

# Hacia el Programa de Acción ante el Cambio Climático de Oaxaca: Aportes técnicos y recomendaciones de Acciones Tempranas

Contribuciones al Gobierno  
de Oaxaca

Septiembre 9, 2011

*No. De proyecto 1602OL88*

*Con el apoyo financiero de la Alianza WWF-  
Fundación Carlos Slim*



**PREPARADO POR:**

**CENTRO MARIO MOLINA  
para Estudios Estratégicos Sobre Energía y Medio Ambiente A.C.**

**Dr. Mario Molina  
Presidente**

**Ing. Carlos Mena Brito  
Director Ejecutivo**

**M. en C. Rodolfo Lacy Tamayo  
Coordinador de programas y proyectos**

**Dr. Cuauhtémoc León Diez  
Coordinador de proyecto**

**M.C. Carolina Neri  
Asistente de Coordinación**

**M. en A. Diana Noriega Navarrete  
Ingeniero de Proyecto**

**M. en C. Arturo Morán Romero  
Ingeniero de Proyecto**

**Ing. José Miguel Molina Munguía  
Ingeniero de Proyecto**

## ÍNDICE

<b>I. Presentación</b> .....	<b>2</b>
<b>II. Introducción</b> .....	<b>4</b>
México ante el Cambio Climático .....	4
Plan de Acción Temprana .....	5
<b>III. Desarrollo del Programa Estatal ante el Cambio Climático (PEACC)</b> .....	<b>6</b>
III.1. Antecedentes.....	6
III.2. Elementos base y actividades prioritarias .....	7
III.2.1. Identificación de las medidas de mitigación de GEI para el Estado de Oaxaca. 7	
III.2.2. Elaboración de escenarios regionales para el año 2030, 2050 y 2080 .....	8
III.2.3. Identificación de las medidas de adaptación al cambio climático para Oaxaca. 8	
III.2.4. Diseñar las políticas públicas y acciones locales ante el cambio climático para el estado de Oaxaca. ....	9
III.2.5. Diseño y aplicación de una estrategia de comunicación basada en las causas y efectos del cambio climático .....	9
III.2.6. Promover la participación de la sociedad en el proceso de desarrollo del Plan Estatal ante cambio climático.....	9
<b>IV. Propuesta de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero</b> .....	<b>10</b>
IV.1. Consumo de Energía (PJ).....	10
IV.2. Inventario Estatal de Contaminantes Criterio .....	12
IV.3. Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca.....	16
IV.3.1. Energía.....	18
IV.3.2. Uso de Suelo y Vegetación.....	19
IV.3.3. Agricultura y Ganadería .....	19
IV.3.4. Procesos Industriales .....	20
IV.3.5. Residuos .....	20
<b>V. La vulnerabilidad ante el cambio climático en Oaxaca</b> .....	<b>21</b>
V.1. Los impactos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos .....	21
V.2. Elementos de la variabilidad climática en el estado de Oaxaca .....	25
V.3. Escenarios de cambio climático.....	31
V.4. Cambio de uso de suelo .....	37
V.4.1. Antecedentes.....	37

V.4.2.	Bosques y manejo comunitario en Oaxaca .....	38
V.4.3.	Cambio de uso de suelo 1976-1993-2000-2008 en Oaxaca .....	41
V.4.4.	Los esfuerzos de conservación y reforestación .....	47
<b>VI.</b>	<b>Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para Oaxaca .....</b>	<b>49</b>
VI.1.	Energía .....	49
VI.2.	Industria Manufacturera .....	52
VI.3.	Transporte.....	54
VI.3.1.	Desarrollo de un Sistema Integrado de Transporte Público para la Zona Metropolitana del estado de Oaxaca.....	54
VI.4.	Residencial y Comercial.....	57
VI.4.1.	Desarrollo de un Programa de Producción Sustentable y Uso Eficiente de Leña	57
VI.5.	Agricultura y Ganadería .....	61
VI.6.	Uso de suelo y vegetación .....	62
VI.7.	Residuos.....	63
<b>VII.</b>	<b>Medidas de adaptación para el Estado de Oaxaca .....</b>	<b>64</b>
VII.1.	Desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos .....	66
VII.2.	Acciones complementarias para el manejo del riesgo (FOPREDEN) .....	71
<b>VIII.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>73</b>

## ANEXOS

Anexo 1.	Contribución propuesta de Inventario sectorial de GEI para el Estado de Oaxaca	78
Anexo 2.	Método para estimar el cambio de uso de suelo y cubierta vegetal de Oaxaca (1976-2008).....	79
Anexo 3.	Tabla comparativa de avances y desarrollo de los Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático .....	89
Anexo 4.	Cronograma de actividades para ejecutar el PEACC de Oaxaca.....	93
Anexo 5.	Propuesta de un Programa de Producción de Leña a través del manejo forestal comunitario que contribuya en la disminución y neutralización de emisiones de CO <sub>2</sub> en Oaxaca.....	96

## FIGURAS

Figura IV.1 Consumo de Combustibles Fósiles, 1999-2009.....	10
Figura IV.2 Porcentaje de Consumo de Petrolíferos por Sector, 2008 .....	12
Figura IV.3 Contribución porcentual por tipo de fuente en Oaxaca, 2008.....	14
Figura IV.4. Distribución porcentual de contaminantes criterio en el estado de Oaxaca por tipo de fuente, 2008 .....	16
Figura 5. Participación porcentual de gases de efecto invernadero por categoría en el estado de Oaxaca, 2008.....	20
Figura V.1 Número de reportes periodísticos sobre desastres de origen hidrometeorológico en Oaxaca entre 1970 y el 2001 .....	21
Figura V.2 Mapa de climas con regiones .....	25
Figura V.3 Ciclo anual de la precipitación en Valles Centrales, Oaxaca.....	27
Figura V.4 Comparación del ciclo anual de la precipitación durante año Niño (1998) y año No-Niño (1980) en la Estación Oaxaca de Juárez. ....	28
Figura V.5 Actividad ciclónica tropical durante los eventos intensos de a) El Niño y b) La Niña en el Océano Pacífico.....	28
Figura V.6 Relación de El ENOS y el grado de siniestralidad (sup. siniestrada/ sup.sembrada) del maíz en Oaxaca. Periodo 1980 – 2001.....	29
Figura V.7 Promedio de las proyecciones regionales (50 km x 50 km) de cambio en cambio en temperatura media (°C) bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, para las climatologías a) 2020s, b) 2050s y c) 2080s y cambio de precipitación anual (%) bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, para d) 2020, e) 2050 y f) 2080. ....	34
Figura V.8 Superficie (ha) de los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008. ....	41
Figura V.9 Uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008. ....	44
Figura V.10 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1976 a 1993.....	45
Figura V.11 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1993 a 2000.....	46
Figura V.12 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1976 a 1993.....	46
Figura VII.1 Fases para el desarrollo e implementación del SATEHE. Visualización del proceso de ejecución, un año por fase. ....	68
Figura VIII.1 Metodología empleada para el cálculo de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el estado de Oaxaca 1976-2008.....	82
Figura VIII.2 Producción maderable en México según su empleo como leña o en la industria 1994-2003. ....	97
Figura VIII.3 Extracción de leña estimada por entidad federativa 2000.....	98

Figura VIII.4 Estructura de la producción de energía primaria 2009.....	99
Figura VIII.5 Usuario de leña como porcentaje total de hogares. ....	100
Figura VIII.6 Municipios prioritarios por consumo y disponibilidad de leña, detalle para la región pacífico sur. ....	101
Figura VIII.7 Etapas del Programa de Producción de Leña.....	104

## TABLAS

Tabla IV.1 Consumo de Petrolíferos y recursos naturales por Sector, 2009 [PJ] .....	11
Tabla IV.2 Emisiones de contaminantes criterio por tipo de fuente, Oaxaca 2008 .....	13
Tabla IV.3 Participación porcentual por tipo de fuente, Oaxaca 2008 .....	14
Tabla IV.4. Potencial de Calentamiento Global considerados por el Protocolo de Kioto ..	17
Tabla IV.5 Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca, 2008 .....	18
Tabla IV.6 Incendios forestales registrados en Oaxaca, 2008.....	19
Tabla V.1 Impactos socioeconómicos por eventos hidrometeorológicos extremos .....	22
Tabla V.2 Distribución climática por regiones en Oaxaca .....	26
Tabla V.3 Pagos del FONDEN a Oaxaca.....	36
Tabla V.4 Contribución de las diferentes regiones de Oaxaca a la producción forestal maderable, 1999.....	40
Tabla V.5 Cambio de uso de suelo y cubierta vegetal integrado de 1976 a 2008 .....	43
Tabla VI.1 Potencial eólico en el Istmo de Tehuantepec.....	50
Tabla VI.2 Número de empresas con actividades relacionadas a la energía eólica en Oaxaca .....	51
Tabla VI.3 Generación y distribución de Energía Eléctrica.....	51
Tabla VI.4 Cargos por servicio de transmisión .....	51
Tabla VI.5 Consumo de electricidad en ingenios azucareros del estado de Oaxaca, 2008 .....	53
Tabla VIII.1 Equivalencias de tipos de vegetación y uso de suelo entre la cobertura original (tipo de vegetación) y la final (Clase final). ....	80
Tabla VIII.2 Superficie por clase de uso de suelo y vegetación de para los periodos 1976, 1993, 2000 y 2008. ....	83
Tabla VIII.3 Superficie (ha) de los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008. ....	84
Tabla VIII.4 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 1976 a 1993 .....	84
Tabla VIII.5 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 1993 a 2000 .....	85

---

---

Tabla VIII.6 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 2000 a 2008 .....	85
Tabla VIII.7 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el periodo 1976 (T1) a 1993 (T2) .....	86
Tabla VIII.8 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el período 1993 (T1) a 2000 (T2) .....	87
Tabla VIII.9 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el período 2000 (T1) a 2008 (T2) .....	88
Tabla VIII.10 Consumos Unitarios de leña .....	102

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

<b>CDI</b>	Comisión nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas
<b>CEDICAM</b>	Centro de Desarrollo Integral Campesino
<b>CENAPRED</b>	Centro Nacional de Prevención de Desastres
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CICC</b>	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
<b>CMM</b>	Centro Mario Molina
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
<b>COINBIO</b>	Programa de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
<b>CONACYT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
<b>CONAFOR</b>	Comisión Nacional Forestal
<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>CONANP</b>	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
<b>COVIFI</b>	Coordinación de Vinculación y Financiamiento Internacional
<b>EDAs</b>	Enfermedades Diarreicas
<b>ENOS</b>	El Niño Oscilación del Sur
<b>FAPRACC</b>	Fondo para la Atención a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas
<b>FONDEN</b>	Fondo de Desastres Naturales
<b>FOPREDEN</b>	Fondo para la Prevención de Desastres Naturales
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GloBEIS</b>	Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera
<b>ICEL</b>	Índice de Consumo Estatal de Leña
<b>IEED</b>	Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentabilidad
<b>IMCO</b>	Instituto Mexicano para la Competitividad
<b>IMO</b>	Instituto de la Mujer Oaxaqueña
<b>IMTA</b>	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>NDMC</b>	National Drought Mitigation Center
<b>PACC</b>	Programa de Atención a Contingencias Climatológicas
<b>PEACC</b>	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático
<b>PECC</b>	Programa Especial de Cambio Climático
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos

---

<b>PICC</b>	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
<b>PROCYMAF</b>	Programa de Desarrollo Forestal Comunitario
<b>PRONARE</b>	Programa Nacional de Reforestación
<b>REDD+</b>	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
<b>SAI</b>	Secretaría de Asuntos Indígenas
<b>SATEHE</b>	Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SIAT-CT</b>	Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales
<b>SINAPROC</b>	Sistema Nacional de Protección Civil
<b>SMN</b>	Servicio Meteorológico Nacional
<b>TNC</b>	The Nature Conservancy
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>WWF</b>	World Wildlife Fund Fondo Mundial para la Naturaleza



## I. Presentación

Los cambios de gran escala inducidos por los seres humanos en el planeta están interactuando con la variabilidad natural del clima, a nivel global y también a nivel local.

Los escenarios realizados por la comunidad científica internacional para estimar el calentamiento global al año 2100 muestran que la temperatura media mundial de la superficie podría aumentar de 1.5 a más de 5°C. Un planeta con elevadas temperaturas resultará en un ciclo hidrológico más intenso, deshielo de los casquetes polares y glaciares, aumento en el nivel del mar, eventos hidrometeorológicos extremos más frecuentes y huracanes más intensos. Tal condición alterará el desarrollo de los países y por lo tanto, se tendrán que aplicar medidas de mitigación y adaptación para aminorar los efectos negativos y aprovechar las oportunidades de un clima cambiante al que las sociedades humanas no están acostumbradas.

Resulta así necesario promover y desarrollar acciones estratégicas de corto y largo plazo, donde se considere cómo será el clima futuro, y con ello prever las implicaciones sobre los ecosistemas, la vida humana o la economía, de tal forma que gobierno y sociedad incluyan esta dimensión de la variabilidad climática como parte esencial de los planes de desarrollo.

Por ello el gobierno de Oaxaca en pleno acuerdo con la sociedad civil, ha decidido desarrollar un Plan de Acción Temprana ante el Cambio Climático a la par que impulsa el proceso que permitirá crear el Programa de Acción ante el Cambio Climático, haciendo acopio del conocimiento científico disponible y de las herramientas de planeación a nuestro alcance, para responder de manera inmediata con acciones tangibles y estratégicas.

Hemos decidido considerar y enfrentar los efectos de la variabilidad climática, por lo que con este planteamiento reconocemos la necesidad de actuar de manera preventiva para contrarrestar los impactos presentes y futuros del clima.

Este documento sintetiza el conocimiento actual que sobre el clima regional existe, explica los alcances de la variabilidad climática con base a tendencias y experiencias de su sociedad, plantea un acuerdo y compromisos para avanzar con paso firme en la disminución de las emisiones estatales de gases de efecto invernadero (GEI) e incluye medidas de prevención y manejo de riesgos asociados a la variabilidad climática.

Su objetivo primordial es identificar y promover acciones inmediatas de mitigación y adaptación en sectores prioritarios de Oaxaca.

En este documento se presenta un primer Inventario de Gases de Efecto Invernadero, de donde se concluye que si bien Oaxaca aporta menos del 2% de GEI a nivel nacional, el transporte primordialmente urbano y los cambios de uso de suelo, son dos fuentes emisoras de CO<sub>2</sub> que deben ser atendidas, tanto por su alta intensidad energética como por los procesos de contaminación y degradación ambiental que implican. Adicionalmente, se incluye un capítulo específico para estimar con mayor precisión cómo se han dado las pérdidas de superficies forestales a lo largo de los últimos 30 años, debido a un aumento significativo de pastizales y áreas agrícolas.

