre esto, lo indiscutible es la transformación de la biósfera, el paisaje, el ciclo hidrológico, entre otros.

El calentamiento global se refiere a un incremento de la temperatura planetaria, lo que impactará en los patrones de precipitación, cuyos cambios locales alteran a los ecosistemas. Para dimensionar el cambio climático regional se presenta el comportamiento de la temperatura media, la humedad relativa, absoluta y la altura de condensación de observatorios meteorológicos donde se han comparado los periodos 1941-1970 y 1971-2000.

### 7.1.1 Temperatura Media

El comportamiento de la temperatura media del observatorio meteorológico Salina Cruz revela un incremento de 0.74 °C, donde febrero muestra un incremento de 0.9 °C, así como septiembre y noviembre con 1.2 °C. En el caso del observatorio Acapulco de noviembre a febrero se registra un incremento en la temperatura media de 0.3 a 0.6 °C.

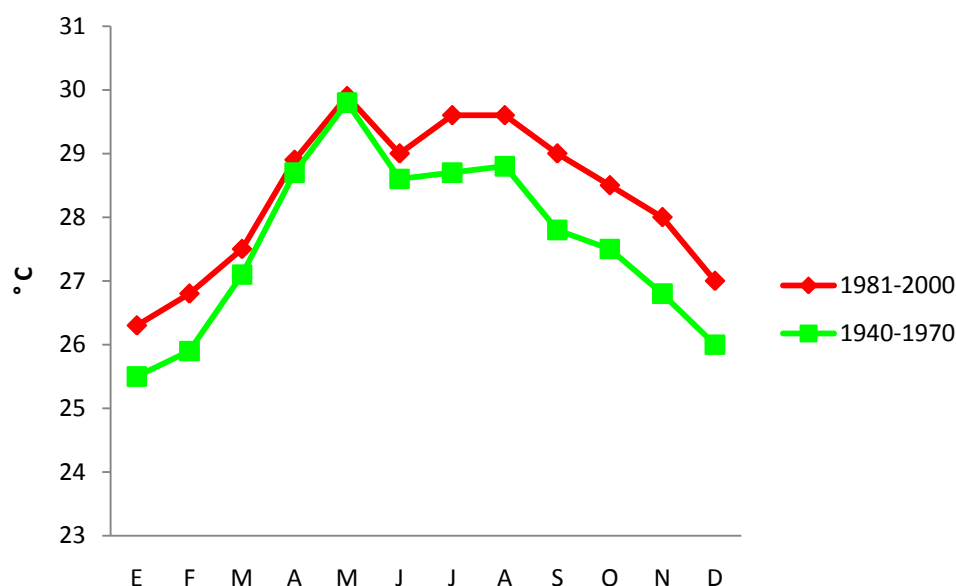


Figura 10. Comportamiento de la temperatura ambiental en el periodo 1940-1970 y 1981-2000 en el Observatorio Salina Cruz, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.2 Humedad Absoluta

En el periodo 1940-1970 ingresaban 19.77 g de vapor de agua/m<sup>3</sup> de aire; mientras que en el periodo 1981-2000 ingresan 17.68 g/m<sup>3</sup>. Estos valores revelan la cantidad de vapor de agua para formar los hidrometeoros característicos del bosque de niebla. No debe omitirse que esta reducción de vapor de agua influye en el ciclo hidrológico, lo que de acuerdo a los resultados encontrados impacta de octubre a abril, que coincide con la época de estiaje.

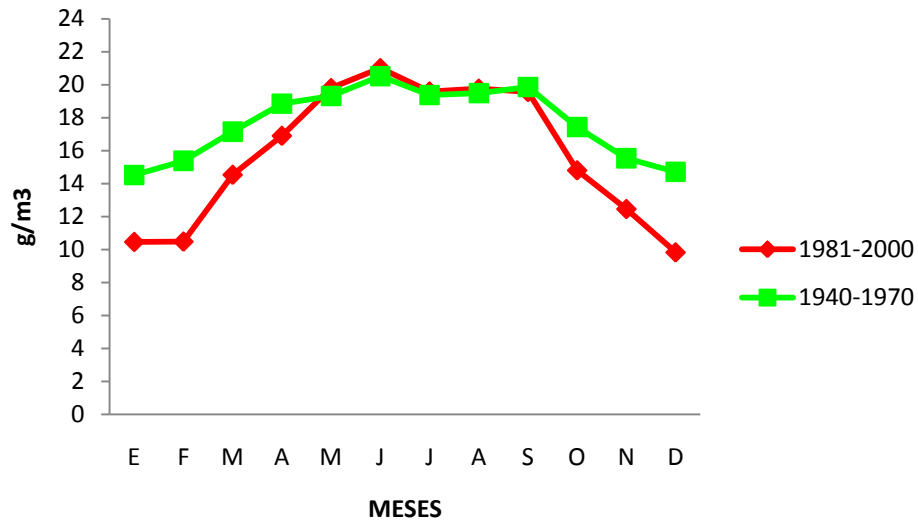


Figura 11. Comportamiento de la humedad absoluta en el periodo 1940-1970 y 1980-2000 en el observatorio Salina Cruz, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.3 Altitud de Condensación

Considerando la humedad relativa que ingresa del Océano Pacífico para el periodo 1940-1970 la altitud media de condensación era de 1056 msnm; para el periodo 1980-2000 es de 1504 msnm. Este comportamiento se atribuye al incremento de la temperatura ambiental, así como al descenso en los valores de humedad relativa, esto indica que se formarán nubes a mayores altitudes y en zonas más frías.

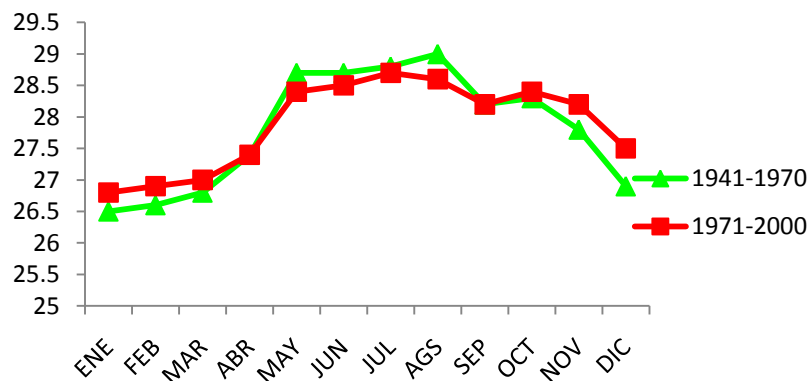


Figura 12. Comportamiento de la temperatura ambiente en el periodo 1940-1970 y 1971-2000 en el Observatorio Acapulco, Guerrero. Fuente: Elaboración propia.

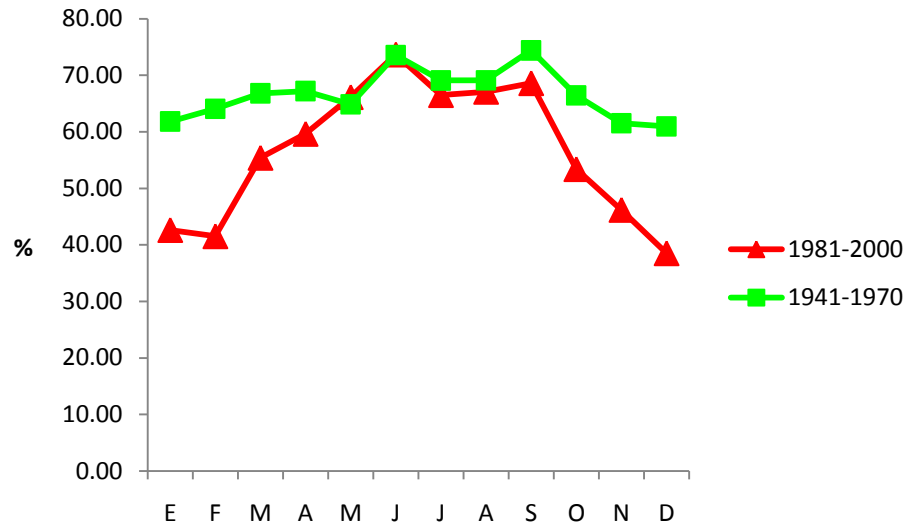


Figura 13. Comportamiento de la humedad relativa en el periodo 1940-1970 y 1980-2000 en el observatorio Salina Cruz Oaxaca. Fuente: Elaboración propia.

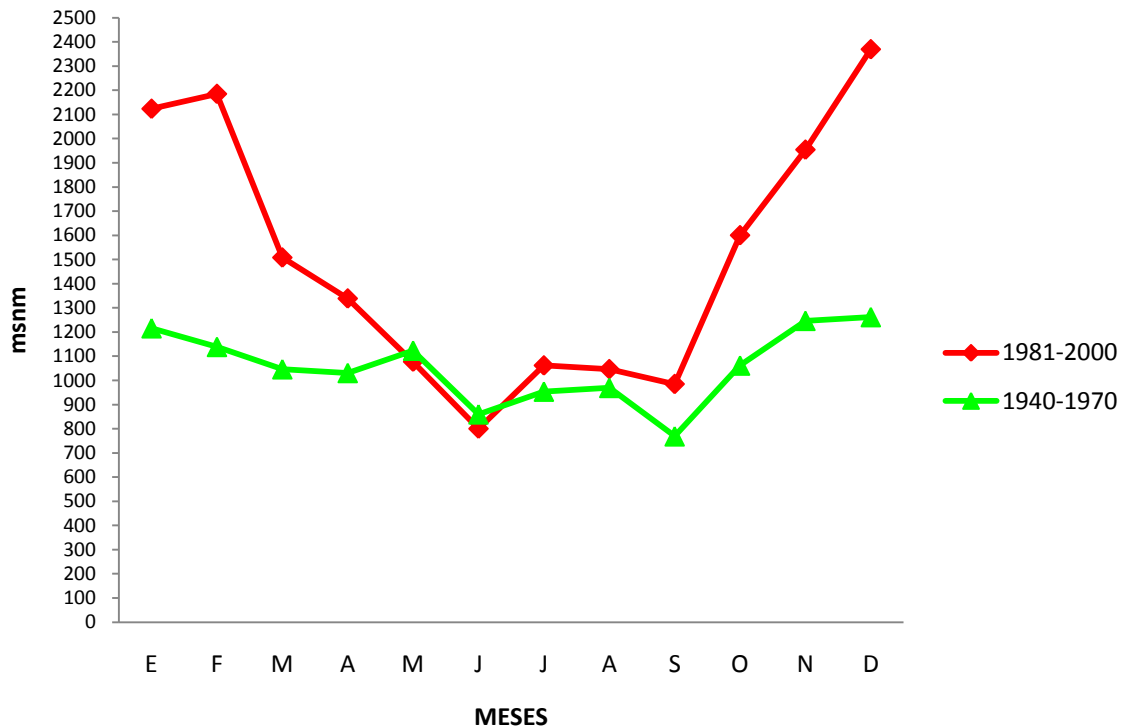


Figura 14. Comportamiento de la franja de condensación a partir de la humedad relativa que ingresa del Golfo de Tehuantepec, Oaxaca. Elaboración propia.

## 7.2 El bosque de niebla y la precipitación horizontal

El bosque de niebla que se encuentra en la Sierra Madre Sur en Oaxaca condensa la humedad proveniente del Pacífico, regula la energía cinética de las gotas de lluvia que suman más de 2500 mm anuales. En México este bosque se encuentra típicamente representado entre los 1100 y 1500 msnm (Ortega y Castillo, 1996), en este ecosistema se encuentra el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) donde la variedad Typica fue introducida a la zona de Pluma de Hidalgo desde el año de 1854, ha desarrollado adaptaciones fisiológicas en respuesta al ambiente regional del barlovento del Pacífico, característica ecofisiológica para la gestión en el trámite de la denominación de origen.

El cafeto es una planta rústica que se adapta con facilidad a condiciones topográficas adversas para otros cultivos. Este aromático, su calidad se relaciona con la altitud, diferenciándose estratos: (1) zona baja, que corresponde a altitudes menores a 600 msnm; (2) zona media de 601 a 900 msnm; (3) zona alta de 900 a 1200 msnm; y (4) la zona de café estrictamente altura ubicada por arriba de los 1200 msnm.

En los cafetales bajo sombra que se identifican en la región de estudio, por el relieve abrupto hacia la costa, existen condiciones para que los vientos cálidos húmedos provenientes del Pacífico al ascender por la Sierra Sur, el aire se enfríe y permite la formación de niebla, a partir de cierta altitud se favorece la condensación del vapor de agua, entonces la niebla precipita sobre cualquier objeto interpuesto, donde la vegetación desempeña este rol. Las gotitas de niebla pueden ser detenidas por las hojas, conducidas por el colector que forma la nervadura, es el caso de las bromelias y las orquídeas; otro caso es la copa del árbol que desempeña el papel de captador de gotitas de niebla densa debido a la red que forman las hojas, es el caso del cafeto y en general de los árboles de sombra. Visto así, el agroecosistema cafetalero brinda servicios ambientales, que son procesos mediante los cuales el ecosistema, en este caso las especies vegetales que la integran apoyan y brindan sustento a la sociedad; debido a la compleja estructura se presentan elementos que han sido estudiados.

**7.2.1 Masas de Aire.** Considerando la información climatológica del periodo 1981 – 2000 del Observatorio Sinóptico Salina Cruz, Oaxaca, se identifica que a la región ingresan masas de aire tropicales de tipo marino que provienen del Océano Pacífico, ricas en humedad relativa, con valores superiores al 50% en el periodo de marzo a octubre.

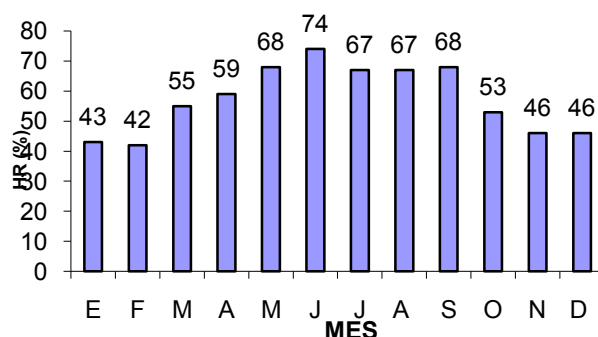


Figura 15. Distribución mensual de la humedad relativa de las masas tropicales de tipo marino provenientes del Pacífico Sur Mexicano. Fuente: Elaboración propia.

**7.2.2 Temperatura del Punto de Rocío.** El comportamiento anual de la temperatura a la cual el aire proveniente del Pacífico se satura mediante procesos isobáricos se ilustra en la Figura 16, así al ascender la sierra, los vientos cálidos húmedos alcanzan de manera natural la temperatura de punto de rocío y se forman las gotitas sobre la vegetación.

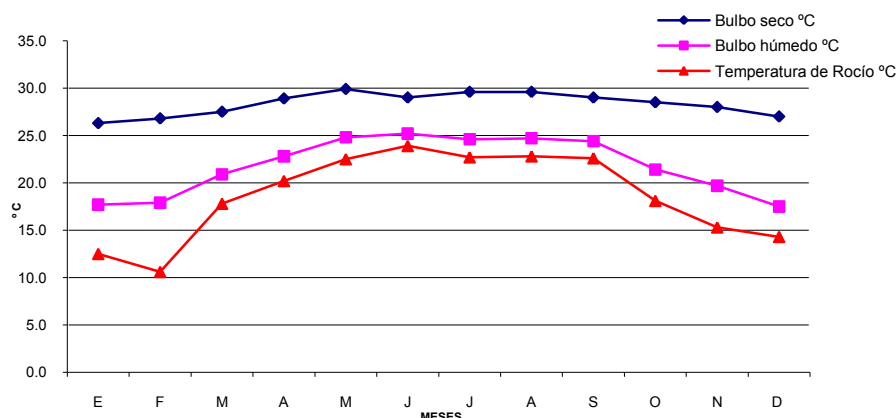


Figura 16. Distribución mensual de las temperaturas del punto de rocío en el Pacífico Sur Mexicano. Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento adiabático, indica que en los meses de junio a septiembre la condensación ocurre a altitudes inferiores a 1000 msnm, el resto de meses, a excepción de enero la altitud de condensación está entre 1061 a 1953 msnm; en el caso de enero el fenómeno corresponde a altitudes superiores a 2000 msnm.

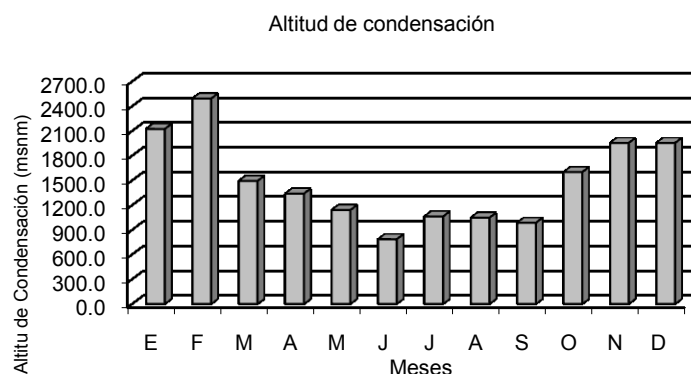


Figura 17. Distribución mensual del fenómeno de condensación en un proceso adiabático en el Pacífico Sur Mexicano. Fuente: Elaboración propia.

**7.2.3 Temperatura de las Hojas.** La temperatura superficial del follaje del cafeto, revela que en este arbusto de las 23 horas a las 8:00 horas, la temperatura de las hojas es inferior o igual a la temperatura ambiental. Esto revela la importancia del cafetal, donde de manera natural se forman gotas de agua cuando la temperatura de la hoja es menor a la temperatura ambiental.

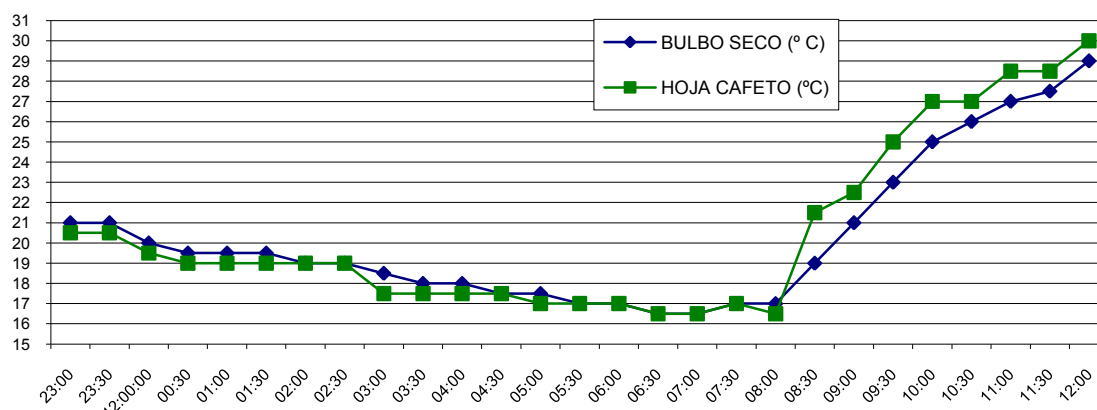


Figura 18. Comportamiento de la temperatura ambiental y de las hojas de cafeto de las 23:00 horas a las 12:00. Fuente: Elaboración propia.

**7.2.4 Franja de Condensación.** Considerando el gradiente altotérmico troposférico y relacionando el enfriamiento adiabático que sufren los vientos cálidos al ascender por la Sierra Madre del Sur, para el mes de enero, los resultados indican que en la zona altitudinal media (600-900 msnm), existen condiciones de condensación de las 20:30 a las 7:00 horas; en la zona de café de altura (900 a 1200 msnm) entre las 18:30 y 20:00 horas son acentuadas las condiciones de punto de rocío; mientras que en la zona de café estrictamente altura el fenómeno se identifica de las 10:00 a 18 horas. Se estima que los vientos cálidos húmedos que ingresan del Pacífico a la zona cafetalera a las 8:30 horas las masas de aire aportan 9.3 g de vapor de agua/m<sup>3</sup> de aire; mientras que a las 12:00 se registran 23 g/m<sup>3</sup>, máximo explicable al fenómeno de brisas marinas, así es como el aire cálido húmedo proveniente del Pacífico forma gotitas de agua en el ecosistema conocido como bosque de niebla.

En el caso del agroecosistema cafetalero bajo sombra que existe en la región, la evidencia de las estimaciones y del ambiente en los cafetales, indica que el café de altura y estrictamente altura contribuye en el régimen hidrológico regional por favorecer la condensación mediante el proceso por precipitación horizontal, esto constituye un servicio ambiental invaluable.

La existencia del arbolado nativo como sombra de los cafetales contribuye al caudal en la época de estiaje regional, auxilia a mitigar el riesgo de inundaciones por las altas precipitaciones y mejora las condiciones de condensación.

Los estratos del arbolado de sombra en los cafetales de altura (900 – 1200 msnm) y estrictamente altura (mayor a 1200 msnm) el follaje intercepta al hidrometeoro conocido como niebla, que es un tipo de nube que se forma cuando el aire se enfría cerca del suelo, la gota de lluvia se canaliza lentamente por las hojas, ramas y troncos para llevarla al suelo, donde la capa de hojarasca que cubre al suelo permite una lenta filtración al subsuelo y así se participa en la recarga del acuífero.

### 7.2.5 Precipitación Horizontal

El aporte de agua por la intersección de neblina en el follaje del arbolado de los cafetales de sombra en la costa del Pacífico Oaxaqueño, a las doce horas recibe 8.71 gr de vapor de agua/m<sup>3</sup> de aire, mientras que a las 03 horas alcanza 17.3 g de vapor de agua/m<sup>3</sup> de aire que ingresa del Pacífico. Esto explica la abundancia de epifitas en el arbolado de sombra, así como las interacciones existentes en el microambiente del agroecosistema cafetalero: luz, humedad relativa del aire, temperatura.

La condensación del vapor del agua en el arbolado del agroecosistema cafetalero ocurre todo el año, teniendo picos máximos en septiembre, así la región recibe aportaciones al balance hidrológico a partir de la condensación de la niebla, cuyo vapor tiene su génesis en el acarreo que realizan los vientos procedentes del Pacífico. Un cambio en el uso del suelo afectará a la biodiversidad, al ciclo hidrológico y a la protección hidrológica de las comunidades asentadas en la parte costera.

### 7.3 Biodiversidad

La biodiversidad es una expresión de la cantidad de especies que habitan un espacio, así se habla de la biodiversidad de un cafetal, que es el agroecosistema donde se cultiva *Coffea arábica* conocido como café arábigo o criollo. En la biodiversidad se identifican tres categorías: (a) diversidad genética; (b) diversidad de especies; y (c) diversidad en el ecosistema. En México se identifican dos modalidades en el agroecosistema cafetalero: (1) a pleno sol, donde la plantación carece de árboles de sombra; y (b) cafetales bajo sombra, que se practica en 12 entidades del país, en zonas montañosas de alta precipitación pluvial y alta condensación, estas zonas corresponden al bosque mesófilo de montaña, conocido de diferentes formas: bosque nublado, selva nublada, bosque de niebla, el cual se encuentra en las laderas montañosas del barlovento, con la alta precipitación pluvial y alto contenido de humedad atmosférica, lo que explica la formación de niebla y neblina durante todo el año.

En la región Loxicha - Pluma Hidalgo Oaxaca, se encuentran cafetales bajo sombra, donde en el paisaje se aprecia una alta cubierta vegetal con una arquitectura de varios estratos arbóreos, se identifican elementos de ciclos naturales como el hidrológico, del Carbono, del Nitrógeno, entre otros. En este agroecosistema los arboles y cafetos protegen al suelo de la erosión hídrica, abundan los manantiales y arroyos, entre otros aspectos.