Con base en la identificación y cuantificación de estos cambios, se incluye un apartado que estima de manera general las pautas de la vulnerabilidad climática estatal, reconstruyendo los distintos impactos que la sociedad ha enfrentado para visualizar la importancia de eventos meteorológicos extremos sobre la economía y las condiciones de vida de la población oaxaqueña.

Este Plan propone desarrollar cuatro acciones puntuales de largo alcance:

- 1) El **Programa de Acción ante el Cambio Climático de Oaxaca**. El proceso para integrar el Programa se desarrollará mediante un conjunto de estudios y acciones de consulta para promover, con un amplio consenso, acciones de mitigación y adaptación de corto, mediano y largo plazo, identificando fuentes de financiamiento, metas y corresponsables institucionales para su ejecución. El desarrollo del programa deberá estar finalizado en el 2013 y deberá tener un carácter preventivo, de largo plazo e integral.
- 2) Mitigación. **Programa de Producción Sustentable y Uso Eficiente de Leña** a través del manejo forestal comunitario se plantea como una medida de mitigación que contribuya en la disminución y neutralización de emisiones de CO<sub>2</sub> en Oaxaca, este programa tendrá una serie de impactos positivos directos en la paulatina neutralización de emisiones de bióxido de carbono, al sustituir mediante el impulso de estufas más eficientes, potenciar el uso de energías renovables (solar, eólica y micro hidroeléctricas), promover la certificación y uso de biomasa asociada a los bosques con manejo sustentable, crear empleo, recuperar suelos y extender superficies forestales bajo manejo.
- 3) Mitigación. **Sistema Integrado de Transporte Público para la Zona Metropolitana del estado de Oaxaca**, se plantea como una medida de mitigación, tendrá como objetivo mejorar la movilidad de la población que habita en el Zona Metropolitana de Oaxaca, mediante la oferta de un transporte público funcional, moderno, de alta capacidad, con tecnología vehicular baja en emisiones y ruido, con un sistema de recaudación eficiente y paradas específicas para una mayor accesibilidad.
- 4) Adaptación. **Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos**, como una medida de adaptación la creación y desarrollo de un sistema de alerta temprana ante condiciones climáticas atípicas y fenómenos meteorológicos extremos, está fuertemente vinculado tanto a la protección civil, como a los sectores de manejo de agua y de producción de alimentos, este sistema permitirá prevenir impactos negativos a la población, la infraestructura y las actividades productivas del estado.

## II. Introducción

Existen pruebas contundentes de que el proceso de calentamiento global es atribuible a las actividades humanas (IPCC, 2007). Se estima que la rapidez de este calentamiento será mayor que cualquier otro cambio climático experimentado en los últimos diez mil años; también se espera que para los próximos 20 años exista una gran variabilidad del clima, ya que no todas las regiones del mundo tendrán respuestas climáticas semejantes.

Sin duda estos cambios a largo plazo y de gran escala, inducidos por los seres humanos, interactuarán con la variabilidad natural del clima afectando con ello, el bienestar social y económico.

Los escenarios al año 2100 muestran que la temperatura media mundial de la superficie podría aumentar de 1.5 a más de 5°C (IPCC, 2007). Un planeta con temperaturas más elevadas resultará en un ciclo hidrológico más intenso, deshielo de los casquetes polares y glaciares, aumento en el nivel del mar, eventos extremos más frecuentes y huracanes más intensos.

Tal condición alterará el desarrollo de los países y por lo tanto, se tendrán que desarrollar medidas de mitigación y adaptación para aminorar los efectos negativos de un clima cambiante al que las sociedades humanas no están acostumbradas.

El cambio climático producido por la alta cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) perdurará muchos siglos. Los GEI son persistentes y tienen un efecto duradero en la composición y dinámica de la atmósfera. Si se llegaran a estabilizar las concentraciones de GEI (mediante un serio control de las emisiones de todo el mundo), las temperaturas promedio globales subirían a un ritmo de sólo unas décimas de grado por siglo, en vez de varios grados por siglo como se proyecta para los próximos cien años.

Cuanto menor sea el nivel al que se establezcan las concentraciones, menor será el cambio total de las temperaturas. Sin embargo, se prevé que tanto los aumentos en temperatura como la elevación en el nivel del mar, debida a la expansión térmica del océano, continuarán durante cientos de años tras la estabilización de las concentraciones de los GEI (IPCC, 2007).

Resulta así necesario promover y desarrollar acciones estratégicas de corto y largo plazo, donde se considere cómo será el clima futuro, y con ello prever las implicaciones sobre los ecosistemas, la vida humana o la economía, de tal forma que gobierno y sociedad incluyan la variabilidad climática como parte esencial de los planes de desarrollo.

### México ante el Cambio Climático

El tema de cambio climático cobró importancia a nivel nacional a partir de que el Gobierno Federal incluyera el concepto por primera vez en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Bajo este marco, la mayoría de los Programas Sectoriales (2007-2012) de las Secretarías del Gobierno Federal han incluido líneas de acción para considerar y atender el cambio climático.

En el 2009, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC) para cumplir con los compromisos adquiridos por el país al ratificar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). A través del PECC, el Gobierno Federal “se dispone a demostrar que es posible mitigar el cambio climático y adaptarse, sin comprometer el proceso de desarrollo, e incluso con beneficio económico” (PECC, 2009).

Asimismo, se postula que el cambio climático constituye una amenaza, pero a la vez representa una oportunidad para impulsar el desarrollo sustentable. Las actividades que México propone desarrollar para disminuir las emisiones de GEI (mitigación) y para disminuir la vulnerabilidad (adaptación) traen consigo ciertamente múltiples beneficios, como por ejemplo: seguridad y diversificación energética, procesos productivos más limpios, eficientes y competitivos, mejoría de la calidad del aire y conservación de los recursos naturales, entre otros.

Adoptar las medidas contempladas resultaría muy conveniente aún si no existiera la motivación de abordar el reto del cambio climático.

En el ámbito internacional, México ha cumplido con su compromiso de reportar los avances en la materia publicando hasta el momento cuatro Comunicaciones Nacionales, donde se incluyen los inventarios de emisiones de GEI. Recientemente México fue sede de la 16ª Conferencia de las Partes de la CMNUCC, celebrada en la ciudad de Cancún, donde se lograron acuerdos para la creación de un Fondo Verde que acelere la transición hacia una economía global de baja intensidad de carbono.

El Instituto Nacional de Ecología (INE), órgano desconcentrado de SEMARNAT, ha promovido la creación de los Planes Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), que regionalmente se convierten en instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables.

## **Plan de Acción Temprana**

El Gobierno y la sociedad de Oaxaca han decidido considerar y enfrentar el cambio climático, por lo que con este planteamiento reconocen la necesidad de actuar de manera preventiva para contrarrestar los impactos presentes y futuros del clima actual y modificado.

Este documento sintetiza el conocimiento actual del clima regional, explica los alcances de la variabilidad climática con base a tendencias y experiencias de su sociedad, plantea un acuerdo y compromisos para avanzar con paso firme en la disminución de sus emisiones de GEI e incluye medidas de prevención y manejo de riesgos al clima. Su objetivo primordial es identificar y promover acciones inmediatas de mitigación y adaptación en sectores prioritarios de Oaxaca.

## III. Desarrollo del Programa Estatal ante el Cambio Climático (PEACC)

### III.1. Antecedentes

Hasta el momento, el Distrito Federal y los estados de Veracruz, Nuevo León, y Puebla han concluido con la elaboración de sus respectivos Programas Estatales, y en todos se denotan distintos avances, enfoques y estructuras (ver tabla en Anexo III).

Las experiencias acumuladas en la ejecución de esos procesos representan una valiosa oportunidad para aprender de esas iniciativas estatales. Algunas limitantes comunes, como por ejemplo: el uso de conceptos y definiciones diferentes y difíciles de uniformizar al interior de cada dependencia en materia de cambio climático (riesgo, impactos, vulnerabilidad, resiliencia, etc.); el desconocimiento de temas específicos como la elaboración de inventarios de emisiones de GEI; la evaluación de impactos y elaboración de escenarios de cambio climático, o bien la imperiosa necesidad de incluir en los programas las estructuras de gobierno responsables junto con las asignaciones presupuestales de cada medida.

Debido a estas limitantes, las acciones que se han impulsado primordialmente son el desarrollo de capacidades a todos niveles y la formación de grupos de trabajo.

Esta propuesta considera la experiencia acumulada del desarrollo de los Programas Estatales concluidos, así como la Guía para la elaboración de Programas Estatales publicada por el Instituto Nacional de Ecología<sup>1</sup>.

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) que impulsará Oaxaca deberá aportar una serie de conocimientos y propuestas fundamentales para la realización exitosa de acciones en respuesta a los posibles efectos del cambio climático en el estado de Oaxaca. Estos elementos permitirán identificar opciones para promover medidas que permitan tanto reducir las emisiones de GEI como la vulnerabilidad de los distintos sectores, lo que a su vez deberán conducir a crear políticas públicas exitosas para adaptarse al cambio climático.

Algunos de los elementos que el PEACC deberá incluir son:

- Inventario y escenarios de emisiones de GEI a nivel estatal.
- Escenarios de clima a nivel estatal y regional.
- Análisis por sector de los impactos, la vulnerabilidad y opciones de adaptación.
- Medidas y estrategias de reducción de emisiones de GEI.
- Medidas y estrategias para la adaptación al cambio climático.
- Indicadores sobre las fuentes de financiamiento potenciales, los plazos y los responsables de la ejecución de las acciones.

---

<sup>1</sup> [http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/descargas/guias\\_prog\\_est.pdf](http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/descargas/guias_prog_est.pdf)

El éxito del desarrollo y ejecución del PEACC dependerá de la participación activa del gobierno del estado, otros órdenes de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y de la sociedad en su conjunto a lo largo de todo el proceso, del diagnóstico y exploración de alternativas deberán surgir estrategias y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

### **III.2. Elementos base y actividades prioritarias**

El primer aspecto para desarrollar el PEACC es la conformación de un Grupo Técnico de trabajo que pueda ser reconocido como el asesor de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y cuya responsabilidad sea la preparación del Plan (ver cronograma de actividades en el Anexo IV).

En el grupo deben participar activamente diferentes figuras, quienes desde su ámbito de competencia integrarán y ejecutarán el programa resultante.

De esta forma, se deben identificar contrapartes estatales y federales. Conformar el Grupo Técnico en el que participarán activamente representantes del gobierno y académicos a nivel estatal y federal, así como la iniciativa privada y las ONGs.

El Grupo Técnico debe estar integrado por especialistas de diversos sectores que tengan la posibilidad de implementar acciones ante el cambio climático. Se ha propuesto que se establezcan dos subgrupos, el primero contribuirá con los trabajos de mitigación y el segundo con los de adaptación. Por su parte, las contrapartes federales responderán a las necesidades de capacitación más especializadas. Y sin duda aquí podrán contribuir otras agencias o instituciones internacionales que puedan sumarse al proceso.

El Grupo Técnico dirigirá y coordinará las acciones prioritarias relativas al PEACC.

#### **III.2.1. Identificación de las medidas de mitigación de GEI para el Estado de Oaxaca.**

Para diseñar estas medidas es necesario partir de la información y datos obtenidos del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero desarrollado para el estado considerado el año base 2008 o su actualización. Para ello, se recomiendan las siguientes actividades:

- Analizar las implicaciones socio-ambientales del uso y cambio de uso de suelo y su relación tanto con los efectos del cambio climático como con los servicios ambientales.
- Identificar medidas de mitigación para la reducción y secuestro de GEI para las seis categorías establecidas por el IPCC (2006): energía, procesos industriales, agricultura y ganadería, solventes, uso de suelo y cambio de uso de suelo y silvicultura y desechos.
- Establecer responsables, metas e indicadores.
- Identificar la factibilidad técnica y económica de las medidas de mitigación: retos y oportunidades institucionales, técnicas, financieras y sociales.

- Generar productos cartográficos para su aplicación en los análisis de procesos dinámicos de la variabilidad y cambio climático con la finalidad de identificar las áreas de mayor riesgo ante el cambio de uso de suelo en el estado de Oaxaca.

### **III.2.2. Elaboración de escenarios regionales<sup>2</sup> para el año 2030, 2050 y 2080**

La elaboración de escenarios de cambio climático es necesaria para el desarrollo de las propuestas de mitigación y adaptación para el Estado de Oaxaca. Para ello, se deben realizar las siguientes actividades:

- Realizar un estudio histórico detallado de los últimos 50 años de impactos de eventos hidrometeorológicos extremos en el estado de Oaxaca.
- Construir escenarios climáticos regionales para el estado de Oaxaca para mediados y finales del siglo XXI.
- Identificar y caracterizar los tipos de eventos extremos del clima de mayor impacto social y económico en regiones prioritarias.
- Generar productos cartográficos para su aplicación en los análisis de procesos dinámicos de la variabilidad y cambio climático con la finalidad de identificar las áreas de mayor riesgo ante desastres en el estado de Oaxaca.

### **III.2.3. Identificación de las medidas de adaptación al cambio climático para Oaxaca.**

Las medidas de adaptación al cambio climático se diseñan a partir de la información y datos obtenidos de los escenarios de cambio climático del estado. Para ello, se recomiendan las siguientes actividades:

- Diagnosticar y evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático de los sectores agua, agricultura y ganadería, biodiversidad, salud, vivienda y turismo.
- Diagnosticar y evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático de la infraestructura de comunicaciones y transportes, así como de generación de energía y manufactura.
- Proponer indicadores de vulnerabilidad y riesgo diferenciados territorial y socialmente.
- Identificar medidas de adaptación a corto, mediano y largo plazo por sectores.
- Establecer responsables, metas e indicadores.
- Identificar factibilidad de las medidas de adaptación: retos y oportunidades institucionales, técnicas, financieras y sociales.
- Generar productos cartográficos para su aplicación en los análisis de procesos dinámicos de la variabilidad y cambio climático con la finalidad de identificar las áreas de mayor riesgo ante desastres en el estado de Oaxaca.

---

<sup>2</sup> Método de regionalización (downscaling) de los escenarios de cambio climático globales.

### III.2.4. Diseñar las políticas públicas y acciones locales ante el cambio climático para el estado de Oaxaca.

A partir de los escenarios de vulnerabilidad y las principales medidas de mitigación y adaptación, se identificarán los mecanismos financieros e institucionales para desarrollarlas, priorizando y asignando instrumentos de política con sus responsables técnicos dentro de la administración pública y eventualmente de los corresponsables sociales. Para ello, se deben realizar las siguientes actividades:

- Análisis de los planes, programas y políticas públicas actuales relacionadas con el cambio climático.
- Diseño de propuestas y políticas públicas enfocadas a la reducción del riesgo ante el cambio climático.