Existe alta biodiversidad en un área cuando las especies presentes son variadas y diversas, además de que la abundancia sea uniforme en las especies que se encuentran en dicha zona. Se han desarrollado varios métodos para evaluar la biodiversidad, concepto que resulta de procesos ecológicos e históricos complejos, el uso de cualquier método está determinado principalmente por el interés que se tenga al realizar la evaluación. Por ejemplo, Del Pino *et al.* (2004), emplearon los índices de Margalef, Simpson, Berger-Parker, McIntosh y Shannon para conocer la riqueza de especies arbóreas leñosas, seleccionando estos índices por cumplir los requisitos de ser cuantificables, comparables, representativos, controlables, viables, georreferenciables y predecibles para medir la diversidad alfa, que se enfoca principalmente a conocer la riqueza por especies; el índice de Margalef sirve para evaluar la riqueza de las especies, mientras que los índices de Simpson y McIntosh miden la diversidad en cuanto a la abundancia proporcional de las especies. Retomando la importancia de los cafetales, se propuso conocer la riqueza biológica de la zona Loxicha - Pluma Hidalgo en Oaxaca, por ser este agroecosistema el principal en la economía indígena regional, así el indicador de riqueza biológica refiere los árboles de sombra encontrados en la exploración de cafetales.

### **7.3.1 Biodiversidad en las comunidades exploradas**

En la selva tropical se distinguen cinco estratos vegetales: (1) el superior formado por las copas de los árboles más altos: dominantes o emergentes, es discontinuo; (2) bajo el y no claramente diferenciado existe otro, discontinuo, compuesto por los árboles codominantes; (3) el tercer estrato es continuo y absorbe la mayor parte de la luz incidente; árboles intermedios; (4) por debajo se encuentra otro con sombra y escasa vegetación, árboles suprimidos; y (5) por último un estrato basal, que se le

conoce como sotobosque (Chadwick y Larson, 1990). En este ecosistema se ha establecido el cafeto de la especie *Coffea arabica*, que requiere sombra para su cultivo.

En el corredor Loxicha-Pluma, está establecido el cafeto de la especie *Coffea arabica*, que requiere sombra para su cultivo; aquí se identifican los árboles emergentes, que se elevan sobre el dosel arbóreo, son árboles generalmente perennifolios, resisten elevadas temperaturas y fuertes vientos, algunas especies pierden sus hojas durante la breve temporada seca; tienen troncos rectos y lisos con pocas ramas; este estrato es importante para el aterrizaje de las aves migratorias.

En las cinco comunidades exploradas se aplicó la metodología desarrollada por Rice y Drenning (2003) por el Smithsonian Migratory Bird Center (SMBC, 2003) para evaluar los sistemas de producción de café amigable con las aves “bird friendly”,

Así, en el corredor explorado, se identificaron 235 ejemplares, de las cuales destacan siete especies de árboles emergentes, a saber: (1) cuil (*Inga edulis*); (2) palo mujer o palo puto (*Alchornea latifolia* Swartz); (3) ocote (*Pinus maximinoi* Moore); (4) cerezo (*Andira inermis* (W. Wrigth) D.C.); (5) macahite (*Ficus tecolutensis*), (Liebm., Miq.); (6) amole (*Sapindus saponaria* L.); y (7) sangre de drago (*Croton draco* Schltdl). Otro de los árboles emergentes aún no identificado es el aguacatillo (*Phoebe* sp). La mayoría de los árboles emergentes rebasan los 30 m de altura y su diámetro normal es mayor a 50 cm, entonces con base a los Criterios del SMBC, la biodiversidad cumple con los requisitos de café amigable con las aves.

De estos 50 cafetales, donde se contabilizaron 235 especies arbóreas empleadas como árboles de sombra, muchos de ellos son especies endémicas, sumando un total de 4467 individuos registrados, en el Cuadro 9 se reporta la biodiversidad arbórea que corresponde al agroecosistema cafetalero Loxicha Pluma Hidalgo, Oaxaca, se presentan en orden de abundancia los principales árboles encontrados en cada uno de los cafetales explorados en la región.

Cuadro 9. Número de árboles por parcela y total en los cafetales de Loxicha - Pluma Hidalgo, Oaxaca.

| Árbol | Nombre común                         | Nombre científico        | Total |
|-------|--------------------------------------|--------------------------|-------|
| 1     | Cuil                                 | Inga edulis              | 402   |
| 2     | Aguacatillo                          | Phoebe spp               | 332   |
| 3     | Palo mujer, palo de agua o palo puto | Alchornea latifolia      | 218   |
| 4     | Guarumbo                             | Cecropia obtusifolia     | 206   |
| 5     | Platano                              | Musa spp.                | 206   |
| 6     | Huanchal, cola de cuaño              | Cupania dentata          | 151   |
| 7     | Palo de cerro                        |                          | 114   |
| 8     | Palo de yaco                         | Tecoma stans             | 112   |
| 9     | Capulin                              | Trema micrantha          | 107   |
| 10    | Cuachipil                            | Senna spp.               | 82    |
| 11    | Macuil                               | Tabebuia rosea           | 80    |
| 12    | Palo de mameyito                     | Saurauia serrata         | 80    |
| 13    | Amole                                | Saurauia scabrida        | 75    |
| 14    | Mameyito macho                       | Sommeria spp.            | 71    |
| 15    | Caulote                              | Guazuma ulmifolia        | 69    |
| 16    | Chamisillo                           | Miconia minutiflora      | 67    |
| 17    | Cobre                                | Sommeria grandis         | 66    |
| 18    | Palo sangrado, palo grado            | Croton draco             | 64    |
| 19    | Palo Gusano                          | Archibaccharis spp.      | 62    |
| 20    | Nispero                              | Eriobotrya japonica      | 54    |
| 21    | Guayabal                             | Psidium guajava          | 50    |
| 22    | Arbol colorado                       |                          | 42    |
| 23    | Palo verde                           |                          | 39    |
| 24    | Naranja                              | Citrus sinensis          | 38    |
| 25    | Mameyito colorado                    | Sommeria spp.            | 36    |
| 26    | Chalum                               | Ficus tecolutensis       | 33    |
| 27    | Palo de cuerda                       |                          | 31    |
| 28    | Mangle Rojo de Tierra                |                          | 30    |
| 29    | Mango                                | Mangifera indica         | 30    |
| 30    | Palo de piedra                       | Homalium trichostemon    | 30    |
| 31    | Guaje                                | Leucaena spp.            | 29    |
| 32    | Hoja dura                            |                          | 29    |
| 33    | Hoja lisa                            |                          | 29    |
| 34    | Yaco de cuero                        | Heliocarpus donell-smith | 28    |
| 35    | Encino                               | Quercus spp.             | 27    |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol | Nombre común     | Nombre científico        | Total |
|-------|------------------|--------------------------|-------|
| 36    | Guanabana        | Annona muricata          | 26    |
| 37    | Aguacate piedra  | Persea spp.              | 24    |
| 38    | Guitarrón        | Dendropanax spp.         | 24    |
| 39    | Palo mazo        | Trophis spp.             | 24    |
| 40    | Yegalache        | Rhus striata             | 24    |
| 41    | Cerezo montés    | Andira spp.              | 23    |
| 42    | Izote            | Yucca spp.               | 23    |
| 43    | Totomol          | Miconia spp.             | 23    |
| 44    | Encino Negro     | Quercus oleoides         | 22    |
| 45    | Plátano Morado   | Musa spp.                | 22    |
| 46    | Tololote, cerezo | Andira inermis           | 33    |
| 47    | Ocote            | Pinus maximinoi          | 21    |
| 48    | Palo de mano     | Dendropanax arboreus     | 21    |
| 49    | Cuil blanco      | Inga spp.                | 20    |
| 50    | Cuil de perico   | Inga spp.                | 20    |
| 51    | Mulato           | Bursera simaruba         | 20    |
| 52    | Naranjillo       | Trichilia havanensis     | 20    |
| 53    | Aguacate         | Persea americana         | 19    |
| 54    | Nanche           | Byrsonima crasifolia     | 24    |
| 55    | Cacao            | Theobroma cacao          | 18    |
| 56    | Higo             | Ficus carica             | 18    |
| 57    | Palo conchuda    | Siparuna spp.            | 23    |
| 58    | Palo de hormiga  |                          | 18    |
| 59    | Tejon            |                          | 18    |
| 60    | Mamey            | Pouteria sapota          | 17    |
| 61    | Palo de sal      | Solanum aff. Chiapasense | 17    |
| 62    | Carnero          | Coccoloba spp.           | 16    |
| 63    | Cacahuanano      | Gliricidia sepium        | 15    |
| 64    | Huapinol         | Hymenaea courbaril       | 15    |
| 65    | Zompantle        | Erythrina americana      | 15    |
| 66    | Cuil de cera     |                          | 14    |
| 67    | Guaje silvestre  | Leucaena spp.            | 14    |
| 68    | Hormiguero       |                          | 14    |
| 69    | Palo Flor Blanca |                          | 14    |
| 70    | Palo pajarito    |                          | 13    |
| 71    | Quelite          |                          | 13    |
| 72    | Cuiloch          | Inga spp.                | 12    |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol | Nombre común          | Nombre científico         | Total |
|-------|-----------------------|---------------------------|-------|
| 73    | Huazhicuil Peludo     | Inga spp.                 | 12    |
| 74    | Nogalillo             | Juglans styraciflua       | 12    |
| 75    | Pino                  | Pinus oocarpa             | 12    |
| 76    | Tepejilote            |                           | 12    |
| 77    | Palo fino             |                           | 11    |
| 78    | Zapote                | Diospyros digyna          | 11    |
| 79    | Aguacate Montez       | Persea spp.               | 10    |
| 80    | Arbol tlaxiaco        |                           | 10    |
| 81    | Chitla                |                           | 10    |
| 82    | Palo de frijol        | Albizia spp.              | 10    |
| 83    | Palo de sitio         |                           | 10    |
| 84    | Anona                 | Rollinia membranacea      | 9     |
| 85    | Cedro Rojo            | Cedrela odorata           | 9     |
| 86    | Colpachi              |                           | 9     |
| 87    | Cuil de la Sierra     | Inga spp.                 | 9     |
| 88    | Palo de peine         |                           | 9     |
| 89    | Siempre vivo          |                           | 9     |
| 90    | Tepehuaje             | Lysiloma acapulcensis     | 9     |
| 91    | Achote                | Apeiba tiborbou           | 8     |
| 92    | Aguacatillo Blanco    | Persea donell-smith       | 8     |
| 93    | Cuil delgado          | Inga spp.                 | 8     |
| 94    | Hierba Santillo       |                           | 8     |
| 95    | Malacate              |                           | 8     |
| 96    | Palo Blanco           | Guarea glabra             | 8     |
| 97    | Palo de papel         |                           | 8     |
| 98    | Palo Maria o cimarrón | Calophyllum brasiliense   | 13    |
| 99    | Arbol de limon        | Citrus spp.               | 7     |
| 100   | Cuasía                |                           | 7     |
| 101   | Cuil de chauixtlla    | Inga spp.                 | 7     |
| 102   | Macahuite             | Ficus spp.                | 7     |
| 103   | Palo de aguila        | Brunellia mexicana        | 7     |
| 104   | Palo espina           | Zanthoxylum melanostichum | 7     |
| 105   | 7 hojas               | Oreopanax langlaseei      | 6     |
| 106   | Chamizo               | Coccoloba spp.            | 6     |
| 107   | Chirimollal           | Poulsenia armata          | 6     |
| 108   | Cuil Rojo             | Inga spp.                 | 6     |
| 109   | Granillo              |                           | 6     |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol | Nombre común               | Nombre científico        | Total |
|-------|----------------------------|--------------------------|-------|
| 110   | Guaje de Perico            | Leucaena spp.            | 6     |
| 111   | Gusanillo                  |                          | 6     |
| 112   | Hoja de canela             | Chrysophyllum mexicanum  | 6     |
| 113   | Lima                       | Citrus spp.              | 6     |
| 114   | Limon Verdadero            | Citrus lemon             | 6     |
| 115   | Palo flor rosa             |                          | 6     |
| 116   | Palo galante               |                          | 6     |
| 117   | Serranito                  |                          | 6     |
| 118   | Tamarindo                  | Tamarindus indica        | 6     |
| 119   | Yagalan liso               | Trichilia spp.           | 6     |
| 120   | Arnica                     |                          | 5     |
| 121   | Cuil peine                 | Inga spp.                | 5     |
| 122   | Gavilan                    |                          | 5     |
| 123   | Guanacastle                | Enterolobium ciclocarpum | 5     |
| 124   | Huanacuilt                 |                          | 5     |
| 125   | Manzano                    |                          | 5     |
| 126   | Palo de Jicara             | Crescentia spp.          | 5     |
| 127   | Totomoztle                 | Miconia impetolaris      | 5     |
| 128   | Yaquetzin                  |                          | 5     |
| 129   | Aguacate Morado            | Persea spp.              | 4     |
| 130   | Camaron                    |                          | 4     |
| 131   | Cuil de machete            | Inga jinicuil            | 4     |
| 132   | Mandarina                  | Citrus reticulata        | 4     |
| 133   | Palo Chachalaca            |                          | 4     |
| 134   | Palo cueste o blandito     |                          | 4     |
| 135   | Palo de Hule               | Castilla elástica        | 4     |
| 136   | Potochihuite, botochihuite |                          | 4     |
| 137   | Tejoruco                   | Genipa americana         | 4     |
| 138   | Zapotillo                  |                          | 4     |
| 139   | Arbol de escarabajo        |                          | 3     |
| 140   | Arbol de leche             |                          | 3     |
| 141   | Carrizuelo                 |                          | 3     |
| 142   | Chamul                     |                          | 3     |
| 143   | Ciruela Montes             | Spondias mombin          | 3     |
| 144   | Ciruelar de Faizán         | Spondias purpurea        | 3     |
| 145   | Corazon de ganado          |                          | 3     |
| 146   | Cuajinicuil                |                          | 3     |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol | Nombre común             | Nombre científico        | Total |
|-------|--------------------------|--------------------------|-------|
| 147   | Frijolillo               |                          | 3     |
| 148   | Frutillo                 | Ficus cotinifolia        | 3     |
| 149   | Hoja de bailarina        |                          | 3     |
| 150   | Leche Amarilla           | Trophis racemosa         | 3     |
| 151   | Palma                    | Acrocomia aculeata       | 3     |
| 152   | Palo de ropa             | Zanthoxylum spp.         | 3     |
| 153   | Primorosa                |                          | 3     |
| 154   | Tigrillo                 |                          | 3     |
| 155   | Yalei                    |                          | 3     |
| 156   | Aguacatillo Aguatujo     | Persea spp.              | 2     |
| 157   | Aguacatillo rojo         | Persea spp.              | 2     |
| 158   | Amor Seco                |                          | 2     |
| 159   | Arbol de mula            |                          | 2     |
| 160   | Arbol de sombrero        |                          | 2     |
| 161   | Capulín montéz           |                          | 2     |
| 162   | Ceibo                    | Ceiba pentandra          | 2     |
| 163   | Ciruelo                  | Spondias spp.            | 2     |
| 164   | Cocoroso                 |                          | 2     |
| 165   | Cuachijal                |                          | 2     |
| 166   | Cuil Verde               | Inga spp.                | 2     |
| 167   | Diente de Cuche          |                          | 2     |
| 168   | Guajinicuil Cuadrado     | Inga spp.                | 2     |
| 169   | Guajinicuil Liso         | Inga spp.                | 2     |
| 170   | Hayate                   |                          | 2     |
| 171   | Huazhicuil de cerro      |                          | 2     |
| 172   | Inga                     |                          | 2     |
| 173   | Laurelillo               |                          | 2     |
| 174   | Mameyito silvestre       | Somera grandis           | 2     |
| 175   | Mata palo                | Ficus spp.               | 2     |
| 176   | Palo de Bolsa            | Cochlospermum vitifolium | 2     |
| 177   | Palo de brocho           |                          | 2     |
| 178   | palo de humo             |                          | 2     |
| 179   | Palo de Zopilote (caoba) | Swietenia macrophylla    | 2     |
| 180   | Poma rosa                | Eugenia jambos           | 2     |
| 181   | Sangualico               | Astronium graveolens     | 2     |
| 182   | Sidral                   |                          | 2     |
| 183   | Tlachican                | Curatella americana      | 2     |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol | Nombre común         | Nombre científico      | Total |
|-------|----------------------|------------------------|-------|
| 184   | Yegalan              |                        | 2     |
| 185   | Zapote cabezon       | Diospyros spp.         | 2     |
| 186   | Aguacate Negrito     | Persea americana       | 1     |
| 187   | Aguacatillo Apestoso | Persea spp.            | 1     |
| 188   | Amapolita            |                        | 1     |
| 189   | Árbol de pipa        |                        | 1     |
| 190   | Armadillo            |                        | 1     |
| 191   | Azulillo             | Cornus disciflora      | 1     |
| 192   | Bailador             |                        | 1     |
| 193   | Caracolillo          |                        | 1     |
| 194   | Charamuyo            |                        | 1     |
| 195   | Chico negrito        |                        | 1     |
| 196   | Cornisuelo           | Acacia cornígera       | 1     |
| 197   | Cuil de Cerro        | Inga spp.              | 1     |
| 198   | Cuil Montes          | Inga spp.              | 1     |
| 199   | Escobilla            |                        | 1     |
| 200   | Espina de clavo      |                        | 1     |
| 201   | Frailillo            | Couepia poliandra      | 1     |
| 202   | Fruta para pajarillo |                        | 1     |
| 203   | Huele de Noche       |                        | 1     |
| 204   | Mariquita            |                        | 1     |
| 205   | Menzon Zapote        | Licania platipus       | 1     |
| 206   | Palo blanco          | Rondeletia budleioides | 1     |
| 207   | Palo cangrejo        |                        | 1     |
| 208   | Palo carbon          |                        | 1     |
| 209   | Palo contador        |                        | 1     |
| 210   | Palo de 3 cruces     |                        | 1     |
| 211   | Palo de Abrojo       |                        | 1     |
| 212   | Palo de amor         |                        | 1     |
| 213   | Palo de caballo      |                        | 1     |
| 214   | Palo de Itayate      |                        | 1     |
| 215   | Palo de jicara       | Crescentia spp.        | 1     |
| 216   | Palo negro           |                        | 1     |
| 217   | Papaya montez        |                        | 1     |
| 218   | Platanillo           |                        | 1     |
| 219   | Plátano camote       | Musa spp.              | 1     |
| 220   | Plátano costilla     | Musa spp.              | 1     |

Continuación del Cuadro 9

| Árbol        | Nombre común         | Nombre científico  | Total       |
|--------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 221          | Plátano Macho        | Musa spp.          | 1           |
| 222          | Plátano perón        | Musa spp.          | 1           |
| 223          | Plátano rotán        | Musa spp.          | 1           |
| 224          | Quebracho            | Aphanante monoica  | 1           |
| 225          | Quelita largo        |                    | 1           |
| 226          | Sangre de cristo     |                    | 1           |
| 227          | Tamarindillo         | Xylopia frutescens | 1           |
| 228          | Tepegujillo          | Lysiloma spp.      | 1           |
| 229          | Totatil de la sierra |                    | 1           |
| 230          | Totatil montes       |                    | 1           |
| 231          | Uva                  | Vitis tilifolia    | 1           |
| 232          | Yaa butin            |                    | 1           |
| 233          | Ya'a gued yeh        |                    | 1           |
| 234          | Yaco Venado          |                    | 1           |
| 235          | Zapotal dormido      |                    | 1           |
| <b>TOTAL</b> |                      |                    | <b>4466</b> |

Fuente: Elaboración propia, con información de campo, 2011.

Se destaca, que los árboles emergentes del agroecosistema cafetalero estudiados tienen presencia de musgo en el tronco, líquenes, epífitas y enredaderas, características de esta vegetación, además de los árboles estranguladores o matapalo como el macahuite (*Ficus tecolutensis*) que se extienden sus raíces hasta el suelo, creciendo hasta el suelo, creciendo en número y tamaño hasta envolver el árbol hospedador. En cuanto a las trepadoras, las importantes son las lianas, que se extienden hasta llegar a las copas, más común es el plátano mono (*Syngonium podophyllum* Schott). También se encontró que en los árboles como cuil, palo mujer, ocote, aguacatillo y macahuite presentan nidos en sus copas: de aves, ardillas, y el macahuite presenta madrigueras de animales silvestres; además se encontró que el suelo en un 62% está cubierto de hojarasca, 29% tiene cubierta viva y el restante 9% es de suelo visible.

Fundamentar que el bosque mesófilo de montaña tiene una amplia biodiversidad que debe ser conservada por los beneficios que se obtienen de este bosque, requirió utilizar otros índices de biodiversidad, a saber:

(1) Índice de Margalef o índice de biodiversidad de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (como resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad).

(2) Índice de Simpson, también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia, permiten medir la riqueza de los organismos. es uno de los parámetros que permiten cuantificar la biodiversidad de un hábitat, toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. Valores cerca de cero que corresponde casi a los ecosistemas muy diversos o heterogéneos y valores cercanos a 1 corresponden a ecosistemas más homogéneos.

(3) Índice Menhinic, al igual que el índice de Margalef, ésta medida permite calcular la diversidad de especies, ello significa que valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad).

(4) Índice McIntosh, trabaja los tamaños de las poblaciones de los distintos taxones, indicando la dominancia de alguno o algunos de ellos. Valores cerca de cero que corresponde a ecosistemas muy diversos o heterogéneos y valores cercanos a 1 corresponden a ecosistemas más homogéneos.

En el agroecosistema cafetalero de Pluma Hidalgo se encontró que los más altos porcentajes en abundancia en el arbolado que brindan sombra al café corresponden a: cuil (11.4%), capulín (9%), chamisillo (6%), plátano (5%), palo de agua (4%), guanchal (4%), palo puto (4%), yaco (3%), aguacatillo (3%), y mameyito

colorado (3%) y el resto con 2% y 1% respectivamente. El índice de diversidad de Margalef es de 13.92 y el de Simpson de 0.96. El primero indica que los cafetales de Pluma Hidalgo colocan a la zona como de alta biodiversidad en número de especies arbóreas; el índice de Simpson entre más se acerque a 1, más homogéneo es el lugar. El resultado indica alta biodiversidad y homogeneidad de cada especie. Analizar la biodiversidad es necesario en vista del estado actual en que se encuentran los ecosistemas, ante la acelerada transformación del cambio en su uso, por lo que un simple listado de especies no es suficiente, deben aplicarse metodologías que indiquen la riqueza existente.

A nivel regional el análisis del arbolado en los cafetales revela que el índice de Margalef es de 28.31 y el índice de Menhinic es de 3.57; valores superiores a 5.0 en estos índices se consideran de alta biodiversidad. El índice de Simpson es de 0.97, mientras que el índice de McIntosh es de 0.84; cuando los valores de estos índices son próximos a 1 revelan que la biodiversidad es homogénea. Los resultados indican que el agroecosistema cafetalero de la región Loxicha - Pluma Hidalgo tienen un arbolado de alta biodiversidad.

Cuadro 10. Resultados de los índices de biodiversidad.

| Indice   | Valor | Interpretación                          |
|----------|-------|-----------------------------------------|
| Margalef | 28.31 | Mayor de 5 alta biodiversidad           |
| Menhinic | 3.57  | Mayor de 5 alta biodiversidad           |
| Simpson  | 0.97  | Valores cercanos a 1 riqueza específica |
| McIntosh | 0.84  | Valores cercanos a 1 riqueza específica |

Fuente: Elaboración propia con datos propios obtenidos en campo desde 2009 a 2011.

En opinión de Moreno (2002), para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es conveniente disponer de información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa), también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma), esto para poder diseñar

estrategias de conservación y desarrollar acciones concretas a escala local. Los resultados indican la importancia del agroecosistema cafetalero a nivel regional y local, los índices empleados revelan la importancia de la región en cuanto a riqueza específica.