### III.2.5. Diseño y aplicación de una estrategia de comunicación basada en las causas y efectos del cambio climático

El éxito de esta compleja serie de medidas asociadas a diferentes sectores dependerá en gran medida del involucramiento social, por lo que la creación de capacidades y la comunicación permanente con los beneficiados y los promotores son elementos clave. El PEACC por tanto, deberá proponer una estrategia de comunicación activa, creativa y acorde a las realidades regionales, que por un lado reconozca la diversidad cultural y por otra incluya métodos de comunicación modernos acorde a las condiciones socioculturales de la sociedad oaxaqueña (que incluya el diseño de materiales de difusión impresos, audiovisuales y electrónicos; carteles, folletos, videos, cápsulas de audio, página Web etc., para diferentes usuarios de la información climática). El diseño debe considerar la delimitación de diversos públicos objetivos y contenidos en particular las condiciones de acceso en zonas rurales y de lenguaje, por la alta diversidad de población indígena, así como la diferenciación de género. Dicha estrategia deberá aplicar y evaluar el impacto de la difusión de dichos materiales para realizar ajustes en distintas etapas.

### III.2.6. Promover la participación de la sociedad en el proceso de desarrollo del Plan Estatal ante cambio climático

**Entidad Responsable:** Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentabilidad (IEED). Gabinete Ambiental designado por el Gobierno del Estado de Oaxaca.

**Instancias asociadas:** Todas las Secretarías del Gobierno del Estado de Oaxaca.

**Financiadores:** Gobierno del Estado y otras instituciones nacionales e internacionales.

**Instancias federales coadyuvantes:** SEMARNAT-INE, CONAGUA, PEMEX, CFE.

**Instancias participantes:** Organismos de la Sociedad Civil (fundaciones, agencias asociadas a temas de seguridad, medio ambiente, desarrollo local, protección civil, agua, etc.) locales y nacionales e internacionales; y academia.

**Beneficiados:** Gobierno Estatal y Federal. Sociedad rural y urbana, y los ecosistemas.

**Actividades inmediatas:** Desarrollar términos de referencia. Llenar solicitud y formato para el INE y CONACYT. Desarrollar acuerdos institucionales. Buscar financiamiento.

## IV. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>3</sup>

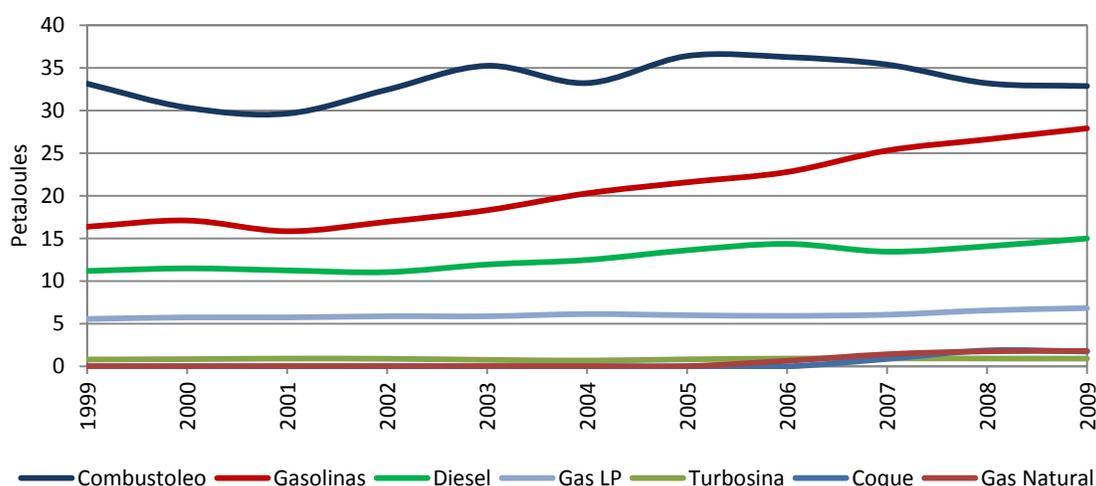
### IV.1. Consumo de Energía (PJ<sup>4</sup>)

En términos de consumo energético, el estado de Oaxaca se caracteriza por un bajo consumo de combustibles fósiles para llevar a cabo las actividades económicas propias de la entidad.

Desde hace 10 años el combustible con mayor potencial energético utilizado en la región ha sido el combustóleo, que presenta un crecimiento mínimo y cuyas variaciones van de de 30 PJ en el 2001 a un máximo de 36 en el 2005, lo cual habla de la poca evolución o desarrollo del sector que lo utiliza, y la falta de alternativas para sustituir este hidrocarburo.

Por su parte los petrolíferos que se encuentran directamente relacionados con el Sector Transporte han tenido un crecimiento considerable en los últimos años, las gasolinas aumentaron un 75% entre 1999 y 2009, mientras que el diesel lo hizo en un 18%. Otros combustibles como el Gas LP, Turbosina y Coque tienen una participación más discreta en la zona y no sobrepasan su potencial en más de 6 PJ (Figura IV.1)<sup>5</sup>.

Figura IV.1 Consumo de Combustibles Fósiles, 1999-2009



Fuente: elaborado por CMM 2011 con información de SENER.

<sup>3</sup> El Centro Mario Molina elaboró el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Oaxaca (2011). La versión completa se presenta en el Anexo I.

<sup>4</sup> Todas las cifras de energía se expresan en Petajoules, en concordancia con el Balance Nacional de Energía y las estadísticas nacionales al respecto.

<sup>5</sup> Secretaría de Energía 2010. Prospectiva de Petrolíferos 2010-2025. Disponible en: [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/perspectiva\\_petroliferos\\_2010\\_2025.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/perspectiva_petroliferos_2010_2025.pdf)

Cada combustible cuenta con uno o varios sectores de demanda principales; así las gasolinas y el diesel están dirigidas al uso en motores de combustión interna para el Sector Transporte y en menor volumen para la generación de energía eléctrica; el combustóleo para el sector de generación de energía eléctrica; el coque de petróleo se consume en el sector industrial, los querosenos o turbosina en el aerotransporte; el gas LP se destina a los Sectores Residencial y de Servicios; el gas natural se consume principalmente en el Sector Petrolero (Tabla IV.1).

Sin embargo, no toda la energía aprovechada está basada en la combustión de petrolíferos, sino también en recursos renovables, entre los que se encuentran la leña, y que por sus implicaciones ambientales se propone una atención especial en las medidas de mitigación junto con el sector transporte. Por otro lado en cuanto a los recursos renovables, debido a que su potencial en la zona es de los más altos en México y uno de los más importantes a nivel mundial, tiene sentido un análisis y atención especial para desarrollar políticas específicas estatales, por lo que en el PEACC deberá abordarse con detenimiento.

Tabla IV.1 Consumo de Petrolíferos y recursos naturales por Sector, 2009 [PJ]

Sector	Gasolinas	Diesel	Combustóleo	Turbosina	Gas Natural	Gas LP	Coque	Leña	Bagazo	Total
Eléctrico <sup>1</sup>	-	0.4	16.8	-	0.0	-	-	-		17.3
Industrial	-	0.6	1.0	-	0.0	0.3	1.9	-		3.7
Petrolero <sup>2</sup>	0.1	3.4	15.1	-	1.7	0.8	-	-		21.0
Residencial	-	-	0.3	-	-	4.1	-	27	2	33.4
Servicios	-	-	-	-	-	0.9	-	-		0.9
Transporte	26.5	9.8	-	0.9	-	0.5	-	-		37.6
<b>Total</b>	<b>26.6</b>	<b>14.1</b>	<b>33.2</b>	<b>0.9</b>	<b>1.7</b>	<b>6.6</b>	<b>1.9</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>114</b>

Fuente: elaborado por CMM 2011

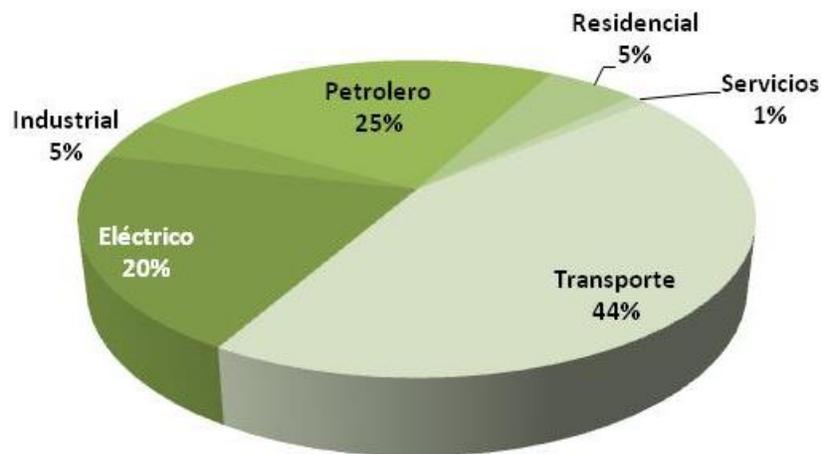
1 Incluye el combustible utilizado en Autoabastecimiento y Cogeneración.

2 Incluye recirculación de gas natural, el cual es reinyectado a los pozos para mejorar la recuperación de petróleo.

El sector de mayor consumo de hidrocarburos en Oaxaca es el Transporte, con 44% del total, cuyos combustibles principales son las gasolinas y el diesel. Entre otros consumos sobresale el del Sector Petrolero, que alcanza el 25%, seguido del Eléctrico con el 20% y el Residencial y de Servicios suman el 6% (Figura IV.2).

Por ello se justifica una medida temprana de mitigación que permita reducir el consumo y su tendencia de crecimiento. En este sentido se propone una política específica de transporte en la zona metropolitana de la capital de Oaxaca.

Figura IV.2 Porcentaje de Consumo de Petrolíferos por Sector, 2008



Fuente: elaborado por CMM 2011

## IV.2. Inventario Estatal de Contaminantes Criterio

El Inventario Estatal de Emisiones de Contaminantes Criterio de Oaxaca tiene como objetivo desarrollar una herramienta esencial para la gestión de la calidad del aire, identificando las principales fuentes de emisión a la atmósfera y el tipo de contaminantes que éstas generan; creando un instrumento analítico para el establecimiento de políticas y estrategias de reducción y control de emisiones contaminantes del aire.

Los contaminantes estimados incluyen tanto los considerados como contaminantes criterio, como los precursores de ozono: partículas suspendidas (PM), partículas de fracción respirable menores a 10 y 2.5 micrómetros ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ), óxidos de nitrógeno (NOx), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), amoníaco ( $NH_3$ ), compuestos orgánicos totales (COT) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos contaminantes provienen de las siguientes fuentes de emisión:

- **Fuentes fijas:** Son los establecimientos industriales o comerciales que generan emisiones de contaminantes del aire a través de chimeneas o en forma fugitiva y cuya estimación de emisiones se efectúa en forma individual.

Esta categoría se desarrolló a partir de la extrapolación de Inventario Nacional de Emisiones año base 2008 elaborado por SEMARNAT, el cual incluye la estimación de sectores de jurisdicción Federal y Estatal.

- **Fuentes de área:** Se incluyen establecimientos industriales y comerciales de diversos giros, cuyas emisiones se estiman en forma colectiva. Asimismo, se incluyen otras actividades comerciales, de servicios y domésticas con diversas subcategorías de fuentes de área, de las cuales algunas se relacionan con emisiones evaporativas de compuestos orgánicos, sistemas de combustión domésticos y comerciales y, con actividades intensivas de resuspensión de partículas.
- **Fuentes móviles:** Corresponden a las emisiones generadas por los vehículos automotores que circulan por las vialidades y carreteras dentro de las manchas urbanas y poblaciones más importantes del estado. La estimación de las emisiones se realizó a partir de la aplicación del modelo MOBILE 5, considerando las emisiones de vehículos de gasolina y diesel, tanto de uso privado como para transporte público de pasajeros y de carga.
- **Fuentes naturales:** Son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no se generan directamente de actividades humanas. Entre éstas se incluyen las emisiones provenientes de la vegetación y los suelos, y su estimación se llevó a cabo a partir de la aplicación del modelo GloBEIS (Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera), que permite estimar las emisiones biogénicas de COV y las emisiones edáficas de NOx. Adicionalmente en esta categoría se incluyen las emisiones asociadas a los incendios forestales.

Durante el 2008, en el estado de Oaxaca se emitió un total de 1.7 millones de toneladas de contaminantes criterio y precursores, tal como se muestra en la Tabla IV.2, la cual detalla las emisiones generadas por tipo de fuente. La Tabla IV.3 presenta su correspondiente participación porcentual.

Tabla IV.2 Emisiones de contaminantes criterio por tipo de fuente, Oaxaca 2008

Fuente	Contaminantes Criterio (t/año)								
	PM	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Fijas	11,623	10,318	9,613	11,321	114,959	30,234	3,358	2,943	958
Área	20,398	10,054	2,601	677	8	3,142	31,027	31,023	49,729
Móviles	89	89	63	9,876	179	260,560	24,484	23,969	155
Naturales	1,775	1,504	1,479	63,762	0	16,669	1,072,140	1,072,140	0
<b>Total</b>	<b>33,885</b>	<b>21,965</b>	<b>13,755</b>	<b>85,636</b>	<b>115,145</b>	<b>310,605</b>	<b>1,131,009</b>	<b>1,130,074</b>	<b>50,843</b>

Fuente: elaborado por CMM 2011

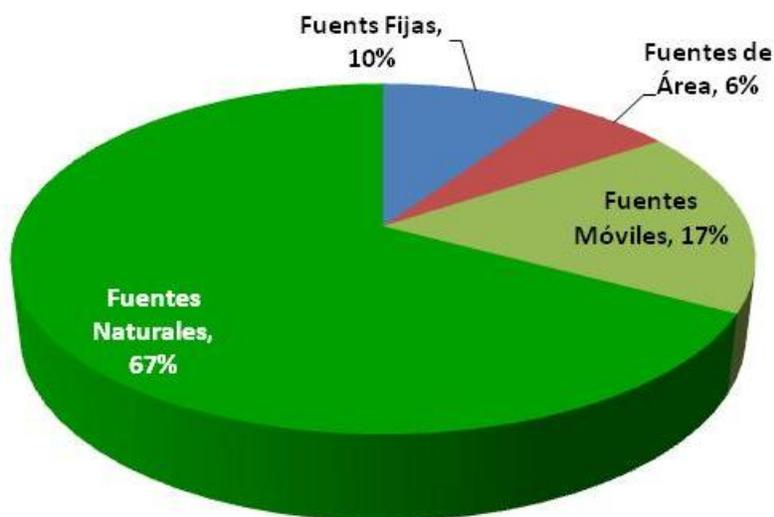
Tabla IV.3 Participación porcentual por tipo de fuente, Oaxaca 2008

Fuente	Contaminantes Criterio (%)								
	PM	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NOx	SO <sub>2</sub>	CO	COT	COV	NH <sub>3</sub>
Fijas	34.3	47.0	69.9	13.2	99.8	9.7	0.3	0.3	1.9
Área	60.2	45.8	18.9	0.8	0.0	1.0	2.7	2.7	97.8
Móviles	0.3	0.4	0.5	11.5	0.2	83.9	2.2	2.1	0.3
Naturales	5.2	6.8	10.7	74.5	0.0	5.4	94.8	94.9	0.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: elaborado por CMM 2011

La Figura IV.3 muestra la contribución porcentual por tipo de fuente de emisiones totales de contaminantes criterio y precursores, siendo las fuentes naturales las de mayor contribución con 80%, seguida de las fuentes móviles con el 17%.

Figura IV.3 Contribución porcentual por tipo de fuente en Oaxaca, 2008



Fuente: elaborado por CMM 2011

En cuanto a los contaminantes, destacan las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), las cuales representan el 67% de las emisiones totales del estado. El 95% de éstas provienen de fuentes naturales, particularmente biogénicas. El 5% restante corresponde a emisiones antropogénicas provenientes de fuentes de área y fuentes móviles.

El segundo contaminante en orden de importancia por su contribución es el monóxido de carbono (CO), el cual contribuye con casi 18% de las emisiones totales de contaminantes criterio de Oaxaca. El 86% de este contaminante proviene del Sector Transporte, cuya flota es cercana a 309 mil unidades, de la cual el 97% son vehículos a gasolina y 3% a diesel. Existen también vehículos a gas licuado de petróleo, aunque su participación porcentual en la flota total es poco significativa.

Respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), éste representa 7%; donde prácticamente el total emitido proviene de las fuentes fijas, siendo la Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime, ubicada en el municipio de Salina Cruz y los ingenios azucareros –que queman combustóleo, los principales contribuyentes.

Las partículas (PM), por otro lado, contribuyen con el 2% de las emisiones totales. Estas emisiones provienen en un 62% de fuentes de área, básicamente generadas por actividades de labranza y construcción. El segundo mayor emisor de este contaminante son las fuentes fijas, entre las que destacan nuevamente los ingenios y la Refinería de Salina Cruz, contribuyendo con el 32%. Es importante destacar que, 64% de estas partículas son partículas de fracción respirable PM<sub>10</sub>, de las cuales, 61% son PM<sub>2.5</sub>.

En lo referente a óxidos de nitrógeno (NOx), en el estado se emiten alrededor de 84 mil toneladas al año, lo que representa 5% de las emisiones estatales. El 76% de este contaminante es de origen natural, en tanto que el 24% restante proviene de actividades antropogénicas, principalmente industrial y del transporte.

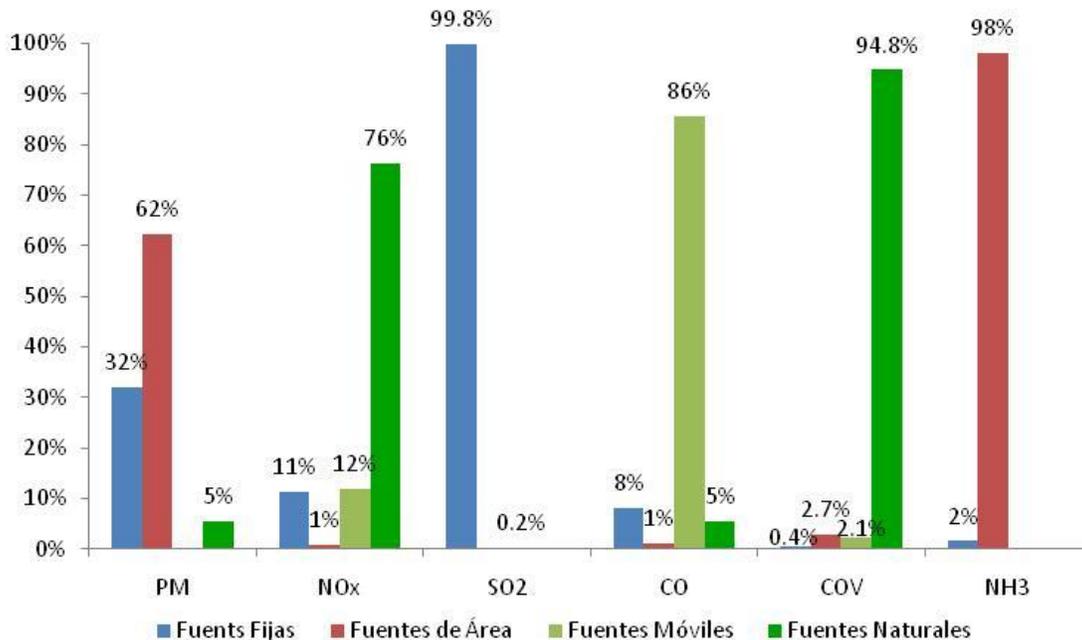
El amoníaco (NH<sub>3</sub>) es considerado un precursor de partículas secundarias que repercuten principalmente de manera regional en la visibilidad de los paisajes. Este contaminante es originado mayoritariamente por actividades ganaderas, aportando el 3% del total de contaminantes criterio en Oaxaca.

Con esta información a lo largo del proceso del desarrollo del PEACC se deberá considerar las implicaciones de salud pública y la viabilidad de influir en estas emisiones mediante acciones específicas.

La

Figura IV.4 muestra a manera de síntesis los resultados obtenidos para el estado de Oaxaca en lo que se refiere a contaminantes criterio.

Figura IV.4. Distribución porcentual de contaminantes criterio en el estado de Oaxaca por tipo de fuente, 2008



Fuente: elaborado por CMM 2011

### IV.3. Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca

El Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca se elaboró con base en la estimación de emisiones generadas en cada una de las categorías recomendadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, considerando el 2008 como año-base. Estas categorías son:

**Energía.-** Se calculan las emisiones de GEI provenientes de las principales fuentes de combustión definidas por el IPCC, en las que se incluyen la generación de electricidad, el transporte y la industria manufacturera.

**Procesos Industriales.-** Se estiman las emisiones generadas por la industria, de acuerdo a las materias primas y compuestos específicos que son utilizados o transformados física o químicamente para la producción de bienes.

**Agricultura, ganadería y cambio de uso de suelo.-** Con respecto a la agricultura, las estimaciones realizadas corresponden a las emisiones de metano, monóxido de carbono (CO) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de los residuos de las cosechas.

En cuanto a la ganadería, se estiman las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de la fermentación entérica, es decir, del proceso digestivo de los animales

herbívoros y, del manejo de estiércol, por su descomposición en condiciones anaeróbicas, que se presentan generalmente cuando se cría un número elevado de animales en un área confinada.

Finalmente, con relación a los suelos agrícolas se estiman las emisiones directas de óxido nitroso provenientes de la producción animal y del sector agrícola en forma de urea y amoníaco, generadas por el uso de fertilizantes.

**Residuos:** Son emisiones estimadas provenientes del manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos. En este rubro se producen cantidades significativas de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) como parte del proceso de descomposición.

Los potenciales de calentamiento global utilizados para determinar el total de bióxido de carbono equivalente emitido por el estado se muestran en la Tabla IV.4.

Tabla IV.4. Potencial de Calentamiento Global considerados por el Protocolo de Kioto

Bióxido de carbono	Metano	Óxido nitroso
1	23	296

Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001

De acuerdo con el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca (

---

Tabla IV.5), el estado contribuyó con 15.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq durante el 2008, lo que corresponde aproximadamente al 2% con respecto de las emisiones totales reportadas para el país en el Inventario Nacional 2006, desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología.

De manera particular, cada habitante de este estado contribuye con cerca de 1.9 tCO<sub>2</sub>eq al año, cifra que se encuentra cuatro veces por debajo del promedio nacional (6.7 tCO<sub>2</sub>eq *per cápita* al año).

Tabla IV.5 Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Oaxaca, 2008

Categoría	Emisiones GEI (t CO <sub>2</sub> eq/año)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq
Energía	8,115,940	3,472	556	8,360,302
Procesos industriales	808,421	-	-	808,421
Agricultura y ganadería	0	171,185	3	3,938,170
Uso de suelo y vegetación	5,123,711	677	35	5,149,588
Residuos	0	25,655	0	590,065
<b>Total</b>	<b>14,048,071</b>	<b>200,989</b>	<b>594</b>	<b>18,846,545</b>

Fuente: elaborado por CMM 2011

### IV.3.1. Energía

La categoría de Energía es la principal emisora de gases de efecto invernadero. Aporta el 44% del total del bióxido de carbono equivalente generado en el estado de Oaxaca. De esta categoría destacan las emisiones del Sector Manufacturero con el 61%, seguido por el Sector Transporte con el 28%, la generación de energía eléctrica contribuye únicamente con el 6% y el Sector Residencial y Comercial con el 5%.

En el Sector Transporte destacan las emisiones provenientes del Autotransporte, el cual contribuye con el 93%. El subsector ferroviario se encuentra en segundo lugar con solamente el 5%; en tanto que los subsectores aéreos y marítimos contribuyen cada uno con un 1%.

De manera particular, en lo que respecta a la Industria Manufacturera, las actividades del Sector Petróleo y Petroquímica contribuyen con el 64% de los 5.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. En segundo lugar se encuentra la producción de alimentos y bebidas con el 16%, seguida de la industria azucarera con el 9% y la industria del cemento y cal con el 8%.

De acuerdo con estas cifras, el gobierno de Oaxaca tiene importantes oportunidad para reducir, en una primera fase, las emisiones asociadas al Sector Transporte, (principalmente autotransporte). Otro sector clave, es el Residencial, el cual si bien de acuerdo a la metodología planteada por el IPCC participa únicamente con el 5% de las emisiones, la quema de leña resulta un tema prioritario para mejorar no solo la calidad del aire; sino la salud de la población rural que la utiliza para la preparación de sus alimentos. Otros sectores importantes en los que es factible una intervención temprana son el de alimentos y bebidas, el azucarero y el del cemento. La intervención en estos sectores tendrá impactos sustantivos en la reducción de emisiones, de riesgos a la salud y bienestar de la sociedad.

### IV.3.2. Uso de Suelo y Vegetación

En segundo lugar, con una aportación del 20% se encuentra la categoría de Uso de Suelo y Vegetación, cuyas emisiones provienen del carbono asociado a la pérdida de biomasa forestal.

En cuanto al tema de incendios forestales, el Estado de Oaxaca registró en el año 2008 un total de 274 incendios, afectando 14,677 hectáreas, ocupando el sexto lugar en el país con mayor superficie afectada para el año en estudio, que si bien pueden explicarse por presentar veranos muy húmedos con inviernos y primaveras muy secas (R. Pompa, 1995), las actividades humanas y condiciones que los provocan, son condicionantes que en el futuro se verán agravadas.

Tabla IV.6 Incendios forestales registrados en Oaxaca, 2008

Superficie del Estado de Oaxaca (Ha)	Superficie incendiada (ha)	Porcentaje de Afectación	Número de Incendios
9,379,300	14,677	0.2%	274

Fuente: Comisión Nacional Forestal

Las emisiones registradas por esta causa ascienden a una magnitud de 26 mil toneladas anuales de CO<sub>2</sub>eq.

Sin duda este tema es de gran mas allá de representar un fuerte aporte a las emisiones GEI del estado de Oaxaca, sobre todo por las implicaciones de biodiversidad, servicios ambientales, vulnerabilidad de suelos y laderas, y productividad. Deberá ser atendido con mayor presteza por las políticas de desarrollo rural tanto federales como estatales, la profundización de las causas de cambio de uso de suelo (pérdida forestal) y degradación de los bosques, serán plenamente desarrollados en el propio PEACC.

### IV.3.3. Agricultura y Ganadería

El tercer lugar lo ocupan la categoría de Agricultura y Ganadería con el 18% del total de las emisiones que provienen principalmente de la fermentación entérica y del manejo de estiércol.

En el estado de Oaxaca, la población es mayoritariamente rural, por lo que el ganado que alberga es destinado básicamente al autoconsumo (ver siguiente apartado sobre cambio de uso de suelo).

Las emisiones totales derivadas de esta sub categoría, asciendan a 1.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq anuales, de las cuales las más cuantiosas son las provenientes de la fermentación entérica.

### IV.3.4. Procesos Industriales

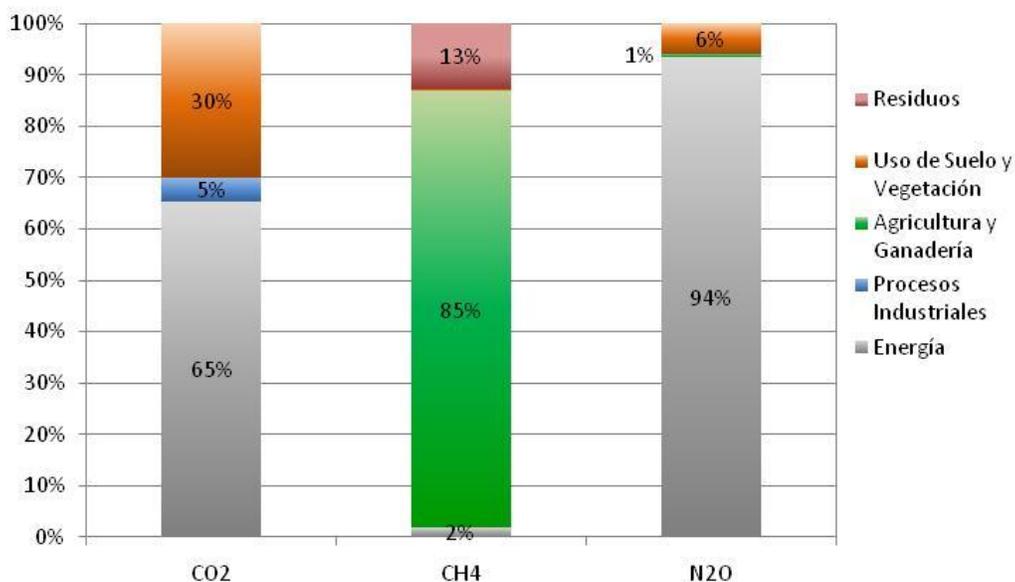
En cuanto a la de Procesos Industriales, las emisiones de bióxido de carbono equivalente estimadas provienen de la operación de una planta cementera que se ubica en el estado que contribuye con 4% de los gases de efecto invernadero.

### IV.3.5. Residuos

La disposición de residuos sólidos municipales se estima en 803 mil toneladas de residuos al año, de las cuales solo 12 mil son dispuestas en sitios controlados y/o rellenos sanitarios, estos materiales contribuyen con 3% del total de las emisiones del estado. De igual forma este tema deberá ser atendido plenamente en el PEACC.