La diversidad en el arbolado del agroecosistema cafetalero en la región Loxicha-Pluma Hidalgo constituye una estrategia para conservar los recursos genéticos, así como la arquitectura de los ecosistemas tropicales, esto ayuda a regular la agresividad de la lluvia, sirve de protección en la parte alta de la cuenca para abatir el riesgo de inundaciones, incide en la captura de carbono, entre otros. La biodiversidad es clave para garantizar los servicios ecosistémicos regionales y locales. Por lo anterior, deben emprenderse acciones para garantizar a los cafetaleros una compensación económica y desarrollen prácticas para conservar y mejorar los servicios ambientales, así como promover la conservación de este ecosistema.

Ese aromático que se produce bajo estas condiciones de sombra regionalmente debería desarrollarse como un café gourmet, para ello se requiere de una política que promueva la certificación como café de sombra en el marco del movimiento desarrollado por el Centro Smithsoniano de Aves Migratorias.

#### **7.4 Desastres naturales**

En la región climática intertropical constituida por tierras y océanos comprendidos entre los 30° de Latitud Norte y Sur; en México se identifican territorios vulnerables en ambas costas: Atlántico y Pacífico, con poblados rurales indígenas carentes de sistemas de predicción meteorológica para alertar emergencias que posteriormente se traducen en pérdidas económicas y humanas.

Entre los riesgos climáticos que se originan en la Costa del Pacífico Mexicano destacan los ciclones tropicales, cuyos desastres se asocian a vientos intensos y precipitaciones torrenciales en la región mencionada año con año se presentan riesgos naturales hidrometeorológicos asociados a los ciclones (Jáuregui, 1989).

En las comunidades más pobres de la Sierra Sur un evento natural de talla extraordinaria es común que deje huellas de caos, desolación y tristeza. Los riesgos naturales ocasionan problemas sociales con repercusión territorial. El cuerpo conceptual básico común sobre riesgos naturales se asocia a: (1) riesgo natural; (2) catástrofe; y (3) desastre. Riesgo natural, es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita puede verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario, el riesgo que es el producto de la probabilidad de ocurrencia de un desastre; catástrofe, es el efecto perturbador que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que a menudo supone la pérdida de vidas humanas; desastre es cuando las consecuencias del episodio natural alcanzan una magnitud tal que ese territorio necesita ayuda externa en alto grado; este concepto alude al deterioro que sufre la economía de la región y al drama social provocado por las pérdidas de numerosas vidas.

En el Pacífico Sur Mexicano en el periodo de 1951 – 1980, ocurrieron 171 ciclones; mientras que en el periodo 1981 – 2010 268. Al comparar dos periodos, que en Meteorología son los periodos normales de comparación, se concluye que el cambio climático para la región que nos ocupa significa un mayor riesgo natural.

En la escala Saffir Simpson en el periodo 1981 – 2010 revela que los eventos hidrometeorológicos han sido de mayor intensidad, así los ciclones con categoría 2, 3, 4 y 5 se han incrementado, como lo revela la Figura 19. Esto revela la importancia de conservar la cubierta vegetal en la parte alta de la Cuenca del Río Copalita, en particular urge identificar estrategias que garanticen la permanencia del agroecosistema cafetalero, estrategia de producción indígena que ha conservado el arbolado nativo, así cuando un ciclón toca tierra en la zona, la erosión hídrica es reducida, el incremento del caudal de los ríos es regulado, el deslizamiento de laderas es contralado, las inundaciones en la zona turística de Huatulco no son acentuados en la relación al polo turístico de Acapulco, cuya parte alta de la cuenca carece de la protección que existe en la Cuenca del Río Copalita.

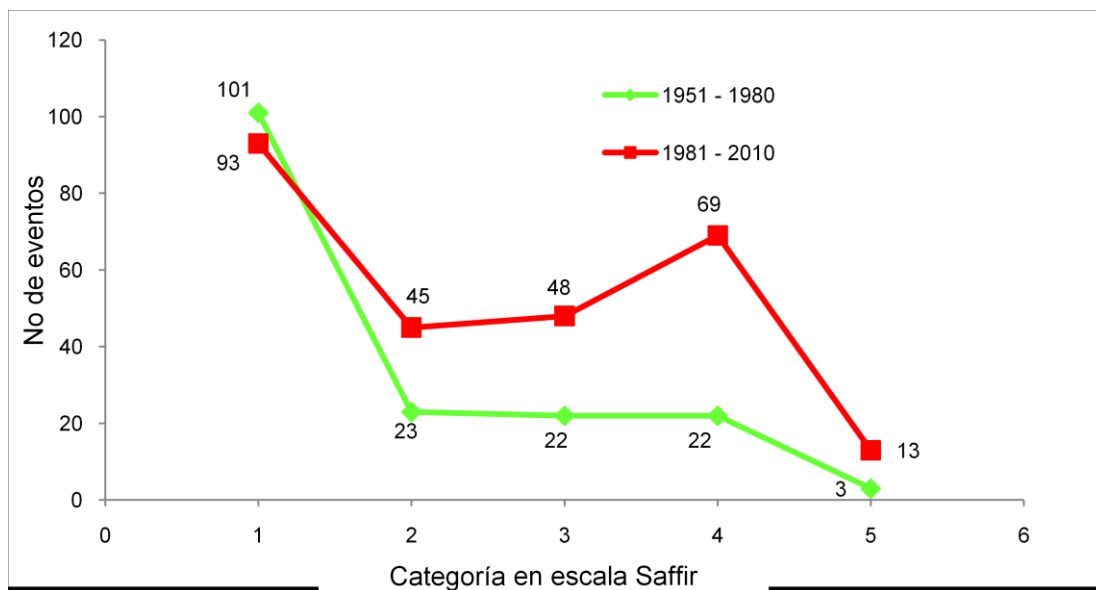


Figura 19. Ciclones tropicales ocurridos en el Pacífico Sur Mexicano en los periodos 1951 – 1980 y 1981 – 2010. Fuente: Elaboración propia, 2013.

#### 7.4.1 Riesgos y Desastres Hidrometeorológicos

La Cuenca del Río Copalita durante los meses de verano y otoño se ve impactada por la ocurrencia de tormentas y ciclones tropicales, así el territorio de dicha cuenca, caracterizado por un sistema montañoso que influye en el escurrimiento superficial es vulnerable, por: (a) su escurrimiento está limitado al sur por el Océano Pacífico; (b) está ubicado en la zona generatriz de huracanes del Golfo de Tehuantepec, dicha zona nace aproximadamente en la Latitud 15° N donde ocurre una anomalía en la temperatura superficial oceánica atribuido al efecto de los vientos Nortes en los meses de octubre a marzo, mientras que de abril a septiembre la temperatura promedio del Golfo es de 29 °C (Jauregui, 1989).

Destacan meteoros como Heather (1973), Claudia (1973), Orlene (1974), Beatriz (1993), Cristina (1996), Paulina (1997), Rick (1997), Rose (2000); Carlota (2012), Manuel (2013). El ciclón tropical Paulina, octavo huracán de la temporada 1997, tuvo su génesis en una onda tropical el 5 de octubre a 410 km al sur- suroeste de Huatulco, Oaxaca; el 7 de octubre alcanzó la categoría 4 en la escala Saffir – Simpson, con vientos de 215 km/hora y rachas de 240 km/hora; el 8 de octubre a las

4:45, tiempo de Centro, tocó tierra en comunidades oaxaqueñas de la costa y selva Loxicha (entre Puerto Escondido y Puerto Ángel), con vientos máximos de 185 km/hora y rachas de 240; el 9 de octubre ingresó al Estado de Guerrero, y el 10 de octubre se disipó en Jalisco. De este evento el Servicio Meteorológico Nacional en Acapulco registró 411.2 mm como precipitación máxima acumulada en menos de 24 horas, lo que constituye una precipitación record.

La tormenta tropical Manuel, treceavo huracán de la temporada 2013, se formó frente a costas mexicanas del Pacífico el día 13 de septiembre; este fenómeno se mantuvo estacionario mucho tiempo, descargando agua sobre el Estado de Guerrero, entre los días 11 y 18 de septiembre las precipitaciones superaron los 987 milímetros en la Sierra de Guerrero; por ejemplo la zona meteorológica de San Isidro cercana a Acapulco registró 1,251 mm desde que empezó la contingencia. Manuel se mantuvo con vientos de 60 km/hora, por ello se conservó en tormenta tropical y no se convirtió en huracán; en la costa de Michoacán las precipitaciones fueron de 519 mm en una semana, Oaxaca 465 mm, y en menor medida las lluvias llegaron a Jalisco y Colima, de manera moderada en el Estado de México, Distrito Federal, Nayarit, Zacatecas, Guanajuato, Querétaro y Morelos; el día 17 se desplazó hacia el norte, tomando fuerza y convirtiéndose en huracán, el jueves 19 tocó tierra en Sinaloa, y las precipitaciones superaron los 150 mm.

La depresión tropical Ingrid, número 10 de la temporada 2013 en el sur del Golfo de México, el 13 de septiembre, alcanzó la categoría de huracán, pero tomó tierra ya degradada en tormenta tropical tres días después, en La Pesca (Tamaulipas); entró a territorio mexicano con vientos de hasta 100 km/hora y se movió en dirección oeste – noreste a una velocidad de 17 km/hora. Veracruz fue el Estado más afectado, más de 200 litros/m<sup>2</sup>, también se vieron afectados: Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León (con lluvias por encima de los 150 mm) y de manera más moderada los Estados de Coahuila, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Tabasco e Hidalgo; Ingrid se disipó el 17 de septiembre.

Ingrid y Manuel dejaron 248,477 afectados en el país, de las que 50,000 fueron evacuadas y llevadas a albergues; los daños rebasan los 12,000 millones de pesos

provenientes del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) para atender la emergencia en 20 estados del país.

El Fonden ha desembolsado 981 millones de pesos por los huracanes de la siguiente manera: Guerrero 383, Veracruz 200, Oaxaca 133, Sinaloa 142, Chihuahua 27, Michoacán 19 y Chiapas 14; el Fonden financía la reconstrucción pública dañada cubriendo al cien por ciento la correspondiente al ámbito federal y cincuenta por ciento la estatal, en los sectores carreteros, hidráulico, pesquero, forestal, naval, de vivienda, e infraestructura urbana, eléctrica, educativo, de monumentos históricos, salud y residuos sólidos así como áreas naturales protegidas.

Los daños que han causado las lluvias, sequías y huracanes de 2000 a 2012 han ido en aumento en México y acumulan pérdidas económicas por 284,351 millones de pesos.

Este escenario destaca la importancia de conservar la cubierta vegetal en la Cuenca del Río Copalita, que de no existir el ciclón Manuel hubiera dejado una huella inimaginable.

#### **7.4.2 Huracán Paulina**

Las cifras oficiales sobre el desastre indican que al menos 250,000 habitantes quedaron sin hogar en Oaxaca, más de 110 personas fallecieron, las vías de comunicación fueron afectadas; en la selva, el arbolado emergente fue destrozado.

En la región de la Costa, en el Distrito Pochutla se encuentran 31,515 ha de café, el cual está plantado bajo dos sistemas de producción: (1) el rusticano o de montaña, donde el arbolado propio de la selva, con sus diferentes estratos vegetales se conserva, sólo se han introducido los cafetos en el estrato arbustivo, este agroecosistema es dominante en las comunidades indígenas, con relieves escarpados; (2) el sistema de producción de policultivo tradicional, donde los cafetales mantienen la sombra con árboles nativos como guanábana, naranja, banano, otros; además del estrato arbustivo con café.

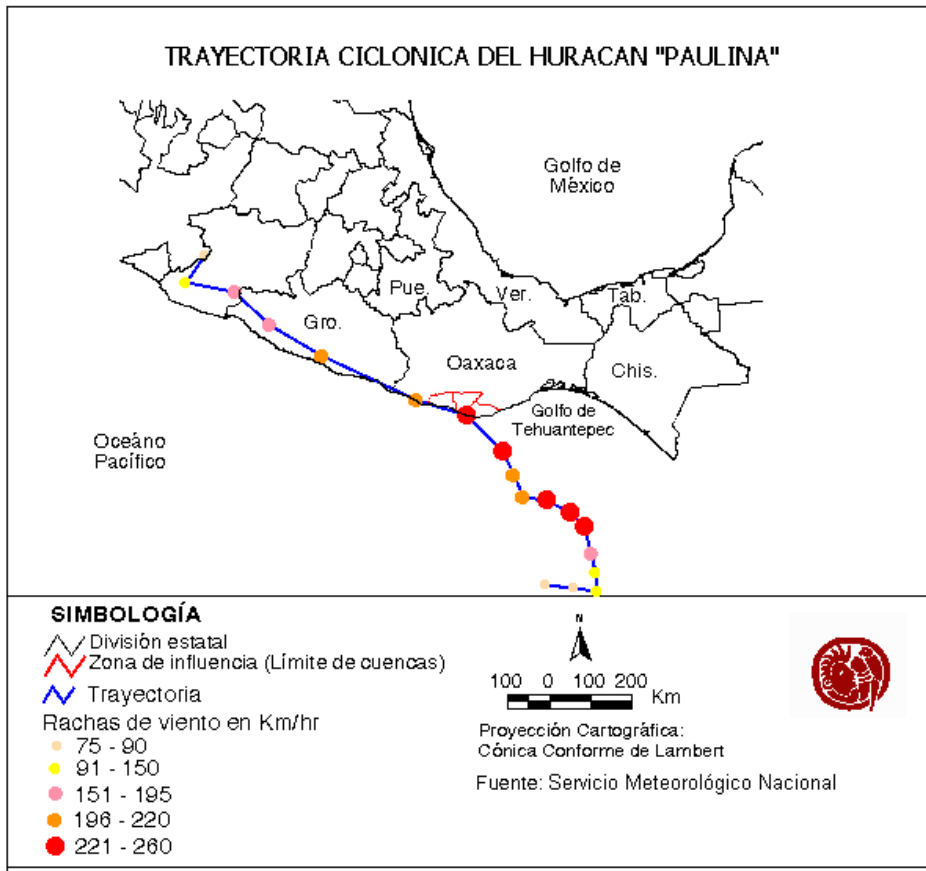


Figura 20. Trayectoria ciclónica del Huracán Paulina. Fuente: Conabio.gob.mx

En estos sistemas de producción cafetaleros, la fertilidad de los suelos se atribuye a la humificación y mineralización de la materia orgánica constituida por la hojarasca proveniente del arbolado; entre los efectos del huracán, los testimonios revelan que después del meteoro los árboles emergentes quedaron destrozados; el arbolado de la columna vertebral y en general de los cafetales quedaron defoliados; el escurrimiento superficial provocó remoción de la materia orgánica acumulada sobre la superficie del suelo; también es de suponer que los suelos se lixiviaron, este agroecosistema realizó la protección de las cuencas hidrológicas que abastecen a Huatulco, Puerto Escondido, sin embargo la pérdida de la fuente de materia orgánica y de nutrientes en los suelos cafetaleros provocó la erosión en la economía regional, ya que los suelos se empobrecieron en su fertilidad y la productividad mermó.

### 7.4.3 Rendimientos de café

Los testimonios obtenidos mediante entrevistas en campo, 10 en cada comunidad cafetalera revelan que antes del Huracán Paulina se producían de 12 a 15 quintales de café/ha; hoy en día en el proceso de restauración, 16 años después, los cafetales tienen 81% de sombra, la altura promedio de los árboles emergentes es de 24 metros, se estiman 7,000 kilos de hojarasca/ha sobre la superficie del suelo; 449 árboles/ha; con un rendimiento medio de 2.9 quintales de café/ha.

El huracán Paulina fue un evento extraordinario que afectó a la Costa Chica de Oaxaca, en particular a la zona cafetalera. El arbolado de los cafetales bajo sombra, que forma un sólo dosel en los terrenos escarpados, ofrecieron resistencia al viento y a la lluvia evitando en gran medida que la erosión hídrica y la remoción de masa hubiera incrementado el desastre, en las partes bajas de las cuencas donde se encuentran los polos turísticos: Huatulco y Puerto Escondido; caso contrario ocurrió en Acapulco.

Pese a la capacidad de regeneración de la selva, los suelos cafetaleros no han recuperado su fertilidad, lo que se manifiesta en bajos rendimientos del aromático, que se traducen en pérdidas para los productores de \$7,200.00 a \$9,600.00/ha/año en precios medios rurales del aromático.

El agroecosistema cafetalero rusticano que se identifica en la región Loxicha – Pluma Hidalgo permite identificar numerosas funciones:

1. Es un espacio geográfico donde la biósfera está fijando  $\text{CO}_2$  en fotosíntesis, con ello garantiza un intercambio de  $\text{CO}_2$  entre la atmósfera y la cubierta vegetal de la Cuenca del Río Copalita. Así los cafetales se desempeñan como sumideros de  $\text{CO}_2$ , que mediante la fotosíntesis producen carbohidratos.
2. El agroecosistema cafetalero representa una estrategia para conservar la biodiversidad arbórea del bosque de niebla, frenar el deterioro ambiental y comenzar a construir el desarrollo sustentable.

3. Los desastres hidrometeorológicos ocurridos en el Pacífico: Paulina, Carlota, Manuel a manera de ejemplo, han estado asociados a tormentas, deslaves, inundaciones, rápido y violento flujo y nivel de los ríos después de las tormentas y ciclones, incrementando el riesgo de inundaciones. Huatulco se ha protegido en parte de este tipo de desastres por la regulación que realizan los bosques, selvas y el agroecosistema cafetalero.
4. Conservar la cubierta arbórea del agroecosistema cafetalero rusticano, la cual tiene un color verde oscuro es absorber gran cantidad de energía, un cambio de uso del suelo, por ejemplo pastizales para la ganadería, logrará un color verde claro, lo que significa menor absorción de energía y mayor reflexión, lo cual afectará a la formación de nubes, niebla y neblina. El papel de regulación del cambio climático que desempeña el agroecosistema cafetalero es indiscutible.
5. Un cambio de uso del suelo, por ubicarse el agroecosistema cafetalero en la parte alta de la cuenca, volverá a la región muy vulnerable al escurrimiento superficial que potencialmente producirán las tormentas y ciclones. Además de la erosión de suelos.
6. La pérdida de fertilidad de suelos por la lixiviación de eventos hidrometeorológicos extraordinarios se verá incrementada; además la sedimentación en los ríos será un desequilibrio en el ciclo hidrológico en la cuenca, lo que conducirá a un mayor riesgo de inundaciones.
7. No proteger la vegetación de la parte alta de la cuenca, es incrementar la sedimentación que llegará al océano transportadas por los ríos que drenan al Pacífico, afectando seriamente al sistema de bahías, que son la base del sistema de la industria turística en Huatulco.
8. El agroecosistema cafetalero ha ayudado a estabilizar el paisaje regional, lo que ha permitido proteger a la Cuenca de las tormentas y ciclones tropicales;

así el sistema radicular del arbolado ha ayudado a disminuir el número de deslaves, lo que ha protegido a la infraestructura, incluso a las vidas humanas.

9. La pérdida del agroecosistema cafetalero, ya sea la modificación o destrucción del arbolado, resultará en un incremento significativo a los daños económicos que generen las tormentas tropicales y ciclones tropicales en el futuro, a manera de ejemplo está el caso del polo turístico Acapulco.
10. El agua es un recurso estratégico, particularmente en la industria turística de Huatulco, cuyo uso como agua potable y recreativo son indiscutibles, por ello es conveniente tomar medidas para fortalecer el agroecosistema cafetalero, regular el ciclo hidrológico de manera local en la Cuenca del Río Copalita y garantizar a los usuarios de la parte baja de la cuenca: pobladores, empresas de servicio, sector público y privado que requieren y utilizan agua, pero ello exige que a los pobladores de este servicio hidrológico, que son los poseedores y que conservan la cubierta arbórea que garantiza regular el flujo y la calidad de agua se les bonifique económicamente.

Las consideraciones expuestas, constituyen la base para sentar las bases de creación de un mercado de servicios ambientales, donde los actores involucrados y los servicios ambientales se encuentran identificados.

### **7.5 Cuenca del Río Copalita**

Una cuenca es un espacio geográfico, donde los aportes hídricos naturales son alimentados únicamente por las precipitaciones y el flujo ocurre en una desembocadura común, en este caso el Océano Pacífico, se ha delimitado el área que se denomina Cuenca del río Copalita, integrada por seis subcuencas, como se ilustra en la Figura 21, cuatro subcuencas cubren el 86%, como se muestra en el Cuadro 11, destacando por su importancia el Río Copalita con 44%, Río Tonameca con 19.83%, Río Cozoaltepec 12.47% y Río Limón - Coyula con 9.60%.

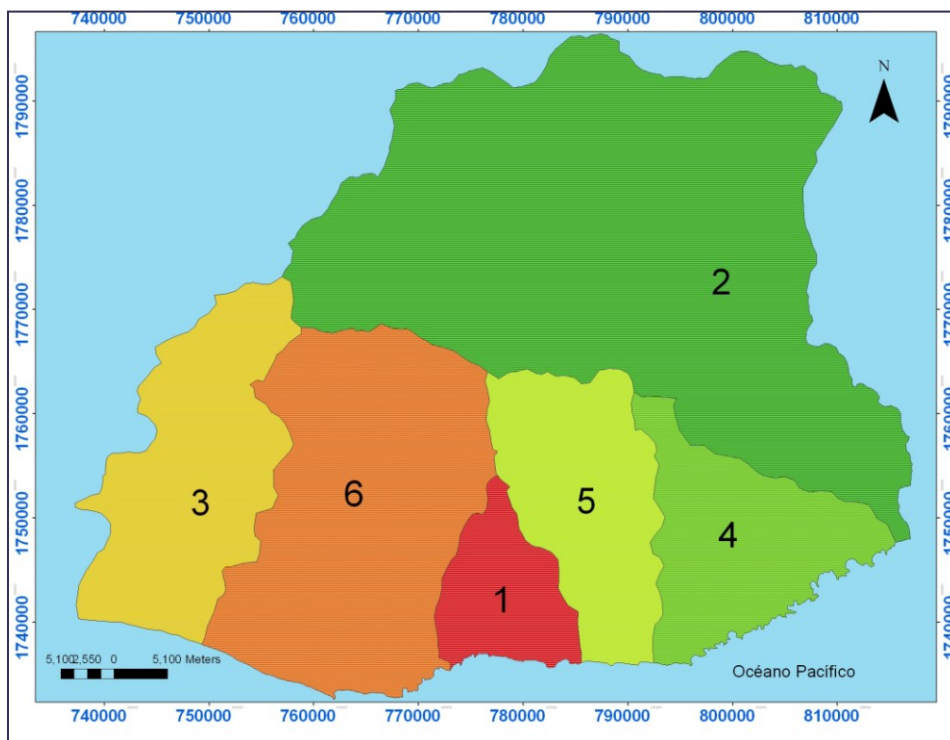


Figura 21. Subcuencas de la Cuenca del río Copalita. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Cuadro 11. Cuenca del río Copalita de la Costa de Oaxaca.

| N            | Subcuenca          | Superficie (ha) | %      |
|--------------|--------------------|-----------------|--------|
| 1            | Río Aguacate       | 15,641.99       | 4.56%  |
| 2            | Río Copalita       | 152,205.35      | 44.41% |
| 3            | Río Cozoaltepec    | 42,742.57       | 12.47% |
| 4            | Arroyo Cuajinicuil | 31,166.18       | 9.09%  |
| 5            | Río Limón - Coyula | 32,922.87       | 9.60%  |
| 6            | Río Tonameca       | 67,979.05       | 19.83% |
| <b>TOTAL</b> |                    | 342,658.03      | 100%   |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

El atlas forestal de México (1999) señala que a México se le reconoce como el cuarto país en importancia por su biodiversidad, destacando sus especies endémicas, en el caso del Bosque Mesófilo de Montaña, reporta una superficie de 1,411,879 ha, en altitudes de los 400 a los 1000 msnm, encontrando pequeñas porciones en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca, asociadas a un relieve escarpado en la zona montañosa. El Bosque Mesófilo de Montaña abierto tiene una cobertura de copa entre 10 y 40%

que representa el 72.25% de la superficie de este ecosistema, mientras que el Bosque Mesófilo de Montaña cerrado, su cobertura de copa es mayor a 40% y a nivel nacional, el atlas reporta 27.75%. De acuerdo a esta fuente el ecosistema de Bosque Mesófilo de Montaña representa el 0.99% del total de la superficie forestal, la cual asciende a 141.7 millones de hectáreas, esto significa que este ecosistema para el año 1999 representaba el 0.7% del territorio nacional, que de conformidad con Rzedowski (1977), había reportado que con los años 70's constituía el 1% del territorio mexicano.

En la cuenca del río Copalita se identifican 40,902 ha con presencia de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales se muestran en la Figura 22; este ecosistema es aprovechado por la introducción de cafetales, en el estrato arbustivo de la zona Mesófilo de Montaña virgen, Figura 23.

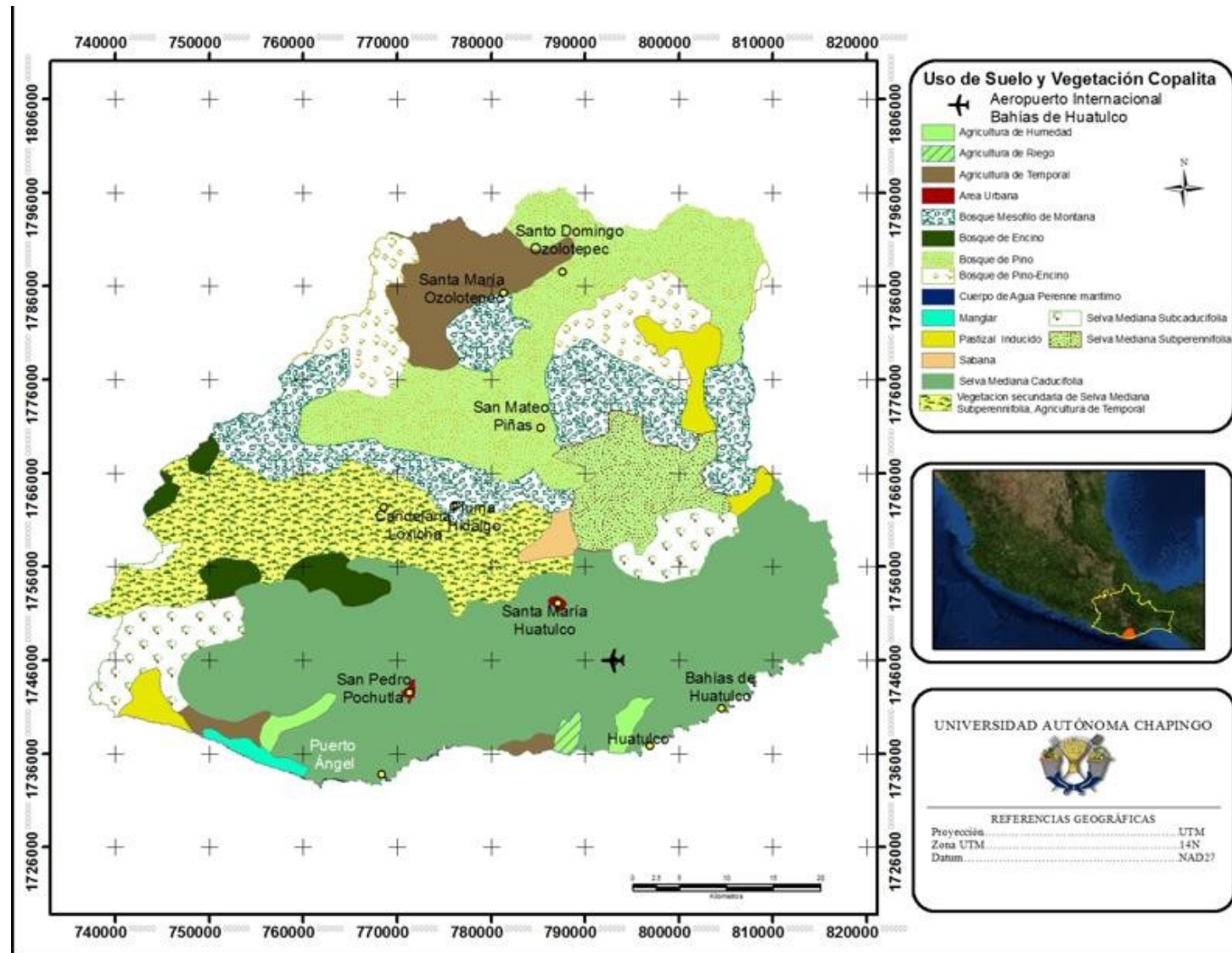


Figura 22. Uso de Suelo en la Cuenca del río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia, 2010.

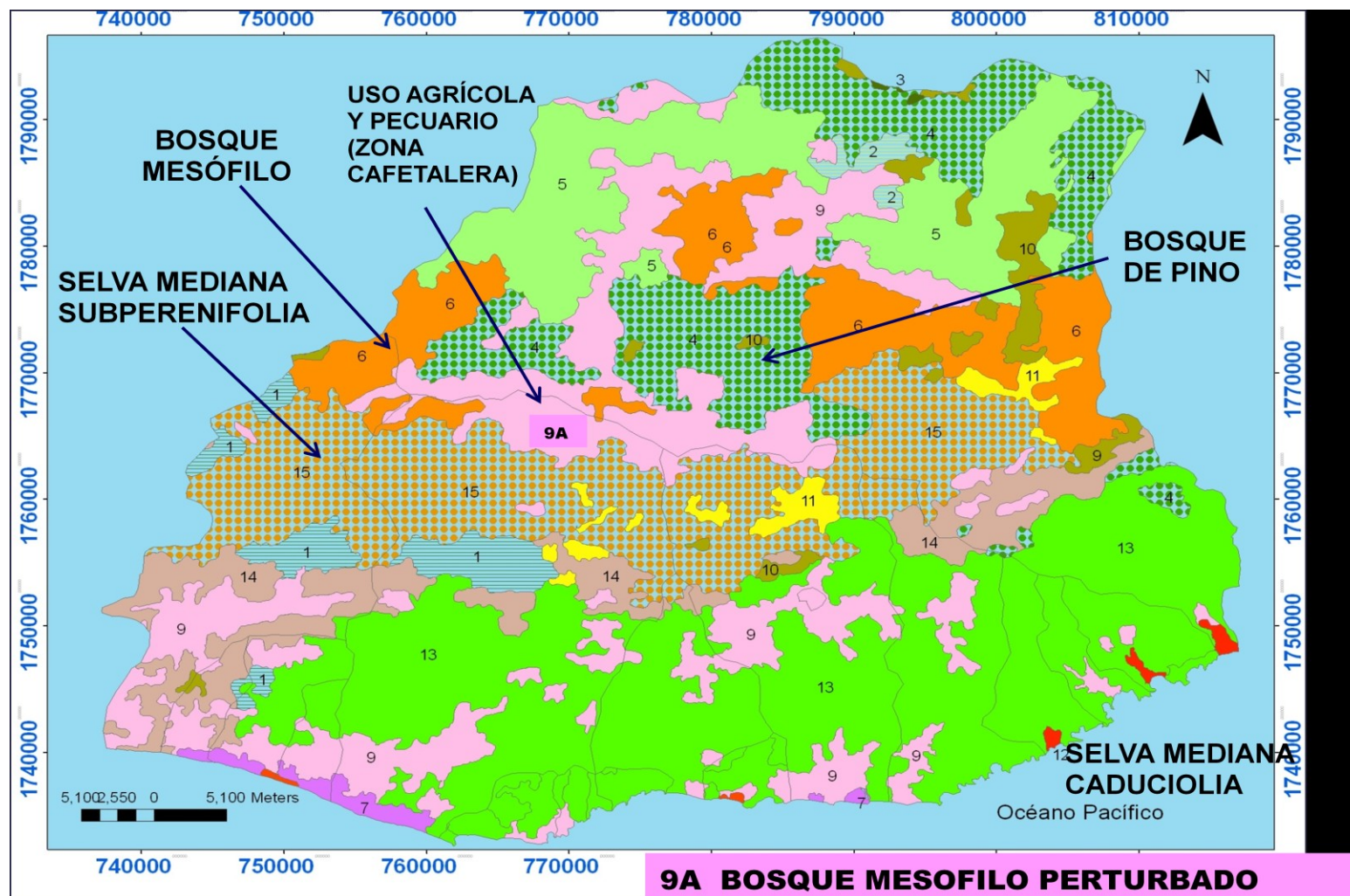


Figura 23. Uso del suelo en la Cuenca Río Copalita, destacando la el bosque mesófilo de montaña virgen y con perturbación. Fuente: Elaboración propia 2011.

### 7.5.1 Uso del suelo de la Cuenca del río Copalita

La cuenca tiene una extensión de 342,658.03 ha, donde se identifica que los ecosistemas se distribuyen paralelos a la línea del litoral, esto coincide con Köppen (1948), quien planteó que la vegetación se relaciona con la precipitación y la temperatura, criterios que actualmente se utilizan para la clasificación climática.

Paralelo al litoral del Pacífico destaca la selva mediana caducifolia con 27.53% cubriendo el área a estudio; en la parte oeste, entre el ecosistema anterior y el pastizal inducido se encuentra el bosque de encino con 2.47% de la superficie; en la parte este la selva mediana subperennifolia ocupa el 5.10%; el bosque mesófilo de montaña ocupa 40,902.12 ha (11.93%), identificándose tres corredores; (a) Loxicha-Pluma Hidalgo; (b) San Mateo Piñas hacia San Miguel del Puerto; y (c) en la porción sur de Santa María Ozolotepec. El archipiélago San Mateo Piñas – San Miguel del Puerto, se interrumpe por el uso del suelo de potreros (pastizal inducido). En la porción norte, teniendo como referencia San José del Pacífico destaca el bosque de pino con el 16.65% de la superficie. Los ecosistemas identificados se reportan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Uso del suelo en la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.

| ENTIDAD                                                                  | TOTAL     | %     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
| Selva Mediana Caducifolia                                                | 82,892.28 | 27.53 |
| Vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia, Café bajo sombra | 59,007.27 | 19.60 |
| Bosque de pino                                                           | 50,129.56 | 16.65 |
| Bosque Mesófilo de Montana                                               | 40,902.12 | 11.93 |
| Bosque de pino-encino                                                    | 19,124.02 | 6.35  |
| Selva mediana subperennifolia                                            | 15,339.27 | 5.10  |
| Selva Mediana Subcaducifolia                                             | 14,254.64 | 4.73  |
| Bosque de Encino                                                         | 7,421.09  | 2.47  |
| Pastizal Inducido                                                        | 5,678.95  | 1.89  |
| Agricultura de Humedad                                                   | 2,853.82  | 0.95  |
| Sabana                                                                   | 1,914.82  | 0.64  |
| Agricultura de riego                                                     | 848.76    | 0.28  |
| Area Urbana                                                              | 424.08    | 0.14  |
| Manglar                                                                  | 261.34    | 0.09  |
| Cuerpo de Agua Perenne marítimo                                          | 0.56      | 0.00  |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

El Bosque Mesófilo de Montaña se encuentra en cuatro subcuencas de la Cuenca del Río Copalita, como se muestra en el Cuadro 13. Destaca la subcuenca Copalita con el 75.62% de este ecosistema; la subcuenca San Agustín Loxicha tiene 9.92% de Bosque Mesófilo de Montaña; mientras que la subcuenca Candelaria Loxicha 9.65%; y finalmente la subcuenca Pluma Hidalgo con 4.79%. Esto revela que en cuatro subcuencas debe trabajarse de manera prioritaria.

Cuadro 13. Ecosistemas identificados en las seis subcuencas de la Cuenca del Río Copalita.

| No | ENTIDAD                   | TIPO                                                                       | SUBCUENCA<br>A SAN<br>AGUSTIN<br>LOXICHA | SUBCUENCA<br>CANDELARIA<br>LOXICHA | SUBCUENCA<br>SAN PEDRO<br>POCHUTLA | SUBCUENCA<br>PLUMA<br>HIDALGO | SUBCUENCA | SUBCUENCA<br>RIO COPALITA | TOTAL     | %     |
|----|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------|
|    |                           |                                                                            | 1                                        | 2                                  | 3                                  | 4                             | 5         | 6                         |           |       |
|    |                           |                                                                            | Sup (ha)                                 | Sup (ha)                           | Sup (ha)                           | Sup (ha)                      | Sup (ha)  | Sup (ha)                  |           |       |
| 1  | BOSQUE                    | Bosque Mesófilo de Montaña                                                 | 4,059.85                                 | 3,949.48                           |                                    | 1,960.21                      |           | 30,932.58                 | 40,902.12 | 13.59 |
| 2  | SELVA-AREA AGRICOLA       | Vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia<br>Café bajo sombra | 15,967.57                                | 19,325.96                          | 402.48                             | 8,208.82                      |           | 15,102.43                 | 59,007.27 | 19.60 |
| 3  | BOSQUE                    | Bosque de Encino                                                           | 3,763.17                                 | 3,657.92                           |                                    |                               |           |                           | 7,421.09  | 2.47  |
| 4  | SELVA                     | Selva Mediana Subcaducifolia                                               | 8,042.04                                 |                                    |                                    |                               | 1,561.27  | 4,651.33                  | 14,254.64 | 4.73  |
| 5  | SELVA                     | Selva Mediana Caducifolia                                                  | 1,107.54                                 | 28,313.96                          | 12,173.70                          | 16,625.16                     | 11,290.47 | 13,381.44                 | 82,892.28 | 27.53 |
| 6  | PASTIZAL                  | Pastizal Inducido                                                          | 185.47                                   |                                    |                                    |                               |           | 5,493.49                  | 5,678.95  | 1.89  |
| 7  | CUERPO DE AGUA            | Cuerpo de Agua Perenne marítimo                                            | 0.39                                     |                                    |                                    |                               |           | 0.17                      | 0.56      | 0.00  |
| 8  | OTROS TIPOS DE VEGETACION | Manglar                                                                    |                                          | 261.34                             |                                    |                               |           |                           | 261.34    | 0.09  |
| 9  | AREA URBANA               | Área Urbana                                                                |                                          | 111.54                             | 89.64                              | 222.91                        |           |                           | 424.08    | 0.14  |
| 10 | AREA AGRICOLA             | Agricultura de Humedad                                                     |                                          | 1,571.27                           |                                    |                               | 1,282.55  |                           | 2,853.82  | 0.95  |
| 11 | SELVA                     | Selva mediana subperennifolia                                              |                                          |                                    |                                    | 1,084.71                      | 1,148.36  | 13,106.20                 | 15,339.27 | 5.10  |
| 12 | BOSQUE                    | Bosque de pino                                                             |                                          |                                    |                                    | 2.99                          |           | 50,126.57                 | 50,129.56 | 16.65 |
| 13 | OTROS TIPOS DE VEGETACION | Sabana                                                                     |                                          |                                    |                                    | 1,914.82                      |           |                           | 1,914.82  | 0.64  |
| 14 | AREA AGRICOLA             | Agricultura de riego                                                       |                                          |                                    |                                    | 848.76                        |           |                           | 848.76    | 0.28  |
| 12 | BOSQUE                    | Bosque de pino-encino                                                      |                                          |                                    |                                    |                               |           | 19,124.02                 | 19,124.02 | 6.35  |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

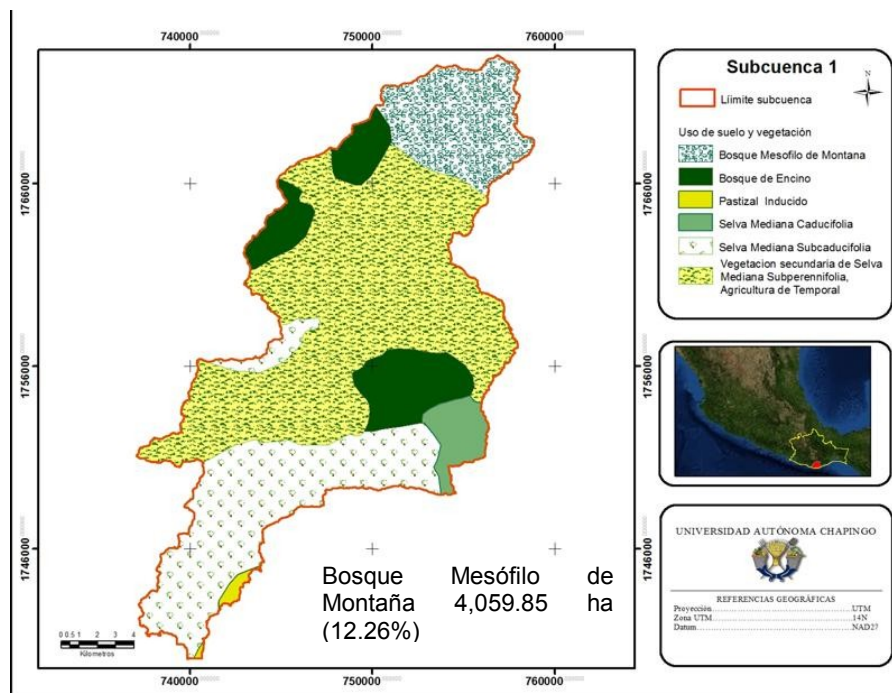


Figura 24. Subcuenca Río Cozoaltepec, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia 2010.

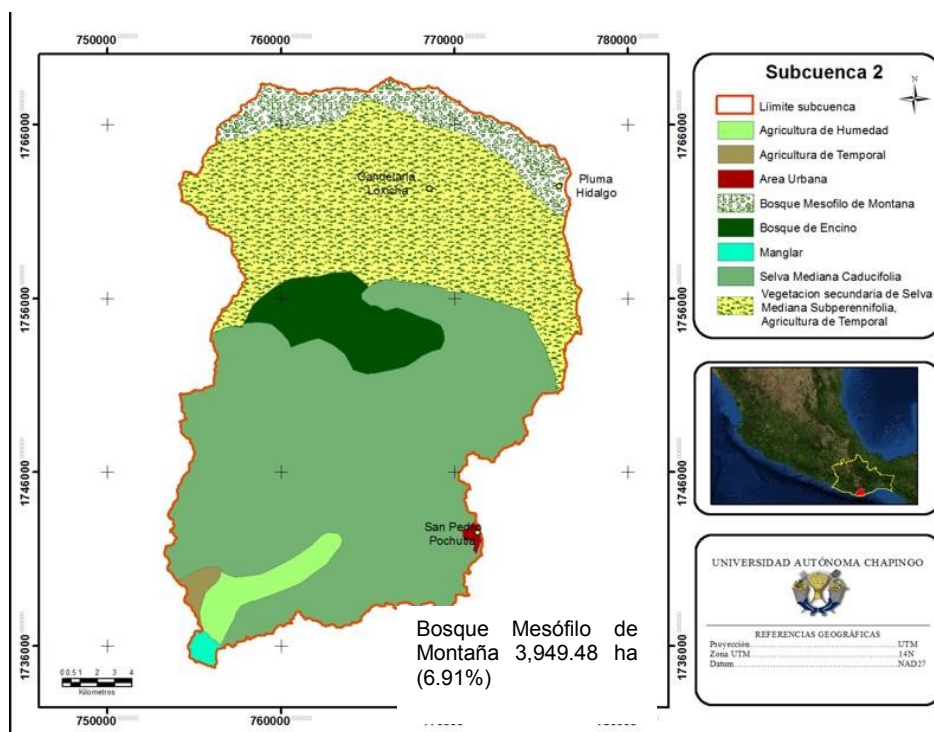


Figura 25. Subcuenca Río Tonameca, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia 2010.

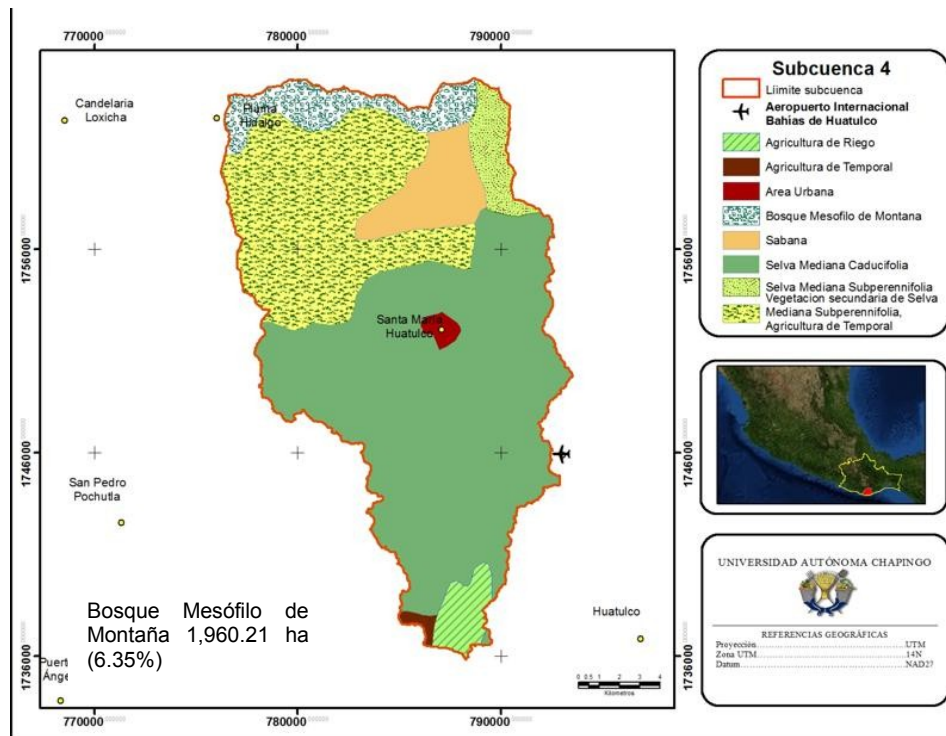


Figura 26. Subcuenca Río Limón-Coyula. Fuente: Elaboración propia 2010.

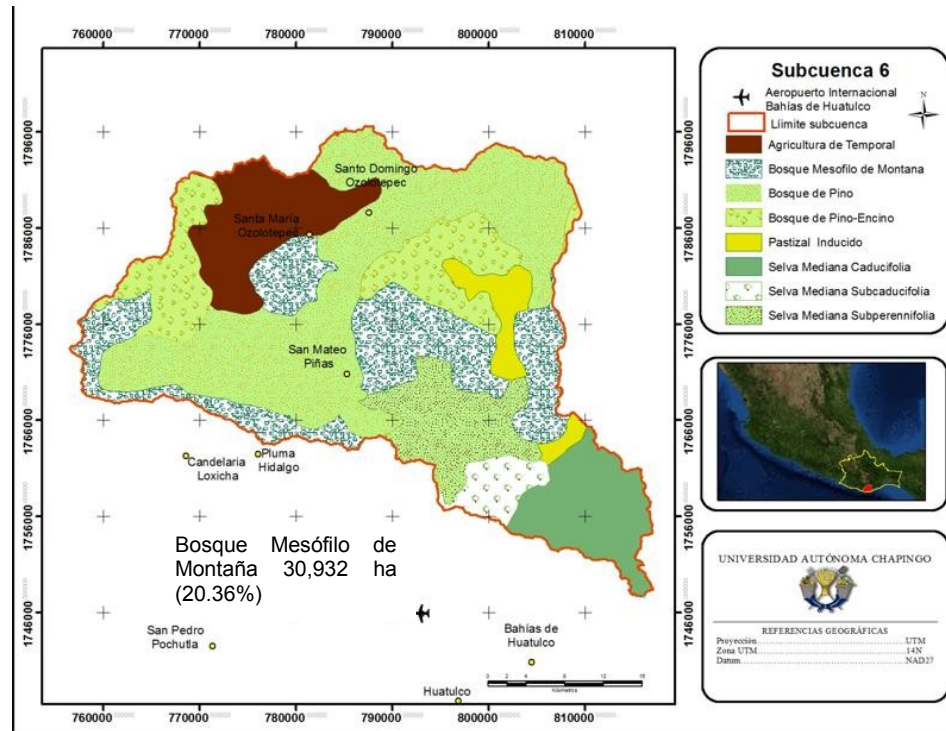


Figura 27. Subcuenca Río Copalita, Oaxaca. Fuente: Elaboración propia 2010.