La Figura 5 sintetiza la contribución por cada uno de los gases de efecto invernadero estimados por categoría para el estado de Oaxaca considerando al 2008 como año base. En el caso de la categoría de Energía, ésta contribuye con 65% de las emisiones de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y 94% de las de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). En el caso de la categoría de Uso de Suelo y Vegetación, las emisiones de  $\text{CO}_2$  son resultado de la deforestación o cambio de uso, por lo que se considera importante desarrollar proyectos de reforestación e integración de corredores biológicos así como estrategias REDD+. La Agricultura y Ganadería son los principales emisores de metano debido básicamente a la cría de ganado. En cuanto a los Residuos, éstos contribuyen con el 13% de las emisiones de metano, como resultado de su disposición a cielo abierto y la falta de proyectos que permitan la recuperación de este gas producto de la descomposición de la basura orgánica.

Figura 5. Participación porcentual de gases de efecto invernadero por categoría en el estado de Oaxaca, 2008



Fuente: elaborado por CMM 2011

## V. La vulnerabilidad ante el cambio climático en Oaxaca

### V.1. Los impactos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos

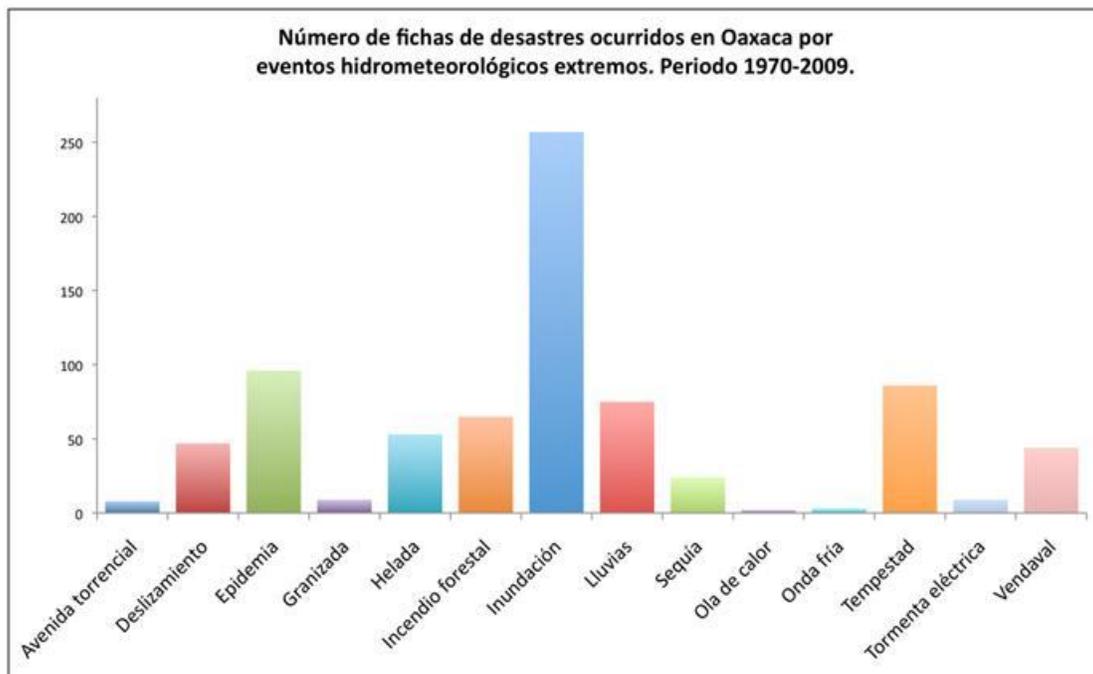
En el Estado de Oaxaca las variaciones climáticas impactan año con año de manera desigual en los sectores económicos y sociales.

Para el sector agrícola de temporal las variaciones en el clima pueden determinar el éxito o el fracaso de la producción: una buena temporada de lluvias, aunada a condiciones adecuadas de temperatura y ausencia de eventos hidrometeorológicos extremos son elementos que garantizan el éxito de las cosechas. Sin embargo, estos elementos presentan una gran variabilidad.

Dentro de las amenazas de tipo hidrometeorológico que afectan con mayor frecuencia a Oaxaca están las asociadas con la intensidad de la precipitación: inundaciones y deslizamientos de laderas. Por otra parte, la falta de lluvias y la presencia de altas temperaturas provocan severas pérdidas en la producción agrícola. Los episodios de calor extremos también adquieren gran relevancia pues en combinación con prácticas de roza tumba y quema durante un periodo de sequía tienden a resultar en incendios forestales.

Los incendios que afectan al estado son considerados como devastadores en términos de superficie maderable, las regiones más vulnerables son las zonas de bosques y pastizales de la Mixteca, la Sierra Sur y Norte, y el Istmo.

Figura V.1 Número de reportes periodísticos sobre desastres de origen hidrometeorológico en Oaxaca entre 1970 y el 2001



Fuente: DesInventar 6.

Los registros oficiales muestran que los mayores costos por personas afectadas, viviendas dañadas, superficies de cultivos y/o pastizales perdidas e infraestructura afectada están relacionados de manera directa o indirecta con la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (Tabla V.1). Año con año, la resiliencia<sup>6</sup> de Oaxaca se pone a prueba debido que pueden presentarse de manera secuencial uno o más eventos del tipo que causan severos impactos.

Tabla V.1 Impactos socioeconómicos por eventos hidrometeorológicos extremos

Año	Evento	Muertos	Población afectada (personas)	Viviendas dañadas	Áreas de cultivo dañadas y/o pastizales (ha)	Caminos afectados	Total de daños (millones de pesos)
1997	Huracán Paulina	81	279,000	54,000	182,282	18 puentes dañados, 2 colapsos de carreteras	80,000
1998	Incendios forestales				241,708		
2001	Huracán Iris	23	2,100	884	240		10.6
2004	Incendios forestales				2,841		2.8
2005	Huracán Stan	5	37,405	7,481	32,155	7796.9 Km.	1,757.0
2005	Granizo	8	5,000	800	332		35.4
2005	Lluvias intensas	0	4,200	800		2 puentes	9.8
2006	Incendios forestales				13,097		13.1
2006	Tormenta eléctrica	3	1,684	0	5,210		98.1
2007	Sequía		42,668		65,371		52.3
2007	Lluvias intensas		956	200			103.9
2008	Incendios forestales				14,677		14.7
2008	Lluvias intensas	4	19,948	3,989			1,045.9
2009	Sequía		47,814		62,746		286.5
2009	Incendios forestales	5			14,650		14.7
2009	Lluvias intensas	1	39,230	3,560			204.9

Fuente: Serie Impactos socioeconómicos de los desastres en México, CENAPRED, 1990.

<sup>6</sup> A partir del concepto de resiliencia ecológica, la resiliencia social se ha definido como la capacidad de los grupos o comunidades de amortiguar tensiones externas y disturbios como resultado de cambios sociales, políticos o ambientales (Nelly and Adger, 2000).

Las fuertes precipitaciones asociadas a los huracanes producen deslaves e inundaciones que afectan a poblaciones ubicadas en cañadas o laderas de las montañas. Un ejemplo claro de la magnitud de pérdidas asociadas a este tipo de fenómenos ocurrió con el huracán Paulina.

En octubre de 1997 se presentaron lluvias intensas que superaron más de 300 mm en unas cuantas horas lo que ocasionó el desborde de ríos e inundaciones, cuantiosas pérdidas agrícolas, principalmente en la producción de maíz y café, y daños en gran parte de la infraestructura carretera del Estado; los montos se estimaron en más de \$80,000 millones de pesos.

A esto hay que sumar los gastos asignados para las labores de auxilio y los apoyos financieros gubernamentales de labores de reconstrucción; únicamente considerando los montos de la iniciativa privada, se gastaron 800 millones de pesos y se creó un Fondo de reconstrucción con 10.4 millones de pesos y un programa de créditos emergentes de la banca privada (CENAPRED, 1990).

Si bien, las lluvias intensas provocan severos daños, estas lluvias son también el medio por el cual la población se beneficia, sobre todo en aquellas zonas que poseen infraestructura para el almacenamiento y distribución de grandes volúmenes de agua.

Esto permite asegurar el riego en el siguiente ciclo agrícola en regiones como Valles Centrales y Juchitán (Istmo), así como la producción de electricidad en las Presas Yosocuta, Cerro de Oro y Miguel Alemán, todas ubicadas en la región del Papaloapan.

Por otra parte, la falta de lluvias desencadena distintos tipos de sequía (NDMC, 2002); el sector agrícola temporalero es generalmente el primer afectado, debido a su dependencia directa con el agua almacenada en el suelo.

Si las deficiencias de la precipitación continúan, las fuentes de abastecimiento de agua para la agricultura de riego y la ganadería, así como el agua para la población, comienzan a mermarse. Subsecuentemente se presentará un déficit en los depósitos naturales superficiales (ríos y lagos) y los reservorios subterráneos.

Una sequía de corto plazo, de tres a seis meses, puede tener poco impacto en estos depósitos de agua. El grado de afectación dependerá principalmente de las demandas de agua. Cuando la precipitación regrese a condiciones normales se da la recuperación de las reservas de agua. De lo contrario, la escasez se vuelve una causa de conflicto y un problema de competencia por el recurso y como se ha visto un síntoma de mal manejo o sobreexplotación del recurso.

Un aspecto que ha cobrado importancia en años recientes y que está asociado con las variaciones de temperatura y precipitación, es la incidencia de dengue, infecciones respiratorias y enfermedades diarreicas (EDAs) en estados como Oaxaca. En particular este tipo de enfermedades afectan principalmente a la población de escasos recursos. Se sabe que existe una asociación positiva de estas enfermedades con el incremento de la temperatura (INE, 2007).

Los resultados de una evaluación de la incidencia de dengue y EDAs a nivel municipal para todo el país, considerando los escenarios de cambio climático, muestran que para el 2030 los casos anuales de dengue y EDAs pueden incrementarse en 5% aproximadamente. Esto podría significar para Oaxaca, de no tomarse medidas específicas, establecer un estado de emergencia sanitaria permanente.

En Oaxaca el ciclo inundaciones-sequías se ha convertido en una constante que requiere de grandes cantidades de dinero para permitir a las regiones afectadas regresar a su condición “normal”. Las explicaciones ofrecidas frecuentemente ponen como responsable del desastre a la naturaleza misma (el erróneo paradigma naturalista). Por ello la sociedad en su conjunto deberá tomar iniciativas a reflejarse en el PEACC.

Se dice que la sequía agrícola de 1997 y los incendios forestales en 1998 fueron causados por “El Niño”; la pérdida de cosechas en el verano del 2007 por el retraso de las lluvias; los daños al sector turismo por “Stan” y las más recientes inundaciones en el 2009 por el cambio climático.

Sin embargo es importante proponer que formalmente no existen los “desastres naturales”, y considerar que sólo son un reflejo de lo que los humanos como sociedad hacemos o dejamos de hacer, y que resultan en crear condiciones de mayor vulnerabilidad, donde sin duda los disparadores de las calamidades son los eventos del clima (Landa *et al.*, 2008).

Los desastres deben ser considerados resultado de la combinación de un fenómeno hidrometeorológico con una alta vulnerabilidad social y de los ecosistemas ante dicho evento.

En otras palabras, el desastre está relacionado con una amenaza, como puede ser una condición hidrometeorológica extrema, pero también es consecuencia de una vulnerabilidad en aumento y de la falta de capacidad para hacer frente a la amenaza. La vulnerabilidad está determinada por la forma en que las sociedades se han desarrollado, se organizan y se preparan para enfrentar las amenazas; así como la forma en que se recuperan de ellas.

La vulnerabilidad es entonces una condición previa, que se manifiesta durante el desastre, cuando no se ha invertido suficiente en prevención, y se ha aceptado un nivel de riesgo por encima de un umbral crítico.

El riesgo es el resultado de la combinación de una amenaza y de la compleja vulnerabilidad del territorio y de su sociedad (CEPAL-BID, 2000). Para conocer cuáles son y cómo se manifiestan los riesgos ante extremos del clima en Oaxaca, primero se debe analizar la relación clima-vulnerabilidad y evaluar los posibles efectos de los cambios en uno y otro. Tarea primordial del PEACC que se plantea desarrollar para Oaxaca.

Ante las condiciones de variabilidad climática que estarán asociadas al calentamiento global, el estado de Oaxaca no debe permitirse perder más bosque, debe desarrollar estrategias de restauración y regeneración forestal para aumentar la calidad y superficie de sus ecosistemas como garantía de la captura de agua, retención de suelos y control del clima, y por supuesto del mantenimiento de la biodiversidad, entre otros muchos.

Del mismo modo Oaxaca deberá crear nuevas condiciones para disminuir la vulnerabilidad de su población enfrentando la pobreza, y creando las capacidades para responder a las amenazas. Precisamente por estas razones es que se propone la creación de un Sistema de Alerta Temprana como medida de adaptación (ver apartado de

## V.2. Elementos de la variabilidad climática en el estado de Oaxaca

En Oaxaca se presentan una gran variedad de climas debido a su posición geográfica y orografía. En la zona baja de la porción nororiental predomina el clima cálido húmedo; en las costas y en las cuencas bajas de los ríos, climas cálidos subhúmedos; en la mayor parte de las montañas bajas y en los valles los climas son cálidos y semicálidos subhúmedos y semisecos; en las montañas de las vertientes del Golfo de Tehuantepec y del Pacífico se presentan climas templados húmedos y subhúmedos.

La temporada de lluvias comienza en mayo y termina en octubre. Entre estos meses llueve aproximadamente 90% del total de lluvia. En verano, las mayores precipitaciones se concentran en las laderas orientales de la Sierra de Juárez, noreste del estado.

Esto se debe a diversos factores pero sobre todo a que esas laderas están expuestas a los vientos húmedos del Golfo de México y tienen una orientación y altitud tales que propician el ascenso de los vientos, su enfriamiento, la condensación del vapor de agua que contienen y finalmente la precipitación.

Durante el invierno, las lluvias disminuyen notablemente en todo el Estado. En estas fechas se alcanzan los mínimos de temperatura principalmente en las zonas montañosas, mientras que en las zonas de menor altitud la temperatura media del mes más frío está por encima de los 18 °C.