La zona de cultivo de café bajo sombra suma 59,007.27, ha equivalentes a 19.60%, de la superficie explorada.

Cuadro 14. Café bajo sombra en las subcuencas de la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca.

| Subcuenca          | Café bajo sombra (ha) | %     |
|--------------------|-----------------------|-------|
| Río Cozoaltepec    | 15,967.57             | 27.06 |
| Río Tonameca       | 19,325.96             | 32.75 |
| Río Aguacate       | 402.48                | 0.68  |
| Río Limón - Coyula | 8,208.82              | 13.91 |
| Río Copalita       | 15,102.43             | 25.59 |
| <b>Total</b>       | <b>59,007.27</b>      |       |

Fuente: Elaboración propia, 2010.

La importancia de conservar este ecosistema es por el agua que se genera, la cual ocurre en regiones con mayor altitud, la Figura 28; ilustra el comportamiento de la precipitación.

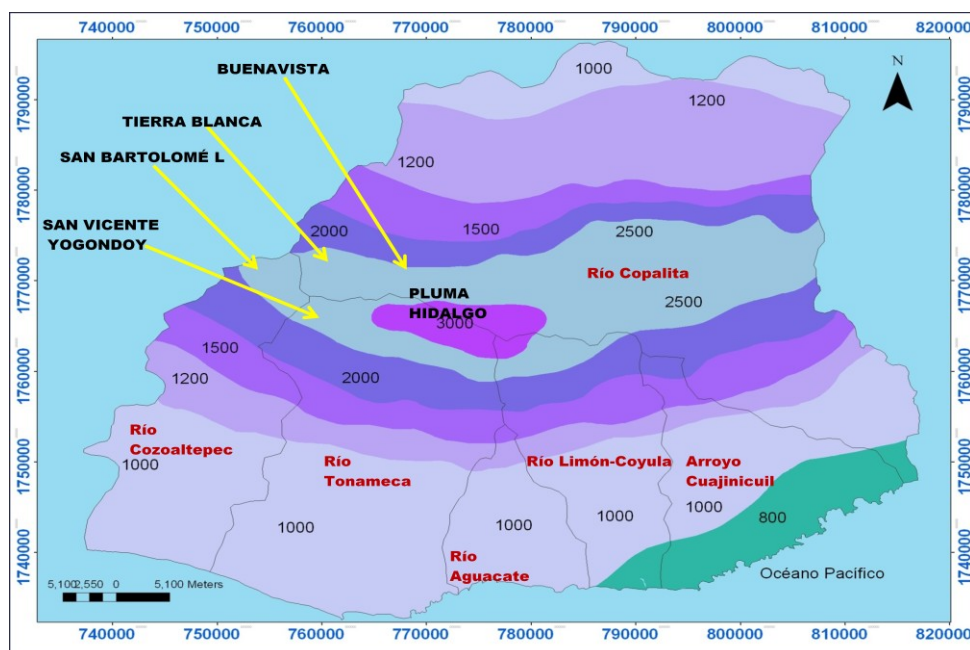


Figura 28. Precipitación (litros/m<sup>2</sup>), en la región Loxicha – Pluma Hidalgo. Fuente: Elaboración propia, 2013.

## 7.6 Agresividad de la lluvia en la Cuenca del Río Copalita, Oaxaca

La agresividad o erosividad de la lluvia es concebida como la capacidad potencial de causar erosión, la cual se mide con índices, destacan el  $EI_{30}$  y de Fournier. En México la precipitación es variable en el tiempo y en el espacio, así en la ruta de las trayectorias de las tormentas y ciclones tropicales esta se acentúa. Lo cual incrementa los riesgos naturales en las comunidades rurales asentadas en dichas regiones, donde es común que en las laderas carentes de cubierta vegetal sea muy activo el flujo superficial en la temperatura de lluvias, incluso cuando las lluvias diarias se prolongan ocurren deslizamientos y hundimientos, incluso se producen flujos de lodo en hidrometeoros extremos.

Estimar el riesgo de erosión hídrica representa una estrategia de evaluación de nuestro patrimonio suelo y es una alternativa para trazar políticas orientadas al manejo sustentable de los recursos naturales a nivel cuenca. En este contexto, se estimó la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión en la cuenca del río Copalita.

Se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) desarrollada por Wischmeier y Smith (1978). Para determinar los elementos del fenómeno erosivo y mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) se caracterizó cada variable en diferentes capas temáticas. La EUPS proporciona una estimación de suelo perdido (ton) por unidad de superficie (ha) y tiempo (año), la representación del riesgo de erosión es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S$$

Donde:

R= Corresponde a la agresividad climática, la cual se obtiene por la sumatoria de los productos de la energía de todos los eventos de lluvias anuales con sus respectivas intensidades máximas en 30 minutos.

K = Indica la susceptibilidad de los suelos a erosionarse.

L= Es la distancia del punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece hasta que ocurre sedimentación o el escurrimiento entra a una red de drenaje o a un canal construido.

S= Es el grado de inclinación de la pendiente.

A= Pérdida media anual de suelo en base al producto de los seis factores mencionados.

Se utilizó la información generada por Cortes (1991), quien determinó los valores del factor R a través de ecuaciones de regresión lineal en base a valores de isoerosividad. El área de interés se encuentra ubicada en la denominada región 10, la ecuación correspondiente es:

$$Y= 6.8938X + 0.000442X^2$$

Donde:

Y= R (Erosionabilidad del suelo).

X= Lluvia anual en mm.

La región de estudio suma 342,658 ha; se identifican 16 usos de suelo, como se reporta en el Cuadro 15, donde la mayor superficie corresponde a la selva mediana caducifolia con un 27%; las actividades agrícolas-pecuarias-forestales ocupan 17%; la selva mediana sub perennifolia el 15%.

Cuadro 15. Uso de suelo en la Cuenca del río Copalita y otras.

| N°    | Tipo                          | Superficie (ha) | (%)    |
|-------|-------------------------------|-----------------|--------|
| 1     | Bosque de encino              | 7,551.85        | 02.2%  |
| 2     | Bosque de encino-pino         | 1,594.52        | 00.4%  |
| 3     | Bosque de oyamel              | 141.10          | 0.04%  |
| 4     | Bosque de pino                | 35,218.91       | 10.2%  |
| 5     | Bosque de pino-encino         | 31,485.15       | 09.1%  |
| 6     | Bosque mesófilo de montana    | 27,354.69       | 07.9%  |
| 7     | Manglar                       | 2351.6          | 00.6%  |
| 8     | Zona urbana                   | 821.09          | 00.2%  |
| 9     | Bosque Mesófilo Perturbado    | 59,878.96       | 17.4%  |
| 10    | Pastizal inducido             | 7,061.33        | 02.1%  |
| 11    | Sabanoide                     | 4,425.36        | 01.2%  |
| 12    | Selva de galería              | 722.32          | 00.2%  |
| 13    | Selva mediana caducifolia     | 92,647.77       | 27.0%  |
| 14    | Selva mediana subcaducifolia  | 20,559.73       | 06.0%  |
| 15    | Selva mediana subperennifolia | 50,647.17       | 14.7%  |
| 16    | Sin vegetación aparente       | 196.40          | 00.05% |
| Total |                               | 342,657.97      | 100%   |

Fuente: Elaboración propia.

**Precipitación.** Se identifican siete regiones de precipitación, distribuidas a lo largo del área de estudio que se asocian a los valores de agresividad climática (R); la precipitación media anual oscila de 800 mm a 3000 mm. El rango de 1000 mm es el de mayor distribución de la cuenca ubicado en la parte baja como en la parte alta alcanzando 35% de la superficie; el rango de los 1200 mm cubre 18% ubicado en la parte alta y media de la cuenca; el rango de 2500 mm cubre el 14% de la región, ubicado en la parte media de la cuenca. El rango con menor distribución es el de mayor precipitación (3000 mm), con una cobertura del 2% ubicado en la zona central de la Cuenca.

**Cuencas.** En la región de estudio considerando las condiciones de topografía y drenaje se delimitaron seis cuencas: (1) Río Aguacate; (2) Río Copalita; (3) Río Cozoaltepec; (4) Arroyo Cuajinicuil; (5) Río Limón Coyula; y (6) Río Tonameca. El Cuadro 16 presenta la información de su superficie regional, exposición altitud máxima y forma.

Cuadro 16. Características físicas de las cuencas en el área de estudio

| N°           | Nombre             | Perímetro (m) | Superficie         | Exposición | Altitud Máxima (msnm) | Forma    |
|--------------|--------------------|---------------|--------------------|------------|-----------------------|----------|
| 1            | Río Aguacate       | 59,454.11     | 15,641.99          | Sur        | 900                   | Alargada |
| 2            | Río Copalita       | 205,574.57    | 152,205.35         | Sur-Oeste  | 3750                  | Alargada |
| 3            | Río Cozoaltepec    | 110,269.32    | 42,742.57          | Sur-Este   | 2202                  | Alargada |
| 4            | Río Limón-coyula   | 108803.99     | 31,166.18          | Sur-Este   | 1200                  | Alargada |
| 5            | Arroyo Cuajinicuil | 85,841.96     | 32,922.87          | Sur-Oeste  | 1595                  | Alargada |
| 6            | Río Tonameca       | 122,049.63    | 67,979.05          | Sur-Este   | 2205                  | Alargada |
| <b>Total</b> |                    |               | <b>342, 658.01</b> |            |                       |          |

Fuente: Elaboración propia.

**Agresividad Climática.** La mayor agresividad climática se ubica en la zona central de la cuenca con 3000 mm ocupa el 2.08% del área de estudio. Sin embargo cabe señalar que su ubicación coincide con los parteaguas de tres cuencas: Tonameca, Río Limón-Coyula y Copalita. Siguiéndole en orden de importancia, la región de 2500

mm, abarca 14.92%, ahí se encuentra el cultivo de café. La región que posee el mayor porcentaje con 35.41% es la categoría asociada a 1000 mm, que se distribuye en la parte baja asociada a la presencia de ganadería; también en la parte alta del parteaguas se identifica una zona de 1000 mm de precipitación.

Siendo R una variable que incrementa la intensidad de la erosión se destaca que las zonas con alta precipitación son de mayor susceptibilidad a erosionarse en caso que no cuenten con una cobertura vegetal adecuada. La Figura 29 exhibe los índices de erosividad de la lluvia en un plano de isoerosividad, el cual puede orientar el uso del suelo.

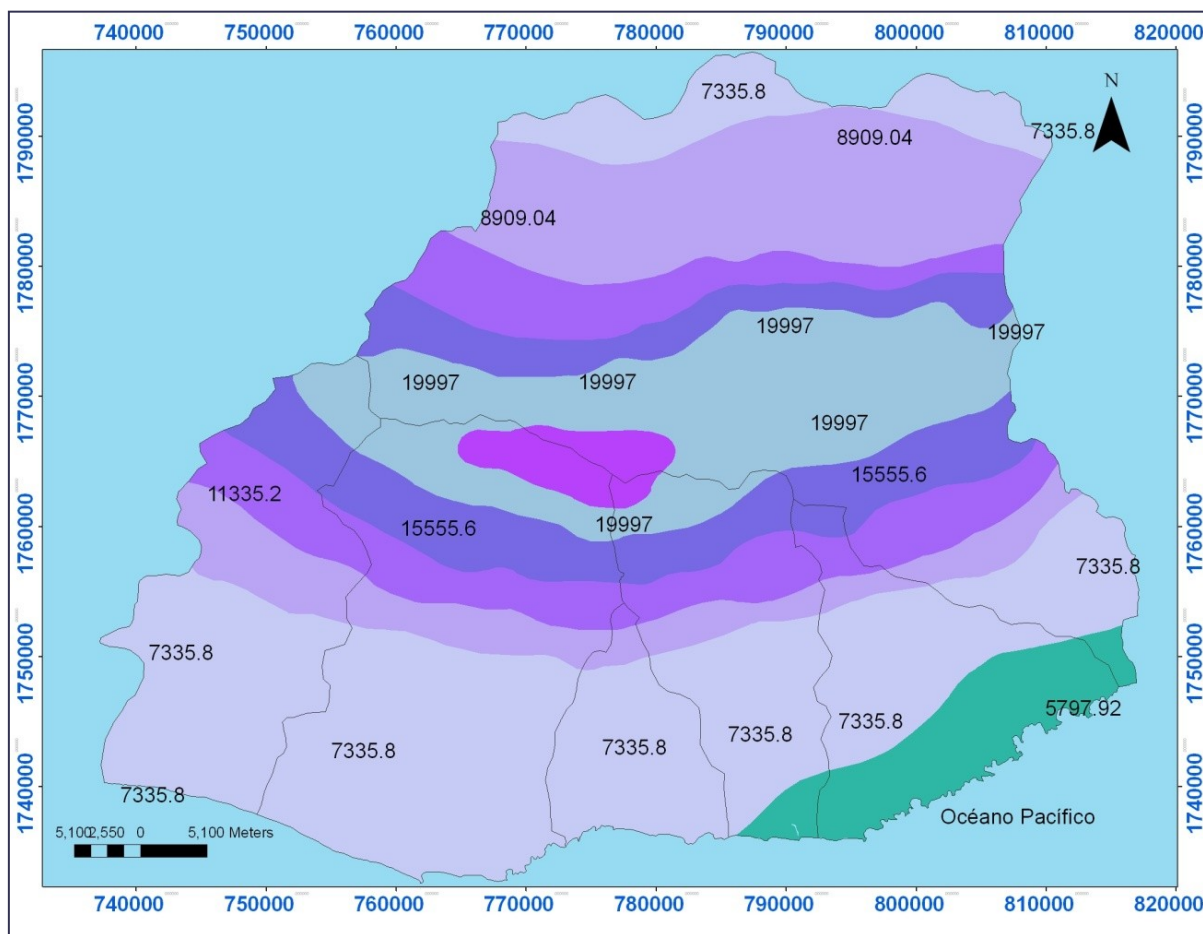


Figura 29. Representación gráfica de la variable R refiriéndose a la erosividad de la lluvia. Fuente: Elaboración propia, 2013.

**Riesgo de Erosión Hídrica.** El riesgo de erosión hídrica en las cuencas presenta los valores en un escenario de 95% de cubierta vegetal, como se reporta en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Pérdida de suelo al año con cubierta vegetal al 95%, en toneladas/año.

| Cuenca             | Volumen Total (Ton)   |
|--------------------|-----------------------|
| Río Aguacate       | 26,789.42             |
| Río Copalita       | 4,233,130.77          |
| Arroyo Cuajinicuil | 58,810.11             |
| Río Cozoaltepece   | 153,967.8             |
| Río Tonameca       | 449,595.21            |
| Río Limón-Coyula   | 282,084               |
| <b>Total</b>       | <b>5, 204, 377.31</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando una comparación gráfica se determinó que el mayor riesgo de erosión a un 95% de cubierta vegetal se localiza en la cuenca Río Copalita con un estimado de 4,233,130.77 toneladas potenciales a perderse, por ello debe mantenerse cubierta; un cambio de uso del suelo llevando la cubierta vegetal mínima al 80% en la cuenca de Río Copalita que es vulnerable a perder 19,508,933 toneladas de suelo anualmente, como se reporta en el cuadro 18.

Cuadro 18. Pérdida de suelo al año con cubierta vegetal al 80%, en toneladas/año.

| Cubierta Vegetal | Cuenca             | Volumen Total (Ton)   |
|------------------|--------------------|-----------------------|
| 80%              | Río Aguacate       | 627,05.16             |
|                  | Río Copalita       | 19,508,933            |
|                  | Arroyo Cuajinicuil | 114,135.3             |
|                  | Río Cozoaltepece   | 615,904.9             |
|                  | Río Tonameca       | 1,523,009             |
|                  | Río Limón-Coyula   | 2,281,535             |
|                  | <b>Total</b>       | <b>24, 106,222.36</b> |

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 30 ubica las áreas de mayor vulnerabilidad al riesgo de erosión con una cubierta vegetal al 80%, provocado por un cambio de uso del suelo, lo cual impactará

seriamente a la parte turística de Huatulco, lo que conducirá que el escenario de desastre que ocurre en Acapulco se replique en Huatulco.

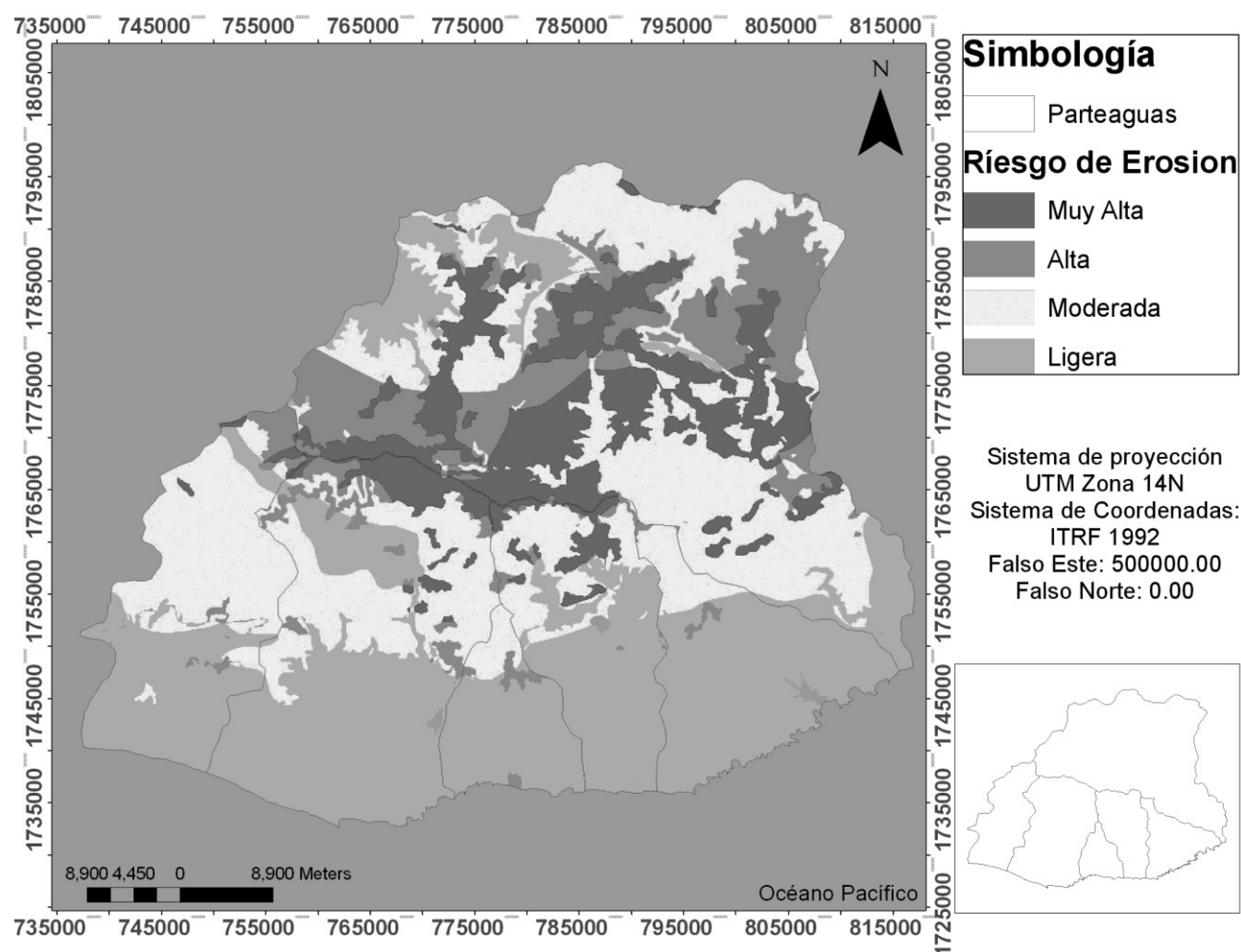


Figura 30. Riesgo de erosión hídrica con una cubierta vegetal al 80% en la cuenca del Río Copalita. Fuente: Elaboración propia.

La evaluación, revela que la cubierta vegetal en la sierra Sur de Oaxaca desempeña un papel de protección de los suelos, particularmente el agroecosistema cafetalero, lo cual es clave para la regulación hidrológica, la conservación de la biodiversidad, la protección de la industria turística y en general la protección de la sociedad rural que habita la región.

El papel de la cubierta vegetal en el proceso erosivo orienta que deben promoverse prácticas que contribuyan a conservar la vegetación y prácticas de conservación en las áreas que se desarrolla la agricultura y la ganadería.

## **7.7 El sistema de producción de café en la Región Loxicha – Pluma Hidalgo**

Las comunidades indígenas, desarrollan sistemas de producción rusticano y de policultura tradicional, donde el cafeto se ha introducido al bosque de niebla constituyendo un sistema agroforestal, la vegetación natural se conserva, no utilizan agroquímicos, entonces la producción orgánica certificada es un sistema alternativo para los cafeticultores, los consumidores obtienen beneficios en la salud, contribuyen a la seguridad ambiental en este caso de la selva Loxicha y reactivan a las comunidades indígenas en su búsqueda de vida digna.

**Proceso de producción del café en la región Loxicha.** El proceso de producción de café en San Bartolomé Loxicha, comunidad destrozada por el Huracán Paulina, se caracteriza porque todas sus plantaciones se encuentran bajo sombra, en las cuales la variedad dominante es Pluma Hidalgo (siendo la Típica en otras regiones, pero con características diferentes, esto se debe a que las condiciones de la zona Loxicha hacen de esta una nueva variedad).

Para producir café en la región se requiere principalmente conocer de los siguientes criterios: (a) época de siembra; (b) tipo de suelo; (c) condiciones climatológicas propicias para la producción de café; y (d) variedad de la semilla de café.

### **Viveros**

**Recolección de semillas y almacigo.** Para la obtención de la semilla, se requieren plantas de café que tengan buenas condiciones tales como: la productividad, que sean frondosas y vigorosas, que el fruto o semilla sea de buen tamaño y color y que además estén en excelentes condiciones, que la planta este en un suelo fértil, que la planta “madre” este en buen estado (no enferma). Estos criterios son necesarios para obtener una semilla con el mayor potencial.

La recolección de cerezas se realiza por los meses de noviembre y diciembre; primeramente se corta la cereza del árbol esta debe de tener características sobresalientes, luego se procede al despulpado (con la mano), inmediatamente se

pone a fermentar por una noche en tanques de fermentación. Al otro día se saca la semilla ya sin pulpa, se lava y se pone al sol todo lo que dure el día.

Luego se recoge y se almacena por un momento para luego ser sembrada esta semilla – dejando pasar como máximo una semana - en lugares como pueden ser semilleros o almácigos e incluso en envases o bolsas de plástico preferentemente de un color negro; estos se realizan por el mes de enero. El material que contiene la bolsa es una mezcla de tierra negra del cafetal con abono de hormiga arriera, ramas podridas y estiércol de vaca, La proporción elegida es la siguiente: 1 costal de tierra, 1 bulto de abono de hormiga arriera,  $\frac{1}{2}$  bulto de estiércol, 3 bultos de palo podrido. Para la elección del lugar en donde se establece el almácigo debe ser plano y con el agua disponible, las dimensiones del cobertizo son variables (pues dependen de las condiciones y necesidades del productor) poniendo sobre el área grava con arena y colocando sobre ella las bolsas.

El tiempo que tarda en crecer la planta varia, pero aproximadamente es de tres meses. Todo este tiempo que esta la semilla en el semillero o almácigo necesita ser regada, en promedio de dos a tres veces por semana, esto para proporcionar las necesidades de la planta en sus primeras etapas de desarrollo y darle características favorables para que pueda sobrevivir en condiciones naturales.