Figura V.2 Mapa de climas con regiones



Fuente: INEGI, 2011

Tabla V.2 Distribución climática por regiones en Oaxaca

Zona	Clima	Precipitación (mm/y)	Temperatura mensual (°C)
Costa	 Cálido subhúmedo	700 a 2000	24 a 28
Istmo	 Cálido subhúmedo	800 a 2500	22 a 28
Papaloapan	 Cálido húmedo	2000 a 4500	24 a 26
Sierra Norte	 Cálido húmedo	1000 a 3000	12 a 22
	 Cálido subhúmedo		
Sierra Sur	 Templado subhúmedo	800 a 2000	10 a 22
	 Cálido subhúmedo		
Mixteca	 Seco y semiseco	500 a 2000	16 a 22
	 Cálido subhúmedo		
Cañada	 Seco y semiseco	300 a 600	22
Valles	 Seco y semiseco	600 a 800	16 a 22
	 Templado subhúmedo		

Fuente: INEGI, 2011

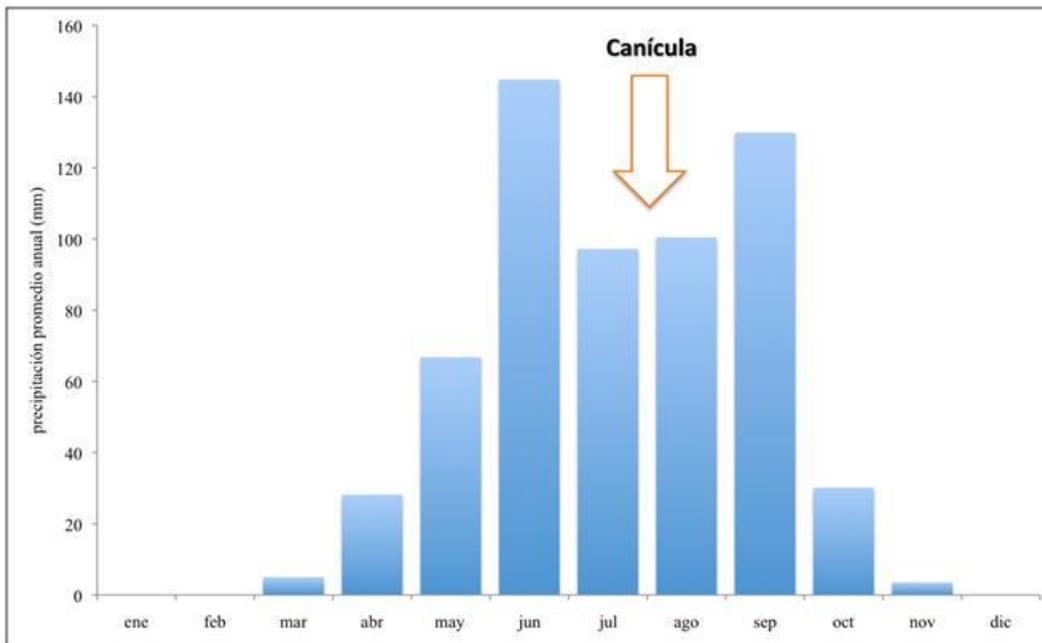
El ciclo anual de las lluvias de verano se caracteriza por presentar dos máximos en la precipitación, el primero en junio y el segundo en septiembre. Entre estos meses se observa un mínimo relativo conocido como la sequía intraestival o sequía de medio verano, canícula o veranillo.

La canícula es considerada como uno de los fenómenos que modulan las lluvias en México (Reyna, 1970; Magaña *et al.*, 1999; Florescano y Swan, 2000).

Este mínimo de precipitación corresponde a una menor cantidad de nubes convectivas profundas, lo que permite la mayor incidencia de radiación solar y por lo tanto una mayor temperatura de superficie que la gente asocia con el calor agobiante de la canícula (Ambrizi y Magaña, 2005; Magaña y Caetano, 2005).

La canícula se presenta cada año con un comportamiento diferente (ver figura V.3), principalmente su intensidad y duración se pueden ver alteradas por fenómenos oceánicos (forzadas por moduladores) como El Niño-Oscilación del Sur (conocido en la literatura como ENOS) (Florescano y Swan, 2000; Magaña *et al.*, 2000; Peralta *et al.*, 2005; Neyra, 2006; Vargas, 2009).

Figura V.3 Ciclo anual de la precipitación en Valles Centrales, Oaxaca.



Fuente: Datos SMN, 2011.

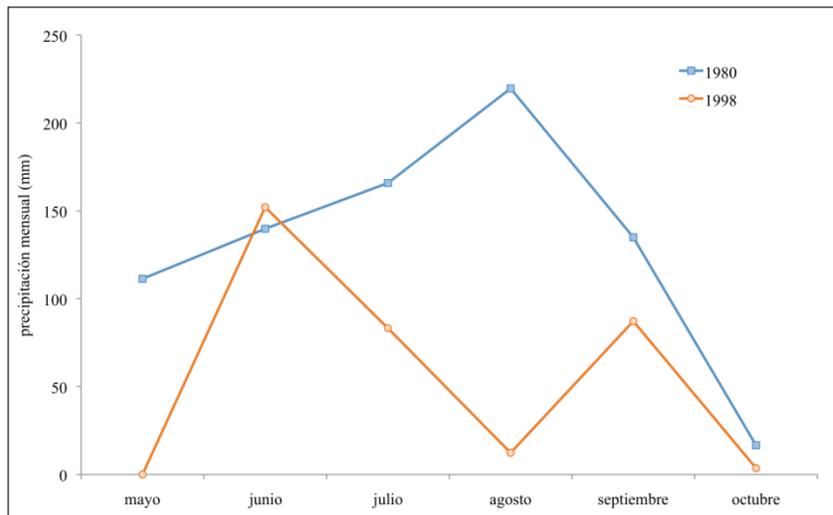
Después del ciclo anual de lluvia, la forma más importante de variación del clima de Oaxaca está relacionada con El Niño (Ropelewski y Halper, 1987; Philander, 1990). El Niño se refiere originalmente a un calentamiento anómalo de las aguas del mar frente a las costas de Perú que ocurre poco antes de fin de año o de la Navidad, de ahí el nombre “El Niño” (por el niño Jesús).

A diferencia del ciclo anual, el fenómeno ENOS no tiene un periodo regular. Puede ocurrir en lapsos de dos a siete años y con diferente intensidad, lo que lleva a veces a hablar de El Niño débil o El Niño fuerte. Existe además la contraparte de El Niño, conocida como La Niña, que consiste en un enfriamiento anómalo de las aguas del Pacífico del este (Magaña *et al.*, 1999).

Cuando es año El Niño, el régimen de lluvias de verano en el país presenta una disminución en la cantidad de precipitación.

Por el contrario, en años Niña, las lluvias se presentan por arriba de lo normal, en particular en la costa del Pacífico (Magaña *et al.*, 2000; Uribe, 2002). En Oaxaca los años Niño, por ejemplo: 1982-83, 1986-87, 1992-93, 1995-96 y 1997-98 coinciden con una importante disminución de la lluvia, esta falta de lluvias esencialmente en los meses de abril y mayo se puede traducir en el retraso del inicio de las lluvias. Sólo en aquellos periodos en que El Niño se debilitó o desapareció, como en 1980, las lluvias se recuperaron (Figura V.4).

Figura V.4 Comparación del ciclo anual de la precipitación durante año Niño (1998) y año No-Niño (1980) en la Estación Oaxaca de Juárez.



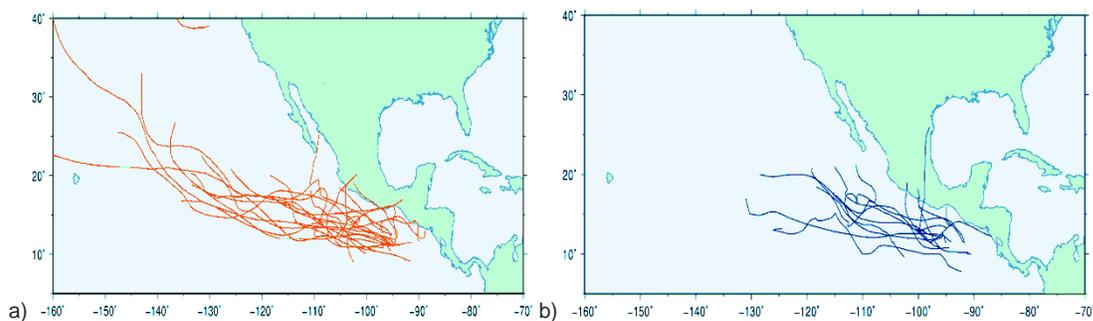
Fuente: SMN, 2011.

Por otra parte, se ha encontrado que en el largo plazo las lluvias en el sur de México presentan una leve tendencia a disminuir (Méndez, 2002). Esto puede ser debido a la influencia del ENOS y la actividad ciclónica tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico.

En un estudio realizado por Domínguez (2011) se analizaron los eventos intensos de El Niño (1972,1982,1991 y 1997) y La Niña (1973,1975,1988 y 1998) y la presencia de ciclones en el Océano Pacífico para ambas fases.

Los resultados muestran que cuando hay evento El Niño se favorece la formación de ciclones tropicales en las costas de Oaxaca, mientras que durante La Niña disminuyen (Figura V.5).

Figura V.5 Actividad ciclónica tropical durante los eventos intensos de a) El Niño y b) La Niña en el Océano Pacífico.



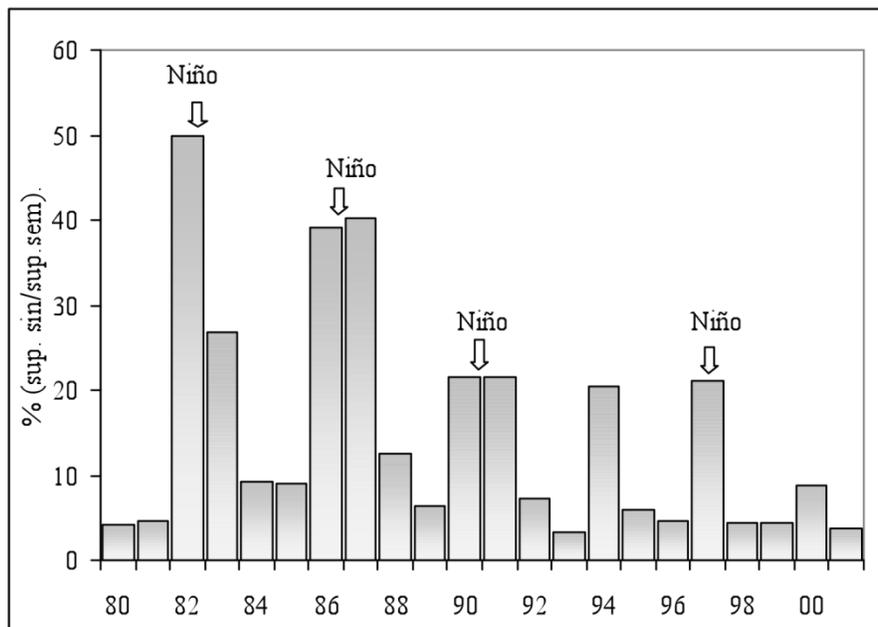
Fuente: Domínguez, 2011.

La variabilidad climática, expresada en sequías o lluvias intensas, tiene grandes implicaciones en las actividades socioeconómicas desarrolladas en las diversas regiones del Estado, es por ello que se requieren acciones inmediatas para su prevención. Por ejemplo, las prácticas agrícolas de temporal son muy sensibles al retraso, irregularidad o deficiencia persistente en las precipitaciones (Figura V.6).

En la mayoría de las ocasiones la presencia de El Niño significa severas pérdidas en la cosechas de maíz (Neri, 2004). Es a través de estos fenómenos que el cambio climático se va a manifestar, o se está manifestando.

Si se consideran los posibles efectos del cambio climático, el que un evento se convierta en amenaza dependerá de la sensibilidad de la región a ese evento y de que ésta se convierta en desastre dependerá de la capacidad adaptativa de la región. Por ello la disponibilidad de información climática y la capacidad de utilizarla para planear se convierte en un instrumento preventivo de gran valor.

Figura V.6 Relación de el ENOS y el grado de siniestralidad (sup. siniestrada/ sup.sembrada) del maíz en Oaxaca. Periodo 1980 – 2001.



Fuente: Neri, 2004.

El mayor reto de las ciencias atmosféricas ha sido poder pronosticar el estado futuro de la atmósfera. Hasta hace un tiempo, la mayor parte de los trabajos en el campo de la predicción climática se basaban en estadísticas climáticas.

Actualmente, se cuenta con complejos modelos que permiten pronosticar con acierto el estado de la atmósfera hasta con 3 días de anticipación (Magaña, 2000).

Existen diferentes mecanismos de pronóstico regional del clima incluyendo esquemas estadísticos y modelos físicos, por lo general los modelos estadísticos aprovechan las relaciones históricas entre variables relacionadas con ENOS y condiciones regionales de clima.

Este tipo de modelos establecen una relación matemática de dependencia entre un predictor como la temperatura de la superficie del mar que, usando información de condiciones observadas previamente, comparan y crean una proyección (Anderson *et al.*, 1999).

El Estado de Oaxaca es donde se tiene una mayor capacidad de pronosticar su clima en términos del ENOS. La relación es que años El Niño son secos porque la canícula tiende a ser muy intensa y el inicio de las lluvias tardío. Por el contrario, con La Niña la señal de la canícula disminuye y las lluvias inician a tiempo.

De aquí que la constante observación, monitoreo y modelaje del clima sea un instrumento de planeación y prevención del riesgo ineludible para la población de Oaxaca, por ello, la creación de un Sistema de Alerta Temprana se considera la medida de adaptación inmediata más idónea.

### **Dinámica espacial y temporal de los incendios en Oaxaca**

González (2005) analizó la dinámica espacial y temporal de los incendios en Oaxaca durante el periodo 1998-2003. El número de incendios y la superficie afectada se analizó con base en los datos generados por Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), también utilizó los datos de puntos de calor generados por imágenes de satélite AVHRR de la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO) del periodo de 2000 al 2003.

Los resultados muestran que el tamaño de cada incendio fue variable, sin embargo, los eventos más frecuentes registraron entre 3 y 50 ha de superficie, por otro lado pocos incendios presentaron extensiones > a 1200 ha. La superficie afectada y el número de incendios fue marcadamente diferente entre años, por ejemplo, en 1998 se presentaron 417 incendios y 252,184 ha incendiadas.

En contraste, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003 presentaron alrededor de 300 incendios y menos de 70,000 afectadas cada uno. La distribución temporal de los incendios está bien delimitada de los meses de diciembre a junio: la mayor frecuencia de éstos se presenta en abril y mayo debido a que en estos meses son más frecuentes los periodos de sequía y elevadas temperaturas, además es el inicio de las actividades agrícolas y pecuarias.

Desde el punto de vista espacial, las regiones más afectadas fueron los Valles Centrales y la Sierra Sur, y las menos afectadas fueron el Papaloapan y la Cañada.

En Oaxaca, los incendios afectan significativamente a los tipos de vegetación con arbustos y pastizales. Los puntos de calor se concentraron principalmente en los bosques templados, la selva baja caducifolia, la selva mediana con vegetación secundaria y el pastizal inducido, y se distribuyeron en regiones como Sierra Sur, Istmo y Costa. Los incendios superficiales son los más frecuentes, pero los incendios de tipo mixto son los que se extienden más ampliamente.

La correlación entre el número de incendios y los factores climáticos como la temperatura y la precipitación no fue significativa. Esto sugiere que las actividades agropecuarias son responsables del creciente número de incendios; pero sus efectos son amplificados

durante los años secos (años ENOS), es decir se presentan con mayor frecuencia, son más extensos y más difíciles de combatir; el año 1998 es un ejemplo claro de este comportamiento.

La relación mega-incendios (más de 1000 ha) y el ENOS también ha sido analizada. Los resultados de otro estudio donde se analizó el comportamiento de la temperatura y precipitación y su relación con los mega-incendios para varias regiones del país, muestran que los mega-incendios son más frecuentes en el sur del país cuando El Niño intenso favorece la gran acumulación de material combustible en bosques tropicales y templados (González, 2008).

### V.3. Escenarios de cambio climático

Dado que el futuro del clima dependerá de cómo sean las emisiones globales de gases de efecto invernadero, se tiene que pensar en que se requieren proyecciones o escenarios de cambio climático (más que pronósticos del clima futuro).

Los escenarios de cambio climático se definen como: *“imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación”* (Nakicenovic et al., 2000).

Un escenario no determina en forma única el potencial impacto, pues es el riesgo (la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad) el que en realidad determina los impactos potenciales. Es por ello, que la vulnerabilidad debería detallarse con precisión pues es ahí donde tienen sentido y efecto las acciones de adaptación.

En el Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2007), se presentaron los escenarios regionales de cambio climático para México y Centroamérica. Bajo diversos escenarios de emisiones y para diferentes modelos, se prevé con alta certidumbre<sup>7</sup> que la temperatura aumentará entre 2 y 4° C hacia finales de siglo para México.

Por otra parte, es poco clara la tendencia y la magnitud de los cambios proyectados para la precipitación, sin embargo, la mayoría de los cambios proyectados son menores que la variabilidad interanual de las lluvias (SEMARNAT-INE, 2009).

Con la finalidad de contar con mayor detalle sobre posibles cambios en temperatura y precipitación para el país, diversas instituciones como la UNAM y el IMTA han realizado escenarios con mayor resolución.

---

<sup>7</sup> Una expresión del nivel de desconocimiento de un *valor* (como el estado futuro del *sistema climático*). La incertidumbre puede ser resultado de una falta de información o de desacuerdos sobre lo que se conoce o puede conocer. Pueden existir muchos tipos de fuentes, desde errores cuantificables en los datos a conceptos o terminologías definidos ambiguamente, o *proyecciones* inciertas de conductas humanas. La incertidumbre se puede representar con valores cuantitativos (como una gama de valores calculados por varias simulaciones) o de forma cualitativa (como el juicio expresado por un equipo de expertos) (PICC, 2007).

En la Cuarta Comunicación Nacional de México (SEMARNAT-INE, 2009) se presentan los escenarios resultado del ensamble de numerosos modelos para diferentes escalas temporales. Aquí puede apreciarse que la magnitud de los incrementos proyectados en temperatura aumenta para finales del siglo y cuantas más emisiones mundiales considera el escenario, mayor es el incremento de la temperatura.

Para el caso de Oaxaca la magnitud de los cambios proyectados en temperatura bajo el escenario A2<sup>8</sup> corresponde:

Para el 2020, el cambio en la temperatura media en Oaxaca podría variar de 0.5 a 1°C.

Para el 2050, se prevé un aumento en todo el territorio del estado de entre 1.5 a 2°C, con excepción de una pequeña porción al suroeste, en la región de la Costa, donde la temperatura podría incrementarse hasta 2.5°C.

Para el 2080, se espera para la mayor parte de Oaxaca un incremento de entre 2.5 a 3°C, con excepción de una porción al suroeste del territorio donde el incremento es mayor a los 3°C.

Es bien conocido que un aumento en la temperatura ocasiona un mayor número de días con ondas de calor que afectan a la población infantil y adultos de edad avanzada. Por otra parte un aumento en la temperatura se manifiesta también en temperaturas mínimas más elevadas (días menos fríos), por lo que algunos de los riesgos por bajas temperaturas disminuirían.

Por otra parte, la magnitud de los cambios proyectados para la variación de la precipitación bajo el escenario A2 son:

Para el 2020, se prevé que en las regiones de la Costa, Sierra Sur y el Istmo, localizadas en el sur y este del Estado, se registre una variación de 5 a -5% en la precipitación con respecto a la media, mientras que para las regiones de la Cañada, Sierra Norte, Papaloapan, Valles Centrales y la Mixteca, situadas en el norte y centro-oeste, se espera una disminución de entre -5 a -10%.

Para el 2050, se espera en el sur y el este, en las regiones de la Costa y el Istmo, un cambio de la precipitación de entre 5 a -5%. Mientras que para las otras regiones se prevé una disminución de entre el -5 y -10%.

Para el 2080, se prevé que en las regiones del centro y norte del estado la precipitación disminuirá entre el -5 y -10%, en las regiones de la Costa y el Istmo de Tehuantepec, se espera una variación de entre 5 y -5%; y en una pequeña porción de la región de la Mixteca se espera una reducción más intensa de entre el -10 y -15%.

Uno de los mayores retos que plantea el cambio climático es entender no sólo los cambios en valores medios del clima, sino sobre todo en sus extremos, para proponer estrategias de adaptación adecuadas que lleven a disminuir la vulnerabilidad frente a las variaciones del clima.

---

<sup>8</sup> Para desarrollar los escenarios de GEI, el PICC utiliza 4 grandes familias A1,A2, B1 y B2 (Nakicenovic et al., 2000). Los escenarios A2 son considerados como uno de los más representativos para países como México.

Considerando los escenarios del PICC y del INE, se puede deducir que es probable que la señal del cambio climático sea una marcada transición entre años con lluvias intensas y periodos con déficit severo de lluvia.

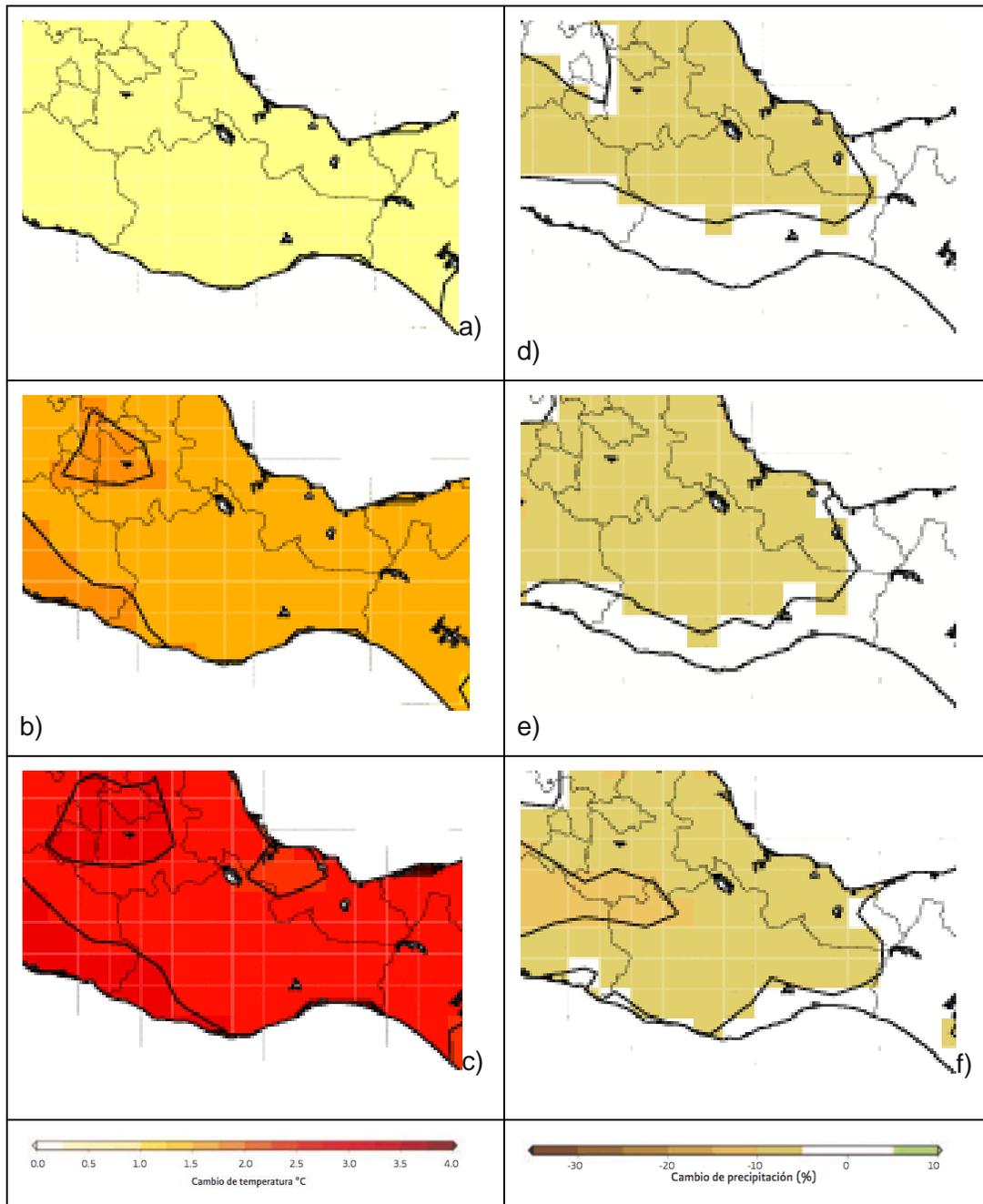
Sin embargo, este análisis debe ser complementado con proyecciones de lo que sucederá con los eventos extremos, bajo un escenario de cambio climático como es el caso de los huracanes.

De acuerdo al conocimiento que se tiene de estos fenómenos, existe una relación entre la máxima intensidad que puede alcanzar el fenómeno y la temperatura de la superficie del mar donde se desarrolla.

A mayor temperatura de superficie, mayor probabilidad de alcanzar categorías altas. Un planeta más caliente representará una mayor probabilidad de tener más huracanes intensos ubicados en escalas 4 ó 5 de Saffir- Simpson (PICC, 2007).

Los efectos del cambio climático también se manifestarán en otros elementos geofísicos regionales, para el caso de Oaxaca el aumento en el nivel del mar representa una amenaza para sectores como el turismo y los ecosistemas costeros. Se conoce que un aumento en el nivel del mar podría ocasionar inundaciones en tierras bajas, intrusión salina en mantos acuíferos y un mayor riesgo de mareas de tormenta aunado al posible cambio en la frecuencia y/o intensidad de los huracanes (SEMARNAT-INE, 2009).

Figura V.7 Promedio de las proyecciones regionales (50 km x 50 km) de cambio en cambio en temperatura media (°C) bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, para las climatologías a) 2020s, b) 2050s y c) 2080s y cambio de precipitación anual (%) bajo el escenario A2 de emisiones de GEI, para d) 2020, e) 2050 y f) 2080.



Fuente: SEMARNAT-INE, 2009.

Los resultados del estudio “Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos” (INE, 2008) muestran que Salina Cruz, Oaxaca, es uno de los lugares costeros en el país con menores cambios en el nivel del mar de 1952 a 1992, 1.13 mm/año (el sitio de mayor cambio en Guaymas, Sonora con 4.23 mm/año).

Sin embargo, de la construcción de escenarios futuros considerando un aumento del nivel del mar de 1 m, se obtuvo que una de las zonas con mayores afectaciones serían las costas de Oaxaca. Por ello en estudios futuros y particularmente en el Plan Estatal de Acción Climática de Oaxaca, deberá profundizarse y estimar el riesgo respectivo.

### Capacidad institucional

El fin primordial de la adaptación es, por un lado, promover acciones de corto y largo plazo que reduzcan los riesgos para la población y los costos ante los potenciales impactos del cambio climático. Y por otro aprovechar las oportunidades que deriven de los cambios en el clima.

La instancia encargada de salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante la ocurrencia de manera puntal de un evento hidrometeorológico extremo es el Sistema Estatal de Protección Civil<sup>9</sup> que a su vez forma parte del Sistema Nacional de Protección Civil.

Cuando la capacidad operativa y financiera de la entidad para atención de un fenómeno perturbador es superada, el estado en general solicita apoyo del Gobierno Federal a través de Fondo de Desastres Naturales (FONDEN).

Históricamente desde que empezó a funcionar el FONDEN, las entidades que más recursos han demandado son Chiapas y Oaxaca (CENAPRED, 2005). Las experiencias recientes de desastres ponen en evidencia la alta vulnerabilidad ante los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos.

Cada ocurrencia de un fenómeno natural (huracán, exceso de precipitaciones, etc.) amenaza con ser el origen de un desastre. Siguiendo el mismo patrón que otros estados, el Sistema de Protección Civil en Oaxaca se ha enfocado a responder a las emergencias más que a prevenirlas. Por ello en esta etapa de planeación y de respuesta inmediata, las medidas de adaptación propuestas son un factor clave y una respuesta de política pública ineludible.

---

<sup>9</sup> Instituto Estatal de Protección Civil de Oaxaca <http://www.proteccionciviloaxaca.net/>  
<http://www.proteccionciviloaxaca.net/ley.pdf>

Tabla V.3 Pagos del FONDEN a Oaxaca

Año	Fondo de desastres naturales: gasto federal asignado a Oaxaca (Millones de pesos)
1997	924.2
1998	39.4
1999	1129.9
2000	---
2001	---
2002	32.7
2003	293
2004	37.4
2005	742.1
2006	633
2007	79.9
2008	633
2009	158.6
<b>TOTAL</b>	<b>4,703.2</b>

Fuente: Serie Impactos socioeconómicos de los desastres en México, CENAPRED.

En lo que respecta al sector agrícola de temporal, se hace uso del Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC). Al igual que el FONDEN, el PACC cuenta con ciertas reglas para hacer la llamada Declaratoria por Contingencia Climatológica. La contingencia a la que más recursos se le han asignado es la sequía atípica.

Si bien, este programa en conjunto con otros programas de ayuda al campo han avanzado en la atención a las necesidades urgentes de los agricultores, aún se trabaja con altos niveles de riesgo.

Tal es el caso de que se presente una sequía cuya magnitud demande recursos en monto que rebasen las asignaciones presupuestales específicas y obligue a la reducción de otros programas gubernamentales.

Los desastres asociados a la variabilidad del clima, ponen de manifiesto que el uso de la información climática no ha pasado de ser una herramienta que simplemente explique los desastres, a una que lleve a la planeación. Hasta ahora los pronósticos han sido poco precisos y comunicados inadecuadamente, pues no reflejan la incertidumbre inherente a cualquier proyección de una condición futura, especialmente de un sistema como el clima.

Oaxaca cuenta con buenas experiencias en el uso de pronósticos para la planificación de cultivos, asociados al trabajo conjunto de extensionistas con agricultores.