**Trasplante.** En cuanto a la época de trasplante, esta se realiza por los meses que comprende la temporada de lluvias, de mayo a noviembre; antes de esto se realizan deshierbes y aclareos para el acondicionamiento de la sombra.

Primero se realizan cepas (hoyos) con ayuda de palas o barretas sobre el terreno a una distancia promedio de 1.5 a 3 metros entre plantas y también de 1.5 a 3 metros entre surcos. Es en estas cepas donde se colocaran las plántulas a la hora del trasplante. Esta operación puede hacerla el productor o contratar jornales (el costo promedio en el municipio de un jornal por día oscila entre 100 y 150 pesos). El promedio de plantas de café que se tienen por hectárea oscila entre 1500 y 2500 plantas por hectárea en un trazo de marco real. Algunos agricultores aprovechan los árboles frutales como una posibilidad de brindarle sombra al cafetal en esta actividad

aprovechan mejor su terreno ya que los arboles les dan la sombra que necesitan y aparte sus frutos comestibles.

### **Manejo del cafetal.**

- (1) Fertilización: Por ser orgánicos, los agricultores no pueden utilizar fertilizantes, por lo tanto se ven en la necesidad de buscar otras alternativas a bajo costo, unas de las alternativas utilizadas son las compostas.
- (2) Podas: por lo general se realizan dos tipos de poda, una es cada año que es conocida como “poda de cariño”, esta consiste en cortar las ramas secas del cafeto. La otra se realiza hasta los 25 años, sólo que esta consiste en tumbar la planta completa desde el tallo para generar nuevos brotes y un mayor número de ramas.
- (3) Regulación de sombra: esta depende de las condiciones del terreno donde se establece el cultivo, pues hay terrenos donde hay exceso de sombra y pues en este caso solo realizan aclareos, pero en otros casos se ven en la necesidad de plantar algunos árboles, aunque por lo regular la mayoría de las plantaciones no presentan estos problemas.

**Manejo de malezas.** Al plantar el café cada año se hacen deshierbes, tres veces al año para evitar que la maleza crezca y tenga competencia con el cultivo, las malezas se controlan utilizando el machete. Para esta labor se utilizan de 1 a 2 jornales por hectárea generando un costo de \$400.00/ha.

**Manejo de plagas.** De igual manera otro factor limitante para la obtención de buenos rendimientos del cafeto son las plagas, destacando: la broca del café, esta regularmente se presenta en el mes de septiembre y su control es por medio de trampas. En segundo plano esta la roya su época de incidencia es en diciembre y una práctica de control que ellos usan es la poda de los arboles que dan sombra.

**Manejo de enfermedades.** Una enfermedad que se presenta es el ojo de gallo su época de incidencia es en la temporada de lluvias abundantes, aun no tienen una práctica de control para esta plaga.

**Rehabilitación del cafetal.** Es común encontrar en los cafetales plantas que ya están muy viejas o que sufrieron daños por factores climatológicos y es necesario reemplazarla. Las recepas se hacen a un lado del tallo de la planta que se va a quitar y se realizan en la época de lluvia para garantizar su sobrevivencia.

**Cosecha.** La cosecha se efectúa de manera manual en canastos, para la selección del grano los cafetaleros observan que el fruto presenta un color rojizo (cereza roja), esto denota que está listo el fruto para cortarse. Deben recolectarse todos los frutos maduros cuidadosamente, esto para proteger a la planta de cualquier daño.

**Beneficio húmedo.** El café recién cortado del árbol (café cereza) se lleva a la máquina despulpadora que es manual, esta máquina se encuentra dentro del terreno y donde hay disponibilidad de agua, luego el grano despulpado se coloca en tanques de fermentación que son de madera durante un día (24 horas). Después se lava y se pone a secar en petates sobre los techos de concreto durante 3 a 7 días dependiendo del estado del tiempo. Una vez que se seca, recibe el nombre de café pergamino y se embasa en costales de ixtle.

El agua que resultante del lavado del café se deposita en un pozo, en donde se absorbe toda el agua en la tierra y de esta forma no se contamina el agua de los manantiales, esta es una práctica de protección al ambiente.

**Beneficio en seco.** Es muy raro que se obtenga el café para beneficio en seco, ya que esta práctica no genera muchas ganancias y su consumo es familiar. A este café se le conoce como café capulín.

**Calidad del café.** Los factores que influyen en la calidad del café son: la altura sobre el nivel del mar, si es de sombra o no, la variedad, las labores del cultivo, la cosecha, el beneficio húmedo, el almacenamiento, por ejemplo: el café de San Bartolomé es de calidad, se encuentra entre los 1200 msnm; es café de sombra porque los cafetales presentan más de 11 especies diferentes de árboles para sombra, y una altura promedio de 22 metros, con 3 a 4 estratos, árboles emergentes con alturas mayores de 25 m y un porcentaje de sombra del 82%; es la variedad pluma hidalgo

la que se cultiva y posee características muy deseables para el consumidor; es orgánico, lo que eleva su valor y calidad, además de que su beneficio es beneficio húmedo. Todo esto está por encima de las exigencias de las normas de calidad del reglamento Europeo.

**Comercialización de café.** Ya que el café producido en esta región tiene un certificado de café orgánico, este se exporta a Europa principalmente a los países de Francia y Alemania. El precio que paga la organización por kg de café orgánico es de \$23 pesos, como un anticipo posteriormente que se ha vendido en el extranjero se realizan los finiquitos correspondientes. Estas comunidades tienen organizaciones de base que están integradas a CEPCO (Comercializadora Estatal de Productores de Café Orgánico de Oaxaca).

#### **7.7.1 Características de los cafeticultores de la región Loxicha**

Con base a las entrevistas realizadas en las 5 comunidades exploradas, los productores de café tienen una edad que va de los 50 a los 75 años, la mayoría de ellos tiene incompleta la primaria. Estas unidades de producción tienen en promedio 3.5 integrantes, todos tienen servicio de agua entubada, energía eléctrica, 70% de ellos cuentan con televisión, 30% posee refrigerador y 40% cuentan con estufa de gas, el resto todavía cocina con leña, en sus casas tienen pequeños huertos familiares y animales de traspatio.

En cuanto a los predios, se encontró que la extensión de estas plantaciones de café va de 3 a 14 hectáreas, con una edad promedio de 54 años; sin embargo se encontraron cafetales con edades de 70 y 86 años, además de identificó que en promedio las plantaciones del aromático tienen en promedio 82% de sombra encontrándose cafetales con 91% de sombra.

Los cafetaleros abonan sus terrenos con compostas aplicando en pequeñas cantidades; se encontró que solo el 60% de los productores usan trampas, mientras que el resto hace uso del control biológico; estas prácticas generalmente se utilizan para el control de la broca del café.

Los rendimientos del cafeto, han disminuido impactando a la economía de las comunidades, en promedio se encontró que cosecharon 38.15 kilogramos de café pergamino por ha, es decir, 0.75 quintales por hectárea, equivalentes en promedio a 4.8 quintales de producción, si se considera un cafetal que tiene 6.5 hectáreas de café. Los productores consideran esta baja en el rendimiento a que en el mes de octubre de 2008 azotó un fuerte viento en la región, y en enero del 2009 nuevamente vientos afectaron los cafetales, dañando árboles de sombra, señalando que la fertilidad del suelo no se ha podido recuperar, después del desastre del huracán Paulina.

La producción anual de café en promedio es de 128.8 kg y de acuerdo a este dato, el valor de la producción es de \$2,385.40 en promedio por año, teniendo como referencia el salario mínimo de acuerdo a la comisión nacional de salarios mínimos para la región C, donde se ubica el estado de Oaxaca correspondería a \$54.47, lo que significa 43.70 veces el salario mínimo por esta actividad al año. Alternando esta actividad de la cafecultura con la producción de maíz, el promedio de producción anual es de 1842.5 kg, su valor de producción es de \$7,783.75 en promedio, lo cual representaría 142.38 veces el salario mínimo.

La mayoría de las amas de casa se dedica a la ganadería de traspatio teniendo a las aves de corral como la principal, de las cuales se produce en promedio anualmente 8.8 de este tipo de ganadería, generando un valor de \$784.00 que representa 14.4 veces el salario mínimo.

## **7.8 Bienes y servicios ecosistémicos**

Actualmente se reconocen bienes y servicios ecosistémicos forestales, que representan aportaciones directas e indirectas a la economía de un país, y para el bienestar antropogénico. En los últimos años, la valoración de los bienes y servicios ecosistémicos comienza a ser objeto de estudios, partiendo de que los bosques desempeñan un papel crítico en la ecología, paisaje y desarrollo socioeconómico de los espacios geográficos arbolados, además comienza a reconocerse que son ricos en biodiversidad y son el hábitat de fauna y flora.

De esta perspectiva, se distinguen: (a) bienes de capital, que se entienden por las existencias de capital natural, es decir, áreas arboladas, de ahí la importancia de contar con los planos de uso del suelo de una región o una cuenca, en este caso de la Cuenca de Copalita; (b) producción, que es el valor de flujo de los bienes y servicios forestales. Los beneficios forestales que se pueden obtener se distinguen en cuatro categorías: (1) bienes forestales; (2) servicios ambientales; (3) beneficios socio-culturales; (4) activos forestales ambientales, donde el almacenamiento de carbono forestal es un activo, mientras que el flujo de retención de carbono forestal realizado mediante el proceso fotosintético en un bosque, es un servicio.

**(a) Capital forestal natural.** Aquí se consideran: (1) activos forestales; (2) activos de existencia; y (3) activos forestales ambientales.

**Activos forestales.** Las tierras arboladas se reconocen como activos económicos y su valoración es bajo un enfoque de transacciones comerciales, aquí se utilizan precios de mercado de la tierra, no vale lo mismo un suelo urbano, un suelo erosionado o un forestal. En el caso de la Cuenca del Río Copalita con una superficie de 321,128 ha, el 33.56% está en selva mediana caducifolia, el 14.65% es bosque de pino, el 11.96% es pino-encino, 5.07% selva mediana subcaducifolia, 4.55% selva mediana subperennifolia, 2.17% bosque de encino; en el 21.37% se ha modificado la cubierta vegetal para dedicarlo a la agricultura de temporal, pastizales, suelo urbano, principalmente. También se identifican los siguientes activos de existencia y activos forestales ambientales.

**(b) Bienes forestales.** Aquí se incluyen: (1) Incremento anual de madera; (2) productos nativos del bosque; y (3) productos forestales no maderables.

**(c) Servicios ecosistémicos.** Aquí se incluyen: (1) conservación de agua; (2) protección del suelo; (3) protección agrícola; (4) purificación del aire y regulación térmica; (5) suministro de oxígeno; (6) ecoturismo forestal; y (7) Conservación de la biodiversidad.

**(d) Beneficios forestales socioculturales.** Se identifican dos aspectos: (1) Oportunidades de empleo; y (2) Ciencia y educación.

Entonces el valor bursátil de los bosques considera: (1) los activos forestales ambientales; (2) la madera; y (3) las áreas forestales. El valor del flujo anual de los bienes y servicios ecosistémicos, se constituyen, por: (1) servicios forestales ambientales; (2) bienes forestales; y (3) beneficios socioculturales. Ante esta situación, se obtiene lo siguiente:

Cuadro 19. Servicios que proporciona el bosque con mercado actual y sin mercado actual.

| Servicios del bosque                         | Beneficios con mercado actual | Beneficios sin mercado actual |
|----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Mantenimiento del ciclo hidrológico          |                               | X                             |
| Conservación del suelo y de calidad del agua |                               | X                             |
| Paisaje, recreación y ecoturismo             | X                             |                               |
| Servicios culturales y religiosos            |                               | X                             |
| Regulación del microclima                    |                               | X                             |
| Combate al cambio climático                  | X                             |                               |
| Mitigación de desastres naturales            |                               | X                             |
| Diversidad biológica                         | X                             | X                             |

Fuente: Hueting et al., 1998.

Por otra parte, los aportes de los bienes y servicios ecosistémicos por sector económico, se identifican los siguientes:

Cuadro 20. Bienes y servicios ecosistémicos que participan en los sectores de la economía (agrícola, industrial y servicios).

| BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS | Sectores de la Economía |            |           |
|----------------------------------|-------------------------|------------|-----------|
|                                  | Agrícola                | Industrial | Servicios |
| <b>SERVICIOS</b>                 |                         |            |           |
| Captación de agua                |                         |            | X         |
| Regulación de gases              |                         | X          | X         |
| Belleza escénica                 |                         |            | X         |
| Investigación                    |                         |            | X         |
| <b>BIENES</b>                    |                         |            |           |
| Agua como insumo productivo      | X                       | X          | X         |
| Pesca y caza                     | X                       | X          |           |
| Madera                           | X                       | X          |           |
| Artesanías                       |                         | X          |           |
| Plantas medicinales              |                         | X          |           |

Fuente: Hueting et al., 1998.

## 7.9 Valoración Contingente

**Resultados de las encuestas aplicadas.** El trabajo de campo se caracterizó por recopilar información de corte transversal, la cual ha sido tabulada a partir de una encuesta; se aplicaron un total de 53 encuestas a la zona hotelera de bahías de Huatulco, de las cuales se descartaron 18 encuestas por no contener información coherente, quedando finalmente una muestra de 35 encuestas.

El cuestionario se dividió en tres partes, a saber: (a) cuestiones generales; (b) preguntas de percepción; y (c) descripción del escenario de valoración. El total de preguntas de la encuesta fue de 15 preguntas. La aplicación del cuestionario inició con una explicación detallada del objetivo del trabajo de investigación, dejando claro que el uso de la información es confidencial y restringido a uso universitario y que los resultados servirán para hacer propuestas que coadyuven al manejo y conservación del bosque mesófilo de montaña de la región Loxicha, Oaxaca.

### 7.9.1 Cuestiones generales

De un total de 35 encuestas, 14.42% son hoteles de 2 estrellas, 37.14% corresponden a hoteles de tres estrellas; 37.14% de cuatro estrellas; 5.2% de 5 estrellas y 5.2 % pertenecen la categoría gran turismo. En promedio el porcentaje de ocupación en temporada alta es de 90.14%, en temporada media 51.83% y 31.57% en temporada baja. El total de hoteles por categoría se, presenta en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Número total de hoteles identificados en Bahías de Huatulco, Oaxaca.

| Categoría de hoteles | Cantidad | %     |
|----------------------|----------|-------|
| 1 Estrella           | 1        | 1.6   |
| 2 Estrellas          | 8        | 12.90 |
| 3 Estrellas          | 19       | 30.64 |
| 4 Estrellas          | 21       | 33.87 |
| 5 Estrellas          | 4        | 6.25  |
| Gran turismo         | 9        | 14.51 |
| Total                | 62       | 100%  |

Fuente: Elaboración propia, 2011.

Del volumen de agua que consumen los hoteles al mes, solo el 40% conoce cuántos metros cúbicos de agua consume al mes, mientras que el 60% restante no sabe, Figura 31; en cuanto a si conocen la cantidad que pagan en su recibo por el consumo de ese vital líquido, sólo el 17% identificó a cuánto asciende su recibo mensual, mientras que el 83% ignora a cuánto asciende el monto por el consumo de agua.

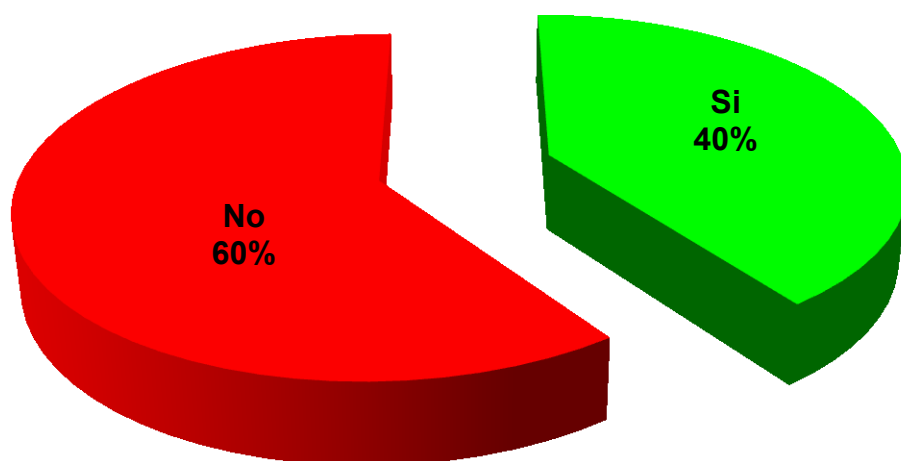


Figura 31. Nivel de conocimiento de los gerentes respecto al volumen de agua que consume el hotel mensualmente. Elaboración propia con base a encuestas, 2011.

Dentro de las facultades que tienen en el hotel los gerentes, sólo el 74.28% tiene autorización para manifestar cual es su disposición a pagar, mientras que el 25.71% restante carece de esta facultad.

#### **7.9.2 Preguntas de percepción**

En esta sección de preguntas se encontró que el 48.57% de los gerentes encuestados considera que tiene un nivel bajo en cuanto a su nivel de conocimiento de los servicios ambientales que proporciona el bosque de niebla en la región Loxicha-Pluma Hidalgo; el 31.42% considera que su nivel de conocimiento es medio; y sólo el 20% de los gerentes encuestados considera que tiene un nivel alto de conocimiento.

En la pregunta donde debían señalar los servicios ambientales que creían que proporcionaba el área arbolada de la parte alta de la región Loxicha, se observa que sólo el 54.28% identifican los servicios ambientales que proporciona la parte alta de la Cuenca, mientras que el 45.71% no percibe el beneficio de los servicios ambientales. En la cuenca se identifican 14 servicios ambientales, a saber: (1) regulación de gases con efecto invernadero; (2) regulación del clima; (3) prevención de desastres (inundaciones, tormentas); (4) regulación hídrica (provisión hídrica); (5) oferta de agua dulce; (6) retención de sedimentos y control de erosión hídrica; (7) formación de suelos; (8) reciclado de nutrientes; (9) control biológico; (10) refugio de especies; (11) producción de alimentos; (12) recursos genéticos; (13) recreación; y (14) servicios culturales (educación, investigación, estética, otros). Los gerentes que dicen saber del tema tenían que haber señalado estos completos ambientales, los resultados de esta percepción se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Número de servicios ambientales identificados por los gerentes de hoteles en Bahías de Huatulco que consideran que proporciona el área arbolada de la cuenca del río Copalita.

| HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS |
|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| 1     | 6                                   | 13    | 9                                   | 25    | 14                                  |
| 2     | 10                                  | 14    | 3                                   | 26    | 12                                  |
| 3     | 8                                   | 15    | 9                                   | 27    | 13                                  |
| 4     | 12                                  | 16    | 13                                  | 28    | 3                                   |
| 5     | 4                                   | 17    | 12                                  | 29    | 14                                  |
| 6     | 4                                   | 18    | 9                                   | 30    | 8                                   |
| 7     | 3                                   | 19    | 13                                  | 31    | 14                                  |
| 8     | 7                                   | 20    | 12                                  | 32    | 14                                  |
| 9     | 1                                   | 21    | 3                                   | 33    | 14                                  |
| 10    | 11                                  | 22    | 4                                   | 34    | 14                                  |
| 11    | 5                                   | 23    | 5                                   | 35    | 8                                   |
| 12    | 5                                   | 24    | 3                                   |       |                                     |

Fuente: Elaboración propia con base en encuestas, 2011.

La pregunta donde debían señalar los 14 servicios ambientales que el bosque mesófilo de montaña o de niebla de la región Loxicha – Pluma Hidalgo beneficia a la industria hotelera, sólo el 45.71% de los gerentes percibe dicho beneficio del bosque mesófilo de montaña, el 54.28% sólo percibe algunos servicios ambientales (menos de 9) con los cuales considera se beneficia la industria hotelera de Huatulco.

Cuadro 23. Servicios ambientales del bosque mesófilo de montaña de la región Loxicha-Pluma Hidalgo que identifican los gerentes se beneficia la industria hotelera.

| HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | HOTEL | SERVICIOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS |
|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| 1     | 8                                   | 13    | 5                                   | 25    | 14                                  |
| 2     | 5                                   | 14    | 5                                   | 26    | 12                                  |
| 3     | 5                                   | 15    | 8                                   | 27    | 7                                   |
| 4     | 13                                  | 16    | 9                                   | 28    | 4                                   |
| 5     | 4                                   | 17    | 12                                  | 29    | 13                                  |
| 6     | 4                                   | 18    | 4                                   | 30    | 14                                  |
| 7     | 2                                   | 19    | 10                                  | 31    | 14                                  |
| 8     | 7                                   | 20    | 13                                  | 32    | 14                                  |
| 9     | 14                                  | 21    | 1                                   | 33    | 14                                  |
| 10    | 14                                  | 22    | 4                                   | 34    | 14                                  |
| 11    | 6                                   | 23    | 6                                   | 35    | 6                                   |
| 12    | 9                                   | 24    | 2                                   |       |                                     |

Fuente: Elaboración propia, con base en encuestas, 2011.

En la pregunta relativa a la urgencia por realizar actividades de manejo y conservación al bosque de niebla de la región Loxicha-Pluma Hidalgo donde nace el río Copalita que produce el agua dulce que abastece, a la industria turística de Huatulco el 57.14% de los gerentes considera muy urgente; el 31.42% urgente y el 11.42% poco urgente, Figura 32.

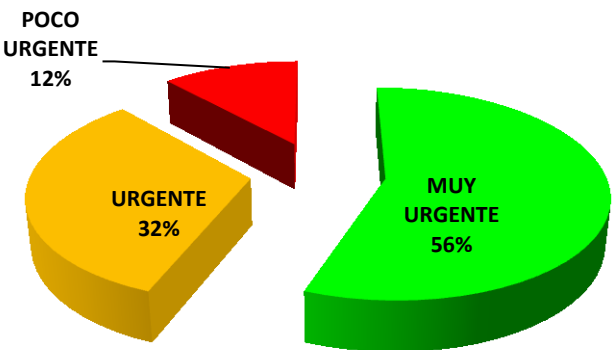


Figura 32. Nivel de urgencia por realizar actividades de manejo y conservación al bosque de niebla de la región Loxicha-Pluma Hidalgo para continuar con el abasto de agua dulce, en la industria turística de Huatulco. Elaboración propia, con base en encuestas, 2011.

### 7.9.3 Preguntas de valoración

En el escenario de valoración, el 45.71% de los gerentes conoce que en la zona arbolada de la región Loxicha se produce café de la variedad Pluma Hidalgo, que antes del huracán Paulina los productores tenían buenas cosechas del aromático y que su productividad disminuyó sensiblemente, lo que podría motivar un cambio en el uso del suelo y como consecuencia de ello la pérdida del ecosistema del bosque de niebla y en consecuencia del agua dulce que abastece al río Copalita, se verá disminuida.

En la pregunta de disposición a aportar con recaudaciones voluntarias para contribuir a la conservación del área arbolada, el 57.14% manifestó estar dispuesto a aportar; el 42.85% no está dispuesto a pagar por la conservación de este ecosistema como ilustra la Figura 33, de este último segmento el 80% considera que es responsabilidad del gobierno federal y de los programas existentes realizar la conservación; mientras que el 20% restante considera que el gobierno estatal es el que debe de pagar la conservación.

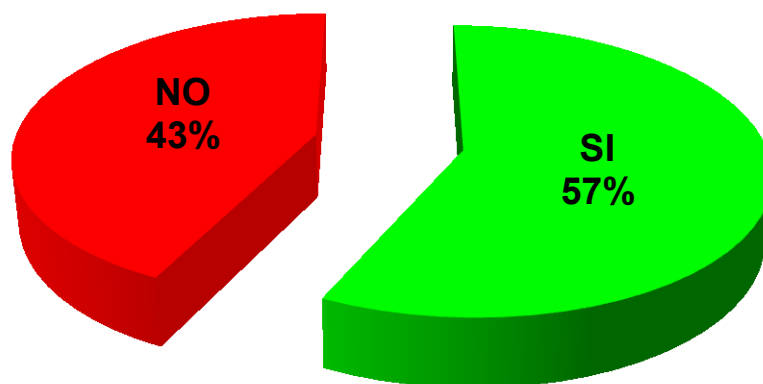


Figura 33. Disposición a pagar con recaudaciones voluntarias por parte de la industria hotelera de Huatulco para contribuir a la conservación del área arbolada del bosque de niebla. Fuente: Elaboración propia, con base en encuestas, 2011.

En la pregunta de cuánto estaría dispuesto a pagar, el 37.14% está dispuesto a aportar el 1% del costo de una habitación; el 11.42% de los hoteles el 2.5% del costo de una habitación; el 8.57% de los hoteles el 5% del valor de una habitación y el 42.85% no está dispuesto a pagar nada por conservar este ecosistema.

En la pregunta relativa a quién les gustaría que administrara el recurso para realizar las obras de manejo y conservación del bosque de niebla de la región Loxicha, los resultados muestran que: el 25.71% respondió un grupo organizado de la región Loxicha; el 22.85% manifestó que sea un grupo conformado por una ONG, un representante de la región Loxicha, un representante de los hoteleros y un equipo especializado de una Universidad Pública; el 14% opinó que sea una ONG; 8.57% respondió que sea el gobierno municipal; 8.57% que sea una universidad pública; 8.57% que se integre por una ONG, un representante de la región Loxicha, un equipo especializado de una Universidad Pública y un representante del gobierno federal, estatal y municipal; 5.71% considera que sea mediane un representante de los hoteleros y 5.71% el gobierno federal, como se ilustra en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Preferencias de la industria hotelera en el manejo de los recursos que aportarían para el manejo y conservación del bosque mesófilo de montaña.

| <b>OPCIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL FONDO ECONÓMICO PARA REALIZAR OBRAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN</b>                                                                                                | <b>TOTAL</b> | <b>%</b>   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| (a) Una ONG                                                                                                                                                                                            | 5            | 14.00      |
| (b) Un grupo organizado de la región Loxicha                                                                                                                                                           | 9            | 25.71      |
| (c) El gobierno federal                                                                                                                                                                                | 2            | 5.71       |
| (d) El gobierno estatal                                                                                                                                                                                | 0            | 0.00       |
| (e) El gobierno municipal                                                                                                                                                                              | 3            | 8.57       |
| (f) Un representante de los hoteleros de Huatulco                                                                                                                                                      | 2            | 5.71       |
| (g) Una Universidad pública                                                                                                                                                                            | 3            | 8.57       |
| (h) Un grupo conformado por una ONG, un representante de la región Loxicha, un representante de los hoteleros y un equipo especializado de una Universidad pública                                     | 8            | 22.85      |
| (i) Un ONG, un representante de la región Loxicha, un representante de los hoteleros, un equipo especializado de una Universidad pública y un representante del gobierno federal, estatal o municipal. | 3            | 8.57       |
| (j) Otro _____                                                                                                                                                                                         | 0            | 0.00       |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                           | <b>35</b>    | <b>100</b> |

Fuente: Elaboración propia con base en encuestas, 2011.

## 7.9.4 Resultados del modelo

### 7.9.4.1 Análisis del método de valoración contingente

El objetivo de la presente investigación utilizando el método de valoración contingente fue estimar la disponibilidad a pagar de la industria hotelera Bahías de Huatulco, como una aproximación de la variación compensatoria, este proceso se realizó mediante el análisis de un modelo logit – binomial.

En la regresión la probabilidad de responder SI a la pregunta de disponibilidad a aportar (1 = Si, 0 = No), siempre es la variable dependiente y la facultad del gerente a manifestar la disposición a pagar es siempre una de las variables independientes. Los resultados de la regresión del modelo logit binomial se presentan en el Cuadro 25. En dicho Cuadro se ilustran las variables utilizadas en la estimación, los coeficientes de cada variable y su respectivo estadístico ChiSq, los resultados del modelo muestran los signos de los coeficientes que acompañan a las variables son los esperados, hay buen ajuste (66.64%) en términos del Pseudo R-cuadrado.

Cuadro 25. Resultados del modelo logit-binomial, de la disposición a pagar de la industria turística de Huatulco, utilizando el método de valoración contingente.

| PARÁMETRO | DF | ESTIMACIÓN | CHI – CUADRADO | PR > CHISQ |
|-----------|----|------------|----------------|------------|
| Intercept | 1  | 2.5324     | 0.60           | 0.4368     |
| PSABIH    | 1  | 0.0458     | 0.03           | 0.8550     |
| CH        | 1  | -1.7298    | 2.02           | 0.1549     |
| PARAMAC   | 1  | 0.4066     | 0.14           | 0.7099     |
| CBSA      | 1  | -0.1929    | 0.43           | 0.5128     |
| FGMDAP    | 1  | -1.8251    | 1.26           | 0.2622     |
| CMA       | 1  | 3.8694     | 2.61           | 0.1061     |
| IAAOH     | 1  | 0.0147     | 5.19           | 0.0227     |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Al realizar el modelo por el método de un logit factorial, el cual es utilizado cuando se tienen dos o más variables categóricas independientes y una variable dependiente dicotómica; los resultados arrojados indican que el modelo es correctamente

significativo  $\text{ChiSq} < .0001$ , con un un Pseudo R-cuadrado de 66.54%, y un Max – rescalado R-cuadrado de 0.80, como se reporta en el Cuadro 25.

Cuadro 26. Resultados del modelo logístico factorial, de la disposición a pagar de la industria turística de Huatulco, utilizando el método de valoración contingente.

| PARÁMETRO                  | DF | ESTIMACIÓN | CHI – CUADRADO     | PR > CHISQ |
|----------------------------|----|------------|--------------------|------------|
| Intercept                  | 1  | 2.5324     | 0.6047             | 0.4368     |
| PSABIH                     | 1  | 0.0458     | 0.0334             | 0.8550     |
| CH                         | 1  | -1.7298    | 2.0229             | 0.1549     |
| PARAMAC                    | 1  | 0.4065     | 0.1383             | 0.7100     |
| CBSA                       | 1  | -0.1929    | 0.4283             | 0.5128     |
| FGMDAP                     | 1  | -1.8250    | 1.2571             | 0.2622     |
| CMA                        | 1  | 3.8690     | 2.6112             | 0.1061     |
| IAAOH                      | 1  | 0.0147     | 5.1894             | 0.0227     |
| Concordancia de porcentaje |    | 96.7       | D de somers        | 0.933      |
| Discordancia de porcentaje |    | 3.3        | Gama               | 0.933      |
| Porcentaje ligado          |    | 0.0        | Tau –a             | 0.471      |
| Pares                      |    | 300        | C                  | 0.967      |
| Pseudo R-cuadrado          |    | 0.66       | Max-rescalado R-sq | 0.8023     |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

El coeficiente de la variable PSABIH es positivo como se esperaba, esto indica que a mayor percepción de que los servicios ambientales benefician a la industria hotelera aumenta la probabilidad de responder positivamente a la pregunta de disposición a pagar para conservar del Bosque Mesófilo de Montaña de la Región Loxicha –Pluma Hidalgo. La variable CH tiene signo negativo, indica que entre mayor sea categoría del hotel, la probabilidad de obtener una respuesta positiva de parte del encuestado es menor. La variable PARAMAC, es positivo lo cual confirma, que los gerentes de los hoteles perciben el grado de urgencia de realizar actividades de manejo y conservación en el Bosque Mesófilo de Montaña de esta región, por lo que la probabilidad de responder positivamente a la pregunta de disponibilidad de aportación es mayor; la importancia de esta variable se debe fundamentalmente a que existe conciencia y conocimiento de la importancia de conservar este ecosistema.

La variable CBSA cuenta con signo negativo, esto indica que a menor conocimiento de los beneficios que aportan los servicios ambientales en general, disminuye la probabilidad de responder positivamente a la pregunta de disposición a pagar.

La variable FGMDAP, tiene signo negativo como se esperaba, esto indica que entre mayor sea la facultad del gerente, es decir, la toma de decisiones para hacer aportaciones o donativos, la probabilidad de obtener una respuesta positiva y de un mayor porcentaje de aportación por parte el encuestado es menor.

La variable CMA, arrojó un signo positivo, esto indica que a mayor conocimiento de cuantos metros cúbicos se gastan de agua en un hotel por mes, tiene mayor conciencia de lo que cuesta este recurso vital y de lo que afectaría al hotel no contar con este recurso, por lo tanto la probabilidad de obtener una respuesta positiva es mayor.

La variable IAAOH resultó con signo positivo como se esperaba, lo cual indica que a mayor ingreso derivado de la ocupación hotelera en sus diferentes temporadas (alta, media y baja), la probabilidad de obtener una respuesta positiva por parte del encuestado es mayor.

### 7.9.5 Análisis de la disposición a aportar

Una vez analizado y validado el modelo econométrico, se procedió a estimar la disponibilidad a pagar, para ello con la regresión obtenida se hace la sumatoria de los coeficientes de las variables independientes multiplicados por su valor en cada caso, incluyendo la constante, y se divide ese total por el coeficiente de la variable FGMDAP con signo negativo.

Teniendo en cuenta los resultados econométricos del Cuadro 25, se procedió a estimar la DAP para cada entrevistado, con base a la siguiente fórmula:

$$DAP = \frac{2.5322 + 0.0458PSABIH - 1.7296CH + 0.4065PARAMAC - 0.1929CBSA + 3.8690CMA + 0.0147IAAOH}{-1.8250}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 35$$

Cuadro 27. Resultados de la DAP, modelo logit - binomial.

| <b>Variable</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación<br/>estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Casos</b> |
|-----------------|--------------|--------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| DAP             | 2,127.15     | 8,943.46                       | -3.62         | 52,098.59     | 35           |

Fuente: Elaboración propia, con base a resultados del software SAS SYSTEM 9.2.

La DAP media resultó de \$2,127.15 pesos y un valor máximo de \$ 52,098.59, estas variaciones se deben al tamaño y categoría de los hoteles, por ende de las tarifas, las cuales se diferencian por la temporada (alta, media y baja) y el porcentaje de aportación por cada hotel. Al realizar la sumatoria de lo que estarían dispuestos a aportar al año se recaudarían \$ 74,463.97 pesos, destacando que esta cantidad corresponde a los 20 hoteles que respondieron si a la DAP.

#### 7.9.6 Simulación del modelo logit binomial

En esta sección se realizó un análisis de simulación para la variable del modelo logit IAAOH, se pretende conocer en cuanto se incrementarían sus ingresos si la ocupación hotelera se incrementara en un 5 y 10% en las tres temporadas del año (alta, media y baja), arrojando los siguientes resultados.

Cuadro 28. Resultados de una simulación en el incremento de la ocupación hotelera.

| <b>Concepto</b> | <b>Inicial</b> | <b>Incremento<br/>del 5%</b> | <b>Incremento<br/>del 10%</b> |
|-----------------|----------------|------------------------------|-------------------------------|
| N° DE HAB.      | 1278           | 64                           | 128                           |
| IAAOH           | \$ 74,464.44   | \$79,086.71                  | \$83,714.46                   |

Fuente: Elaboración propia, 2013.

Estos resultados indican que la elasticidad ingreso es 0.83 si hubiese un incremento en la ocupación hotelera del 5% en el año tomando en cuenta las tres temporadas, y si el incremento fuera del 10% la elasticidad ingreso sería de 0.80, lo que indica que

cuando los ingresos de los hoteles aumentan, las aportaciones crecerían en una menor proporción.

### **7.10 Discusión de la revisión de literatura**

En México el agua se utiliza en diferentes usos: (1) consumo humano; (2) higiene y usos domésticos; (3) en los ecosistemas; (4) en la producción de alimentos; (5) en la vida animal (acuacultura, ganadería); (6) en actividades recreativas, deportivas y terapéuticas (natación, water pool, hidroterapia, spas, balnearios rafting, kayakismo, canotaje, velerismo, pesca); (7) turismo: albercas, regaderas de alta presión, baños de tina, W.C., el riego constante de jardines permanentemente verdes, lavado diario de sábanas y toallas en los hoteles, se estima que un turista consume entre cinco y siete veces más agua que la población local; (8) servicios: abastecimiento de agua potable a hoteles, restaurantes, accesorias, establecimientos comerciales y grandes consorcios; (9) transporte (canoas, barcos); (10) procesos industriales, destacando el agua embotellada; (11) generación de energía eléctrica. El agua dulce en el planeta representa sólo alrededor del 2.5% de la hidrósfera y es vital para la vida y la economía humana, por ello el agua de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es un derecho humano, así el cuerpo humano compuesto entre 55 y 78% de agua, dependiendo de su edad, medidas y complexión requiere una ingesta diaria de 2.7 a 3.7 litros de agua, como consumo diario, incluyendo el agua contenida en los alimentos, además la Organización Mundial de la Salud recomienda 80 litros para atender las necesidades vitales de tipo doméstico e higiene personal/día/habitante (OMS, 2003).

En esta concepción de los derechos humanos, los objetivos de desarrollo del milenio propuestos por la ONU, en su objetivo 7 plantean garantizar la sustentabilidad ambiental, proponiendo para ello: (a) la adopción de medidas para abatir el efecto invernadero; (b) reducir la pérdida de la biodiversidad reconociendo que los bosques cumplen la función de mitigar el cambio climático, conservan la biodiversidad, el suelo y el agua cuando son objeto de un manejo sustentable; y (c) transitar hacia el acceso sustentable a agua potable y servicios de saneamiento, reconociendo que alrededor de 1000 millones de habitantes del planeta no tienen acceso al agua

potable, aún cuando no hay escasez global del agua, esto es un reto para los países que han suscrito tal compromiso, donde México participa.

En la sociedad contemporánea, en algunos países se viene advirtiendo sobre los retos que plantea la escasez de este líquido vital y sus posibles consecuencias para la supervivencia, incluso la convivencia dado que se tienen ejemplos de guerras por el agua, así la supremacía Israelí de tierras cisjordanas tiene como propósito el control de este líquido.

En el México prehispánico, así como en otras culturas, el desarrollo de las civilizaciones ha sido alrededor del agua: ríos y lagos; así en alguna etapa de la sociedad el agua permitió crear visiones míticas y religiosas, por ejemplo en el mundo mesoamericano Tlaloc se asocia a nubes, precipitación, corrientes de agua y se le organizaban peticiones de lluvia, por otra parte en la biblia se habla del Diluvio. Posteriormente en el desarrollo de la sociedad se otorga un valor al agua y se defiende para aprovecharla en procesos productivos donde destaca la agricultura, con la evolución del capitalismo el valor de uso otorgado al agua por los hombres para satisfacer sus necesidades básicas comienza a coexistir con el valor de cambio, donde ya se revela la conciencia de que los procedimientos hidroútiles, tienen valor y son mercancía, donde debe existir un precio, pero no del agua, esto explica que en el desarrollo incipiente de la sociedad contemporánea, el agua como bien de consumo era abundante y de buena calidad, situación que hoy comienza a discutirse.

El agua como derecho humano en México, la constitución en su artículo 27 establece que la propiedad de tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación, correspondiendo a la nación el dominio directo de todos los recursos naturales, aquí se establece que las aguas son propiedad nacional, constitucionalmente se marca el dominio inalienable e imprescriptible, pero abre la posibilidad de otorgar concesiones. En consecuencia el acceso al agua es un derecho fundamental y el agua no es una mercancía.

Lo que hace falta en México es concretar el artículo 4° constitucional, donde se añada un párrafo para establecer el derecho al acceso de agua suficiente, salubre,

aceptable y asequible. Una situación de esta permitiría concluir que en México el agua es un bien público y que su uso privado no podrá contravenir tal derecho, ello obligaría al Estado a dotar de agua potable a millones de ciudadanos que carecen de ella.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) reconoce el concepto de ecosistema y de recurso natural; la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) reconoce el concepto de ecosistema forestal y servicios ambientales, pero no el pago por servicios ambientales; la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de abril de 2004 es reglamentaria del artículo 27 constitucional y tiene por propósito regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para alcanzar su desarrollo integral sustentable, esta ley reconoce la concesión como un título que se otorga a personas físicas o morales públicas o privadas para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales. Esta ley reconoce el concepto de servicios ambientales pero no contiene absolutamente nada del pago de los servicios ambientales, tampoco señala el derecho de los mexicanos al acceso de agua suficiente.

La legislación mexicana permite ver que el agua legalmente tiene diferentes acepciones, constitucionalmente se trata de un bien común donde el Estado la regula y la administra mediante una red pública que trata de dotar de un consumo mínimo; también en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, es un bien público donde ninguna persona debe ser excluida o restringida del consumo; sin embargo en la actualidad comienza a ocurrir una confusión donde el agua es una mercancía, así se identifican comunidades donde las familias tienen que comprar el agua para consumo doméstico, lo que se debe pagar son los procedimientos hidroútiles como la extracción, el transporte, la potabilización, pero no el agua y hoy con frecuencia se percibe que entre la mala calidad del agua limpia para beber en México, ante el descuido de invertir en infraestructura hidráulica, los monopolios envasan agua a partir de concesiones otorgadas por el Estado: Pureza Vital (Nestlé), Bonafont (Danone), Ciel (Coca Cola), Electropura (Pepsico) y numerosas marcas de

empresarios del agua, ahí debe regularse el valor económico por los procedimientos hidroútiles que posibilitan el suministro del agua, pero no un pago por el agua.

Los servicios ambientales concebidos en la legislación mexicana, han sido vistos como bienes públicos y bienes comunes, en consecuencia la cosmovisión del ciudadano es que deben de ser gratuitos, así servicios ambientales, como la protección hidrológica a nivel de cuencas, la producción de agua, la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad, han sido utilizados a libre albedrío, han sido objeto de despilfarro y comienzan a presentar problemas de calidad y abundancia, estos servicios ambientales manifiestan una falla en el mercado nacional toda vez que jurídicamente no debieran ser comprados ni vendidos, en el caso del agua el gobierno mexicano en los últimos años ha venido reconociendo limitaciones para la inversión a la infraestructura hidráulica, sin embargo en 1992 la Ley Federal del Agua sentó las bases para convertirla en un bien económico y la versión 2004 aunque mantiene la rectoría del Estado sobre el agua, otorga la administración y gestión a empresas privadas, sin embargo en ningún momento reconoce algún instrumento de pagos por servicios ambientales para que los proveedores de los servicios ecosistémicos reciban compensaciones de los beneficiarios.

Los bosques se relacionan con el ambiente, en particular con las áreas adyacentes como cortinas rompevientos, modifican la temperatura y la humedad; así un bosque influye en la fricción del aire, favoreciendo el goteo que se produce por la niebla, ello incrementa la cantidad anual total precipitada por el suelo; el bosque intercepta la precipitación, influye en la infiltración del agua en el suelo y en la evapotranspiración. En el caso del agroecosistema cafetalero que nos ocupa, la niebla es una fuente de precipitación en la zona, el área arbolada representa una barrera al movimiento del aire, los tallos y hojas de numerosas especies permanecen con una temperatura menor a la ambiental y suman una gran superficie, donde ocurre la condensación y se forman las gotitas de agua, lo cual contribuye a la precipitación forestal en la región Loxicha. Sumado a las condiciones de la temperatura del aire en la masa arbolada con respecto a áreas desprovistas de vegetación donde la temperatura

máxima es mayor, en consecuencia las tasas de evaporación se incrementan. Estas condiciones deben protegerse para que el ciclo hidrológico no se interrumpa.

En el marco de la política pública del gobierno federal en años recientes en México se identifica el programa Pro-Árbol mediante el cual se otorgan estímulos a personas físicas y morales con terrenos forestales, donde se incluyen los servicios ambientales, cuya bonificación es hasta por cinco años, los servicios ambientales que se atienden son: captación de agua, mantenimiento de la biodiversidad y secuestro de carbono, sin embargo no se identifican instrumentos jurídicos económicos, ambientales, sociales y culturales que en un marco institucional el Estado sea el regulador o mediador para construir un mercado del pago por servicios ambientales, lo que se identifica son trabajos desarrollados para evaluar la percepción de beneficiarios directos e indirectos de los servicios ambientales para evaluar la disposición voluntaria para realizar pagos como mecanismos de conservación de los servicios ambientales.

Las diferentes leyes mexicanas que atienden lo relativo a los recursos naturales deberían tener precisión en definiciones legales y jurídicas como: ecosistema, servicios ambientales y pago por servicios ambientales. La lectura sobre experiencias del pago por servicios ambientales en países de América Latina y ejemplos mexicanos permiten plantear pasos básicos para construir un ejercicio de pago por servicios ambientales, que coincidiendo con Casas y Martínez (2008), son:

- (a) Comprensión del contexto legal mexicano y de las políticas públicas en relación a los servicios ambientales, donde para el caso mexicano el programa Pro-Arbol es una política pública que otorga un estímulo económico a los poseedores de los ecosistemas que brindan servicios ambientales, pero no es una política de construcción de un mercado de servicios ambientales o un instrumento para atender las fallas de un mercado para el agua.
- (b) Desarrollar una evaluación de los proveedores de servicios ambientales y la identificación de beneficiarios directos o indirectos, en el caso del agua los núcleos urbanos deben tener garantizada el agua, concebida como un bien público y un derecho humano, donde el Estado debe abastecer el servicio de

agua potable, cuya dotación debe cubrir las necesidades básicas de los residentes que tiene un costo, ejemplo como es el caso del pago de la energía eléctrica, en el caso de aquellos usos ajenos al doméstico como el industrial, turístico, otros, entonces el agua podría concebirse como una mercancía y el usuario debe aceptarlo como una mercancía, en el caso del turismo sólo mediante un pago por los servicios ambientales se podrá garantizar calidad y cantidad suficiente en el suministro futuro.

- (c) Valoración de la disposición a pagar, es una estrategia que ante la carencia de un marco legal para que los beneficiarios directos compensen a las partes altas de las cuencas, puede implementarse en la sociedad contemporánea mexicana, donde se trata de identificar la capacidad de pago voluntario tras la presión que sufren los ecosistemas, esto ante la carencia de una estructura de tarifas que se apliquen en el uso industrial, turístico, recreativo y otros que no son tutela del Estado.
- (d) Acuerdos sobre el pago de servicios ambientales, una vez identificada la disposición a pagar, deben elaborarse contratos que delimiten las responsabilidades de los proveedores de servicios ambientales, evidencias de conservación y restauración ambiental, evaluación y verificación de lo pactado, así como la periodicidad y monto de los pagos por parte de los beneficiarios directos e indirectos.
- (e) Implementación del caso, aquí se trata de que los poseedores de la tierra desarrollen los planes de manejo de restauración y conservación ambiental que garanticen los servicios ambientales pactados y justifiquen las inversiones requeridas, información de la sociedad, ordenamiento ecológico del territorio y un proceso de educación ambiental en todos los niveles de la sociedad.

El Estado debe reconocer que el agua es un bien o valor de uso carente de valor, que el ciclo hidrológico que es su proceso de producción natural, no es reproducible por el trabajo y con técnicas humanas, en consecuencia el agua no es mercancía. Son los procedimientos hidroútiles, como la extracción, entubado, purificación, potabilización, almacenamiento, transporte, entre otros; así como la conservación y restauración de las masas boscosas que son producto del trabajo del hombre, por

ello tienen valor, por ello la sociedad puede concebir tales procedimientos como mercancías. Entonces en la Cuenca del Río Copalita y en las demás cuencas, el mantenimiento, conservación y restauración del área arbolada contribuye al proceso de producción natural del agua planetaria, ello le da valor a no cambiar el uso del suelo como parte de un procedimiento hidroútil, ello es lo que justifica el Pago por Servicios Ambientales.

### **7.11 Discusión del recurso agua: bien público a bien económico**

La Ley de Aguas Nacionales de 1992 concibe que las aguas son propiedad de la nación en los términos del artículo 27 constitucional, también reconoce como uso doméstico, el volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades de los residentes de las viviendas. Esta ley preveía que este líquido aparte de ser vital es escaso, por ello se asumía la promoción del uso eficiente del agua y la conservación del ciclo hidrológico. Destaca de esta Ley el hecho de poderla concesionar por periodos mayor de 5 años y menor de 50 años, con derecho de prórroga, esa ley marcó la existencia donde los sistemas estatales o municipales de agua potable podrán subsistir con las concesiones realizadas a particulares. Aquí se inicia formalmente el abandono del Estado de este bien público, así a la Comisión Federal de Electricidad otorga sin mayor trámite la asignación de agua para la generación de energía, respecto a los otros usos como acuacultura, turismo, actividades industriales y otras actividades productivas, formalmente se abren las concesiones para la explotación uso o aprovechamiento de las aguas nacionales. Esta Ley marca un parteaguas, dado que jurídicamente otorga concesiones a particulares para la prestación de los servicios relacionados con el agua. De ninguna manera obliga a compensar a los poseedores de las tierras el pago por los servicios ambientales, particularmente por la producción de agua.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) vigente en México reconoce, lo siguiente: (1) el desarrollo sustentable del agua; (2) la participación de usuarios e interesados en la programación del agua; (3) reconocimiento de un mercado de derechos de agua; (4) los títulos de concesión para brindar certeza jurídica a los usuarios; (5) la existencia de un Registro Público donde se inscriben los usuarios; (6) la creación de los

consejos de Cuenca; (7) los servicios ambientales; y (8) uso del agua: ambiental, doméstico, en acuacultura, industrial, pecuario, urbano.

La fracción XVI del Artículo 3° de la LAN define a la Cuenca hidrológica, como la unidad territorial delimitada por el parteaguas y donde fluye el agua mediante una red hidrográfica de cauces que convergen en un río principal, con un punto de salida; en dicho territorio coexisten recursos naturales: agua, suelo, flora, fauna, otros. La cuenca se integra por subcuencas y microcuencas.

La fracción XXIX del mismo artículo, define la gestión integrada de los recursos hídricos, concebido como un proceso que promueve la gestión y desarrollo del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Para concretar este concepto se consideran el agua y el bosque, fundamentalmente.

Entonces, la gestión integrada por cuencas hidrológicas toma como referencia una unidad territorial de los aspectos hidrológicos y biofísicos, donde se pueden incorporar cuestiones sociales. Abordar el análisis del agua, las relaciones del aprovechamiento del agua entre las partes altas y bajas en una cuenca. Así, el interés de realizar un análisis a nivel de cuenca, es delimitar un territorio sobre el cual pueda discutirse y plantear propuestas que conduzcan a decisiones para administrar el agua como un patrimonio o como un capital ambiental; es una forma de reconocer al medio ambiente como una idea de manejo sustentable del agua ante las propiedades de las tierras donde ocurre la condensación, los usuarios del agua y los administradores (municipales, estatales y federales).

El Plan Nacional de Desarrollo Hídrico 2007 – 2012 (CONAGUA, 2008), contiene los principios de la política hídrica nacional, destacando: (1) que los ciudadanos mexicanos cuenten con servicios adecuados de agua potable y alcantarillado; (2) tratamiento y reuso de las aguas residuales; (3) que los sectores productivos cuenten con el agua requerida; (4) que se haga un uso eficiente del agua y se pague lo justo por su consumo; (5) que se conserven las fuentes de agua dulce. El Plan Nacional

hídrico reconoce tres usos del agua: (1) industrial que ocupa 9%; (2) público 14%; y (3) agrícola 77% (pecuario, acuacultura y múltiples). Con este vital líquido se genera el 13.2% de la energía hidroeléctrica, esta fuente reconoce que en 1994 se tuvo la mayor recaudación por concepto de pago por el uso, aprovechamiento explotación de las aguas nacionales, sin embargo en la actualidad la recaudación es menor a pesar de que los volúmenes consumidos son mayores.

Para la administración del agua, el país se ha dividido en 13 regiones hidrológico – administrativas, parte de la Costa de Oaxaca y Guerrero se reconoce como la Región Pacífico Sur. El área que nos ocupa, está comprendida en la región 21 conocida como Costa de Oaxaca. En la región Pacífico Sur se tiene una precipitación promedio de 1,119 litros/m<sup>2</sup> concentrándose el periodo de lluvias de mayo a octubre donde precipita el 93%.

La región de estudio es parte de la Sierra Madre del Sur y corre paralela a la Costa del Pacífico teniendo como referencia puntos turísticos como Huatulco y Puerto Ángel, su vertiente es hacia el Océano Pacífico, en la zona se integran cuencas y subcuencas pequeñas, las cuales no se logran sumar corrientes mayores más que el Río Copalita, ello explica la diversidad ecológica en flora y fauna.

Además, la LAN en el artículo 7° declara de utilidad pública, aspectos como: (a) la gestión integrada de los recursos hídricos a partir de las cuencas hidrográficas; (b) la protección, mejoramiento, conservación y restauración de las cuencas hidrológicas orientadas al establecimiento de los acuíferos; (c) el restablecimiento del equilibrio de los ecosistemas vitales vinculados con el agua; y (d) la prevención y atención de los efectos de fenómenos meteorológicos, extraordinarios que pongan en peligro a personas, áreas productivas o instalaciones.

## VIII. CONCLUSIONES

En la Cuenca del Río Copalita se delimitan 6 cuencas que cubren 342, 658.01 ha, donde el bosque de niebla ocupa 40,902 ha.

El riesgo de erosión hídrica al 80% de cubierta vegetal es de 24,106,222 toneladas/año; ello exige mantener la cubierta arbolada.

La región de estudio se ubica en el paso de tormentas y ciclones tropicales procedentes de la zona generatriz de huracanes del Golfo de Tehuantepec.

Las evidencias de calentamiento global en la región indican que la temperatura media ambiental se ha incrementado en 0.56°C; la temperatura media de las mínimas 0.43°C; y el promedio de las máximas 1.2°C. La humedad absoluta en el periodo de 1940 – 1970 era de 17.68 g de vapor de agua /m<sup>3</sup>, mientras que en el periodo 1970 – 2000 es de 15.77 g de vapor de agua /m<sup>3</sup>.

La información de los datos meteorológicos revela evidencias de cambio climático, incrementos en la temperatura ambiental y la condensación está ocurriendo en zonas más altas, lo ocasionaría que se perdiera la denominación de origen del café Pluma Hidalgo, de la región Loxicha.

La región Loxicha – Pluma Hidalgo, con base a los índices de Margalef y Menhinic tiene alta biodiversidad genética, por tal motivo en el agroecosistema cafetalero de la región Loxicha – Pluma Hidalgo, se encuentra potencial para el ecoturismo o turismo rural por la forma tradicional que se produce el café y por esta riqueza genética.

Se encontró que la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), reconoce los conceptos de ecosistema y recurso natural; la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), reconoce los conceptos de ecosistema forestal y servicios ambientales, por otra parte la Ley de Aguas Nacionales, reconoce la concesión como un título que se otorga a personas físicas o morales, públicas o privadas para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, reconoce el concepto de servicios ambientales, pero ninguna de ellas define el

concepto de pagos por servicios ambientales y quienes serían sujetos de pago, como lo hizo Costa Rica.

La industria hotelera tiene disponibilidad a pagar por conservar este ecosistema, al año se recaudarían \$74,463.97 pesos, cantidad que resulta insuficiente dado que en la región Loxicha existen 55, 291 productores que depende de la cafecultura cuyos ingresos anuales en promedio/año son de \$2,385.40, además de que sus cultivos demandan asistencia técnica ya que en su mayoría tienen plagas, desnutrición, bajos rendimientos; algunos cafecultores cuentan con apoyo gubernamental de pago por servicios ambientales, pero estos programas gubernamentales tienen una duración de 1 a 5 años.

## IX. RECOMENDACIONES

Dado que los ingresos potenciales por parte de la industria hotelera son escasos para hacer compensaciones a los cafetaleros de la región Loxicha – Pluma Hidalgo como una estrategia de conservar, garantizar y mejorar los servicios ecosistémicos, se propone incluir a las industrias que se benefician directamente de este recurso y se ha vuelto un negocio muy lucrativo, un ejemplo de ello es la industria del agua embotellada, cuyos ingresos tan solo en 2011 fueron de 10 mil millones de dólares, en México se consumen 243.6 litros de agua embotellada por persona, ello significa el primer lugar a nivel mundial en el consumo de este bien. Esta propuesta pretende mejorar los ingresos de los indígenas, con el propósito de que no se realice un cambio de uso del suelo, para ello, se requiere hacer partícipes a todas aquellas industrias que requieren este recurso para su operación y venta de sus productos, lograr esto, requiere hacer una modificación en la Ley Forestal de Desarrollo Sustentable; la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que incluya el concepto de pago por servicios ecosistémicos y los actores sujetos de este pago.

Dado que el cafeto exige alta humedad relativa, debe de promoverse la conservación y reproducción de *Alchornea latifolia*, especie arbórea que se caracteriza por condensar mayor vapor en agua.

Este aromático de la variedad Pluma Hidalgo que se produce bajo condiciones de manejo orgánico y bajo sombra debe de promoverse ante los consumidores como un café gourmet, ello requiere de una política que promueva la certificación como café de sombra en el marco del movimiento desarrollado por el Centro Smithsonian de Aves Migratorias; además el Estado en su política pública debe fomentar la cafecultura regional, los cafetales se encuentran desnutridos, con deficiencias en el manejo fitosanitario; situación donde los productores demandan apoyos técnicos para mejorar sus cafetales sin deteriorar la vegetación nativa y no transitar hacia un cambio en el uso del suelo, lo cual afectará al fenómeno de condensación.

En el futuro se recomienda desarrollar proyectos de inversión que fomenten el ecoturismo rural en esta región.

## CAPÍTULO X. LITERATURA CONSULTADA

- Aguirre D., C. M. 2006. Servicios Ambientales: Captura de Carbono en sistemas de café bajo sombra en Chiapas, México. Tesis de Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo – Departamento de Suelos. 85 pp.
- Arteaga R., J. 2009. Servicios Ambientales Hidrológicos en el Ejido de Canalejas de Otates, Zacualpan Veracruz. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniería Forestal – DICIFO.
- Azqueta, D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Ed. Mc GrawHill. Madrid.
- Azqueta, D. (1994): Valoración económica de la calidad ambiental. Ed. Alianza, Madrid.
- Baltodano, Ma. E. 2005. Valoración económica de la oferta del servicio ambiental hídrico en las subcuencas de los ríos Calico y Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Recursos naturales y ambiente. no. 48:57- 64.
- Becaue, P. 2001. Fragmentation et recomposition des identites autochtones dans quatre communautés des régions du Mexique. Recherches Amerindies au Québec, vol. XXXI, núm. 1:9-19.
- Benites A., J, Joaquín, J. Faustino, R. Villalobos, R. Madrigal. 2008. Identificación como base para el manejo participativo de los recursos naturales en la Cuenca del Río Otún, Colombia. Recursos naturales y ambiente. no. 55
- Bezauri, JE; Iglesias, GL. 2007. El papel de los servicios ambientales para evitar la deforestación en México. *In: Servicios de Ecosistemas en América Latina. Lecciones aprendidas en agua, bosque y ecoturismo.* Cartagena de Indias, Colombia. p. 17–26.
- Bishop J. y N. Landell M. 2006. Los servicios ambientales de los bosques. *In. La venta de servicios ambientales forestales.* S. Pagiola, J. Bishop y N. Landell-Mills. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. 463 pp.

- Bruijnzeel, L. A. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversión: a state of knowledge review. International Hydrological Program (UNESCO). Países bajos. 230.
- Caballer, V. 1993. Valoración agraria. Teoría y práctica. 3ª. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Cachanosky, J. C. 1994. Historias de las teorías del valor y del precio: Parte I. Revista Libertas. Instituto Universitario ESEADE. 100 pp.
- Calles, R. 2003. Evaluación del servicio ambiental hídrico de la cuenca alta del río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del área metropolitana de San Salvador. Recursos naturales y ambiente. no. 45:28-35.
- Campos P., De Andrés R., Urzainqui, E y Riera P. 1996. Valor económico total de un espacio de interés natural (In: Azqueta, D. y L. Pérez eds. Gestión de especies naturales: la demanda de servicios recreativos). Madrid. McGraw Hill. pp:193-215.
- Casas, A. y R. Martínez. 2008. Marcos legales para el pago por servicios ambientales en América Latina y el Caribe: Análisis de ocho países. Departamento de Desarrollo Sostenible. 45 pp.
- Castillo, F. 1996. Agrometeorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Chagoya, J. L. e Iglesias G., L. 2008. Esquema de pago por servicios ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México. En Políticas y Sistemas de Incentivos para el fomento y adopción de Buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación cambio climático en América Central. [http://www.unep.org/Themes/freshwater/PDF/LibroCompleto\\_LE-Noviembre.pdf](http://www.unep.org/Themes/freshwater/PDF/LibroCompleto_LE-Noviembre.pdf) consultado el 05 de Febrero de 2010.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. CONABIO-UNAM-AGRUPACIÓN SIERRA MADRE A. C.

Chivelet, J. (1999). Cambios Climáticos. Madrid: Mundo Vivo.

Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Medición del interés de los consumidores en el café de sombra mexicano: Evaluación de los mercados Canadá, México y Estados Unidos. Montreal Canadá. 40 pp.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2013. Trayectoria ciclónica del huracán Paulina. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios\\_veg/paulina/doctos/trayec.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/paulina/doctos/trayec.html), consultada el 15 de enero de 2013.

Cortez, T. H. G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México.

Costanza R., d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M., Hannon B., Limburg K., O'Neil R, Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., and van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*: Vol.387: 253-260.

Cisneros, J. 2005. Valoración Económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras. *Recursos naturales y ambientales* no. 51-52:143-152.

Comisión Nacional Forestal/SEMARNAT. 2007. Reglas de operación del Programa ProÁrbol. Primera Edición. 104 p.

Davidson, S. 2005. Shade coffee agroecosystems in México: A synopsis of the environmental services and socio-economic considerations. *Journal of Sustainable Forestry* 21:81-95.

Daily, G. C. 1997. *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC. 392 pp.

- Del Pino, J. O; Zamora, R; Oliet, J. A. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. Departamento de Ingeniería forestal. Universidad de Córdoba. Archivo PDF. 14 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2001. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. Estatuto Orgánico de la Comisión Nacional Forestal. Miércoles 11 de julio de 2001. p. 1–18.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de Pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos. Viernes 3 de octubre de 2003. p. 6–23.
- Diario Oficial de la Federación. 2004. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA–CABSA). Miércoles 24 de noviembre 2004. p. 1–22.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cuarta Sección. Acuerdo por el que se expiden las reglas de operación del Programa Pro Árbol de la Comisión Nacional Forestal. Viernes 28 de diciembre de 2007. 129 p.
- Dionicio J., I. y Ramírez L., X. 2008. Comportamiento hidrográfico en el bosque mesófilo de montaña de la región noreste de Hidalgo para potenciar servicios ambientales hidrológicos. Tesis. Ing. en Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Chapingo – Departamento de Suelos. 129 pp.
- Domínguez V., R. 2006. Mercado de servicios ambientales, una propuesta para disminuir la problemática del agua en la cuenca del Río Texcoco. Tesis. Ingeniero Agrónomo en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo – DICEA. 102 pp.

- Espinosa Q., T. y Alpizar F. 2009. Definición de pagos por la reducción de erosión en la cuenca del lago de Apanás, Nicaragua. Recursos naturales y ambientales no. 56-57:133-142.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2007. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Pagos a los agricultores por servicios ambientales. Colección FAO: Agricultura N° 38. Roma.
- Flannery, T. 2007. La amenaza del cambio climático: Historia y Futuro. Ed. Taurus. 400 pp.
- Freeman, M. 2003. The measurement of environmental and resource values: theory and methods. Second edition. Washinton DC. Resources for the Future.
- García A., A. 2006. Valoración económica de los servicios ambientales de Santa Catarina Ixtepeji, Distrito de Ixtlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo – DICIFO. 163 pp.
- Giovannucci, D. 2001. Sustainable Coffe Survey of the North American Specialty Coffee Industry. The Summit Foundation, The Nature Conservancy, North American Commission for Environmental Cooperation, Specialty Coffea Association of America y The World Bank.
- Gutiérrez A., R. 2003. Valoración cambio de uso del suelo y pago de servicios ambientales en áreas naturales protegidas. Estudio de caso cañada de contreras. Distrito Federal, México. Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Gutiérrez G., F. G. 2008. Valoración económica de los servicios ambientales del parque “Estatul el Hiloche”, Hidalgo. Tesis. Ingeniero Agrónomo en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo – DICEA. 101 pp.
- Hanemann, W.M. 1994. Valuing the environment through contingent valuation. Journal of Economic Perspectives 8(4):19-43.

- Hanley, N. Shogren, J. F y White, B. 1997. Environmental economics in theory and practice. Mc Millan texts in Economics. London.
- Hueting, R., L. Reijnders, B. Boer, J. G. Lamboiy y H. Jansen. 1998. The concept of environmental function and its valuation. Ecological Economics 25(25):31-35.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010 Síntesis geográfica del Estado de Oaxaca. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004. Síntesis geográfica del Estado de Oaxaca. México.
- Jáuregui, E. 1989. Los huracanes prefieren México. Información Científica y Tecnológica 11:32-39.
- Jiménez M., M. J. 2004. Valoración de algunos recursos naturales, para conocer la disponibilidad de pago por servicios ambientales en el municipio de Tepetlaoxtoc. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo, Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Departamento de Suelos, 75 pp.
- Larquee S., B. S. 2003. Valoración de los servicios ambientales del bosque. Caso: Ixtapaluca, Chicoloapan y La Paz, municipios del Estado de México. Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo – DICEA. 141 pp.
- Leggett, J. 1990. *El calentamiento del planeta: informe de Greenpeace*. Fondo de Cultura Económica: México.
- Lvovich, Mark. 1975. El agua en el mundo: presente y futuro. Editorial Cartago. Buenos Aires, Argentina.
- Margalef, R. 1981. Ecología. Ed. Planeta. Barcelona.
- Mass, J. M. y A. Martínez Y. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. Ciencias (Núm. Esp.). 4:10-20.

- Merayo C., O. 2004. Valoración económica del agua potable en la cuenca del río En medio, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Recursos naturales y ambientales no. 43:90-96.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 p.
- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico). 2003. Evaluación del desempeño ambiental: México. OCDE. México. 287 pp.
- Olfield, M., y J. B. Alcon. 1987. Conservation of traditional agroecosystems. Bioscience 37:199-206.
- Orosco P., L. M. 2006. Balance hídrico y valoración económica de la producción de agua en la microcuenca del Río Zahuapan, Tlaxco, Tlaxcala. Tesis de Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo – DICIFO. 174 pp.
- Ortega E., F. y G. Castillo Campos. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. CIENCIAS (43): 32-39
- Ortiz Ceballos, G. 2004. El agroecosistema café: crisis de mercado y sustentabilidad. Tesis de Doctorado en Ciencias, Programa en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. México. 125 pp.
- Ortiz Ceballos, G., M. Vargas-M., M. A. Mendoza-B., M. M. Ojeda-R., y L. Trujillo-O. 2004. Análisis comparativo de la producción – demanda del café en el mercado internacional (1980 – 2003). Interciencia 29:621 – 625.
- Philpott, S. M., I. Perfecto, y J. Vandemeer. 2006. Effects of management intensity and season on arboreal and abundance in coffee agroecosystems. Biodiversity and Conservation 15:139-155.
- Pineda, E. G., Halfter, Moreno, C. E., y F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros: cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. 177 – 190 pp. In Halfter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic,

Editors. Sobre Diversidad Biológica: el significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. m3m-Monografías tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS Y CONACYT, Zaragoza. IV. México.

Ramos, O. S. 2004. Mercados del agua, IMTA, Jiutepec, México.

Reid, Walter V., H. A. Mooney, A. Cropper, D. Capistrano, S. R. Carpenter, et al. 2003. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: Informe de Síntesis. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf> consultado el 09 de septiembre de 2011.

Regouin, E. 2003. To convert or not to convert to organic farming. En Organic agriculture – Sustainability, markets and policies. Actas de un seminario OCDE, septiembre de 2002, Washington, DC, pp. 227–235. París, OCDE y Wallingford, Reino Unido, CABI.

Rice R., y J. R. Ward. 1997. El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental. Centro de Aves Migratoria Smithsonian Institution. Washington, D. C.

Riera, P., García, D., Krinström, B., y Brännlund, R. 2005. Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales. Ed. Thompson. España. 351 pp.

Rosenberg, N. 1983. Microclimate (The Biological Environment). A Wiley-Interscience Publication. New York.

Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa, México.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botánica Mexicana 35:25-44.

Sánchez B., A. 2008. Diagnóstico de los esquemas de pago por servicios ambientales hidrológicos en México. Tesis. Ing. en Restauración Forestal. Universidad Autónoma Chapingo – DICIFO. 91 pp.

- Santoyo C., I. 2008. Valoración económica de los servicios ambientales derivados de la biodiversidad en la sierra de Zapalinamé, Coahuila. Tesis de Maestría. Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo – DICIFO. 86 pp.
- Seip K y J. Strand. 1992. Willingness to pay for environmental goods in Norway: a contingent valuation study with real payment. *Environmental & Resource Economics*. European Association of Environmental and Resource Economists, vol.2(1):91-106.
- Seoánz C., Mariano. 2002. Tratado de Climatología aplicada a la ingeniería medioambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Shiklomanov IA, Rodda JC. 2003. World Water Resources at the Beginning of the Twenty-first Century. Cambridge (United Kingdom): Cambridge.
- Stadtmüller, T. y Agudelo, N. 1990. Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. In: H. Lang y A. Musy, ed. *Hydrology in Mountainous Regions. I- Hydrologic Measurements: the water cycle*. IASH. Press. Wallingford, Inglaterra. p:25-32.
- Sündborg, A. y A. Rapp. 1986. Erosión and sedimentation by water: problems and prospects. *Ambio* 15(4):215:225.
- University PressSmithsonian Migratory Bird Center. 2003. Manual de café bajo sombra. National Zoological Park, Washington. D. C.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2007. Conservation Reserve Program enrolment statistics and program summary 2006 fiscal year. Washington, DC, USDA Farm Service Agency.
- Saldivar V., Américo. 2007. Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México, ¿sustentabilidad o gratitud?. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Economía. México. 355 pp.

- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Turrialba, CR, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 246. 62 p.
- Shulz, S. 1997. La valoración de recursos naturales y ambientales no basados en el mercado de Centroamérica y el Caribe. Revista CEPAL no. 63:65-76.
- Taylor, John. 2000. Economía. CEECSA. México.
- Toledo, V., y P. Moguel. 2001. En busca de un café sostenible en México. La importancia de la biodiversidad biológica y cultural. In Primer Congreso del café sostenible. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Torres C., R. 2004. Tipos de vegetación. En García – Mendoza A. J., M. J. Ordoñez y M. Briones – Salas (eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM – Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza World Wildlife Fund México, pp. 105 -117.
- Vázquez G., V., D. Soares M., A. De la Rosa R., y A. Serrano Sánchez. 2002. Gestión y cultura del agua: Tomo II. SEMARNAT, IMTA, Colegio de Posgraduados. México. 323 pp.
- Velásquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta 62. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México pp. 21-37
- Veraza U., Jorge. 2007. Economía y política del agua. El agua que te vendo primero te la robé. Ed. Itaca. México.
- Villalobos, P. 2006. Servicios ambientales: conceptos y desafíos. <http://www.fernandoflores.cl/node/1588>, consultado el 25 de julio de 2010-07-25.
- Wischemer, W. H., D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA. Agriculture Handbook 537. Washington, USA. 69 p.

World Bank. 2006. Project Document on a Proposed Loan in the Amount of USD 45.00 Million and Proposed Grant from The Global Environment Facility Trust Fund in the Amount of USD 15.00 Million to the United Mexican States for an Environmental Services Project. Report No: 33228, México.

Zeng, N. y J. D. Neelin. 1999. A land-atmosphere interaction theory for the tropical deformation problema. *Journal of Climate* 12:857-872.