Gran parte del reto en el uso de la información climática en general y de los pronósticos en particular, es poder comunicarlos de tal forma que puedan usarse como elementos de gestión del riesgo (Neri, 2010).

Aún con las imprecisiones propias de un sistema de pronóstico, la información climática puede valer millones de dólares cuando se aprovecha en la toma de decisiones.

## V.4. Cambio de uso de suelo

### V.4.1. Antecedentes

La influencia de las actividades humanas en el clima local está bien documentada. A escala regional, existen ejemplos que muestran que los cambios en el uso de suelo, por ejemplo la deforestación, pueden alterar el clima de una región.

El cambio en el uso de suelo altera el albedo, es decir, la proporción entre la radiación solar que llega a una superficie y la que es reflejada, lo que a su vez altera las condiciones de temperatura y humedad relativa.

La deforestación no sólo implica la eliminación de grandes superficies de bosques y selva, sino también un fenómeno que afecta la continuidad o conectividad para las especies que los componen, conocido como fragmentación. Las causas principales del cambio de uso de suelo que conducen a la deforestación están relacionadas sin duda a las actividades humanas (Lambin *et al.*, 2001).

El cambio de uso de suelo produce también cambios biofísicos importantes en el ambiente tales como el cambio en la humedad del suelo, en las temperaturas diurnas y extremas, cambios en los patrones de precipitación y en la frecuencia de tormentas severas (Pyke y Sandy, 2007).

En el sentido opuesto, el cambio climático está afectando el funcionamiento y la distribución geográfica de los ecosistemas a escala regional y mundial. Los ecosistemas tienen diferentes formas de responder y recuperarse ante un evento de cambio climático.

No todos los ecosistemas son altamente resilientes a estos cambios, es decir, han generado impactos irreversibles en algunos sistemas naturales. En el caso del cambio climático, para los próximos años, las relaciones vegetación-clima serán aún más complejas, ya que estos cambios se presentarán en muy corto tiempo (Gómez *et al.*, 2006).

Para el caso del estado de Oaxaca las tasas de deforestación cercanas al 3% anual sugieren que el efecto del cambio de uso de suelo disminuye la resiliencia<sup>10</sup> de los ecosistemas para enfrentar el cambio climático (Gómez *et al.*, 2006).

---

<sup>10</sup> Resiliencia social, "habilidad de las comunidades humanas de aguantar choques externos o perturbaciones a su infraestructura, como la variabilidad ambiental o social y sublevaciones económicas o políticas y reponerse de estas perturbaciones (INE, 2011).

Resiliencia: Capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez que ha sido afectada por un fenómeno físico. (PNUD,2010).

El efecto conjunto del cambio de cobertura vegetal y uso de suelo y el cambio climático constituirán en el futuro cercano los procesos de mayor cambio ambiental, por lo que deben ser considerados en la planeación y diseño de políticas de uso sustentable de los recursos naturales. Al cuidar la integridad funcional de las comunidades vegetales se puede promover la disminución de su vulnerabilidad ante el cambio climático.

Si bien existen pocos estudios enfocados al análisis de los efectos de la variabilidad y cambio climático en los ecosistemas, pueden preverse algunos de los impactos, y al mismo tiempo considerarse las lagunas de información para promover estudios específicos (tema que deberá considerarse en el PEACC).

Para el caso de Oaxaca, Gómez (2007) realizó un estudio para evaluar los efectos de la variabilidad de la temperatura y la precipitación en el comportamiento de la vegetación y caracterizar los umbrales de tolerancia climática de los distintos tipos de vegetación.

En ese estudio se identificaron las variaciones interanuales e intra-anales de la época de crecimiento y su relación con la variabilidad de la precipitación para todo el estado y para los principales tipos de vegetación.

Los resultados del posible efecto del cambio climático en la vegetación de la Sierra Norte muestran que existirá un cambio en los niveles altitudinales que normalmente alcanzan las especies de los géneros *Quercus*, *Pinus*, *Picea* y *Abies* debido a sus estrechas tolerancias climáticas. De ocurrir dicho corrimiento, puede originar cambios en la composición y funcionamiento de las comunidades y disminuir la cobertura de los bosques templados en todo el estado de Oaxaca.

El aumento de la temperatura en las regiones de bosques templados ha ocasionado un alargamiento de la época de crecimiento y una mayor severidad de las sequías. En años con anomalías positivas de temperatura, las precipitaciones disminuyeron o bien se atrasaron iniciando en junio y no en mayo, como ocurrió en 1987-1988 y 1997-98 (durante eventos El Niño).

La variabilidad climática y los umbrales de tolerancia de la Sierra Norte están cercanos a los escenarios de cambio climático. Bajo cambio climático la variabilidad climática se mueve hacia mayores temperaturas y cambios en la precipitación por lo que los umbrales de tolerancia documentados, se sobrepasan.

Esto sugiere que los ecosistemas no contarán con mecanismos o estrategias para resistir fácilmente el cambio climático. Por esto y para saber efectos potenciales en todo el estado de Oaxaca, son necesarios mayores estudios sobre el efecto de la variabilidad climática para las comunidades de la costa sur y zona del istmo.

#### **V.4.2. Bosques y manejo comunitario en Oaxaca**

Oaxaca es el estado con mayor biodiversidad de México (Ordóñez y Rodríguez, 2008), aquí se encuentran prácticamente todos los ecosistemas presentes del territorio mexicano y de acuerdo con el Inventario Nacional Forestal (2000) ocupa el tercer lugar con mayor superficie arbolada.

En el estado existen alrededor de 9,000 especies florísticas que representan el 50% del total nacional. También se encuentra 40% del total de especies de mamíferos, 63% de las

aves, 26% de los reptiles, 23% de los peces dulceacuícolas y 35% de los anfibios del país (Semarnat, 2008).

Grandes extensiones del estado han sido consideradas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) dentro de las 223 ecoregiones más importantes del mundo. En Oaxaca también se encuentran 11 áreas prioritarias para la conservación en el estado definidas por la Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad: Tehuacán-Cuicatlán, Sierra Granizo (Mixteca), Sierra Trique, Sierra de Tidaa, Sierra Norte, Zimatlán, Río Verde, Manglares de Chacahua y Manialtepec, Sierra Sur y Costa de Oaxaca, Sierra Mixe-La Ventosa, Selva Zoque (Chimalapas, Ocote y Uxpanapa)<sup>11</sup>.

Se reconoce que los bosques cumplen funciones claves de estabilización de los ecosistemas: constituyen el sostén de gran parte de la diversidad biológica, contribuyen a mantener la calidad del aire, el agua y el suelo e intervienen en la regulación de la temperatura del planeta (Merino, 2004). Además, los bosques de México tienen un enorme valor ambiental, social y económico.

La extensión del estado de Oaxaca es de 9,536,400 ha, cerca de 5.1 millones de ha son superficies forestales (39% de la superficie estatal). Los bosques templados cubren 2.7 millones de ha, donde se presentan asociaciones forestales de distintos tipos: bosques mesófilos de montaña, bosques de pino, bosques de pino–encino, bosques de encino–pino, bosques de encino y matorral de coníferas.

Se encuentran distintos tipos de selvas tropicales (37% de la superficie estatal), caducifolias, perennifolias y sub-perennifolias, que en conjunto abarcan 2.4 millones de ha. Se presentan también zonas de matorrales (8.3% de la superficie estatal) que incluyen bosque de tascate, mezquital, chaparral, matorral subtropical, matorral crausicaule, matorral con izotes y matorral submontano.

Existe vegetación costera y acuática (1.5% de la superficie estatal): vegetación de dunas costeras, popal, tular y manglar. Los bosques de Oaxaca se distinguen por una elevada productividad biológica y presentan uno de los niveles de diversidad de flora y fauna más altos del país (Toledo y Ordóñez, 1993).

A partir de la década de los ochenta en diversas regiones de Oaxaca, en particular en la Sierras Norte y Sierra Sur, se han desarrollado y consolidado importantes iniciativas de aprovechamiento forestal comunitarias.

Algunas han avanzado en esquemas de integración vertical de la producción, diversificación de las actividades forestales, esquemas de manejo silvícola y conservación de importantes superficies forestales. No obstante, en otras tantas comunidades el cambio de uso del suelo y el deterioro forestal aún son presiones constantes para la conservación de los bosques (Merino, 2004).

El manejo comunitario en Oaxaca ha demostrado buen uso de recursos forestales al presentar tasas de cambio de uso de suelo menores a las de escala nacional por municipio y con relación a otras regiones del país con propiedad privada. Las

---

<sup>11</sup> Ver nota completa en:

[http://congresomesoamericano.conanp.gob.mx/assets/files/S4s3\\_Hector%20Gustavo%20Sanchez\\_extensa.pdf](http://congresomesoamericano.conanp.gob.mx/assets/files/S4s3_Hector%20Gustavo%20Sanchez_extensa.pdf)

comunidades más involucradas en el manejo forestal presentan menor migración que las sociedades no organizadas.

No obstante el buen ejemplo de la organización comunitaria de los bosques en Oaxaca, existen problemas importantes ocasionados por la migración. Por ejemplo en la población de Sierra Norte faltan habitantes jóvenes de entre 20 y 25 años por esta causa, lo que ha generado cambios en los servicios a la comunidad (tequio) ya que era la población joven la que tenía mayor participación.

Programas de apoyo forestal como Procymaf y Coinbio han promovido el desarrollo y la producción comunitarios así como la gestión integral del manejo de la biodiversidad basado, en mucho, en la forma de aprovechamiento de las comunidades en Oaxaca (Martínez, 2005).

A diferencia del resto de las entidades forestales del país, la gran mayoría de la madera que se produce en Oaxaca se extrae de bosques comunales, cuya aportación asciende a más de 86% del conjunto del volumen autorizado en el estado (542,038 m<sup>3</sup> R.T.A), 4.6% correspondía a bosques ejidales.

La madera de pino es el recurso forestal más abundante y que más se extrae y utiliza en las comunidades oaxaqueñas con fines de comercialización, y representa 84% del conjunto del volumen autorizado de madera que se produce en el estado.

Casi 70% de la producción forestal de Oaxaca se concentra en las sierras Sur y Norte. Los datos oficiales de producción de madera reportan un aprovechamiento promedio anual de 500 mil m<sup>3</sup> (Tabla V.4).

Tabla V.4 Contribución de las diferentes regiones de Oaxaca a la producción forestal maderable, 1999.

Región	Volumen [m <sup>3</sup> ]	%
<b>Sierra Sur</b>	292,826	43.48
<b>Sierra Norte</b>	171,477	25.46
<b>Costa</b>	76,222	11.32
<b>Valles Centrales</b>	73,150	10.86
<b>Mixteca y Cañada</b>	56,547	8.4
<b>Istmo</b>	3,238	0.48
<b>Total</b>	673,460	100

Fuente: Merino, 2004.

Cada una de las regiones del estado presenta dinámicas y problemas particulares para la conservación y el uso sostenible de los bosques.

Las regiones donde las pérdidas forestales han sido más intensas son la Mixteca, la zona norte del Istmo y los Valles Centrales. En las regiones del Papaloapan, la Cañada y el Istmo, grandes extensiones de bosques mesófilos y tropicales se han desmontado y sustituido por huertas de café, que han sido un factor central de deforestación.

La ganadería extensiva de caprinos en la Mixteca ha sido determinante en los procesos de deterioro forestal y pérdida de suelos.

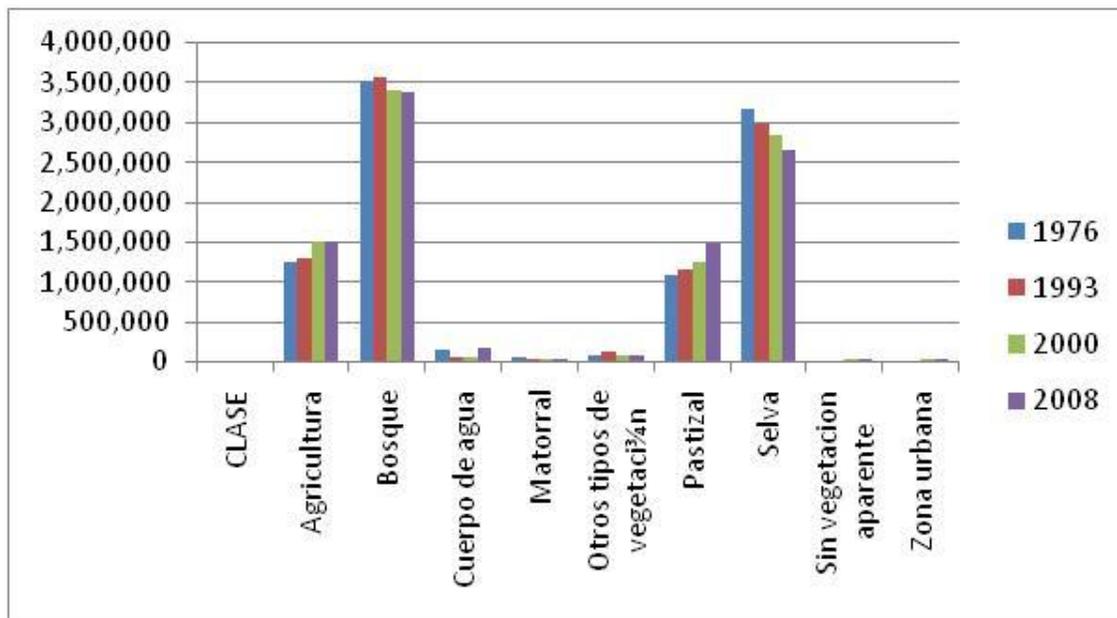
Las regiones donde la producción forestal comunitaria se encuentra más consolidada son la Sierra Norte y la Sierra Sur donde existe un mayor nivel de conservación de los bosques. En algunas comunidades incluso han incrementando su extensión (Merino, 2004).

### V.4.3. Cambio de uso de suelo 1976-1993-2000-2008 en Oaxaca

Diversos estudios han identificado el grado de cambio de cobertura y usos de suelo con base en diferentes fuentes cartográficas. El Programa Estratégico Forestal 2007-2030 (Gobierno del Estado de Oaxaca-Conafor-Sermarnat, 2008) indica, con base en el Inventario Nacional Forestal, que de 1992 a 2002 se perdieron anualmente 16,024 hectáreas de bosques, 5,668 hectáreas de selva y 594 hectáreas de zonas desérticas.

Las tasas de transformación o cambio de cobertura representan entre el 2 y 3% de la superficie nacional. Datos de la SEMARNAT (2008) indican que la principal causa de la deforestación en el estado es el cambio de uso de suelo seguido del número de incendios con 9,000 hectáreas al año en promedio (Figura V.8).

Figura V.8 Superficie (ha) de los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008.



Fuente: CMM, 2011

Para este documento se cuantificó el cambio de uso de suelo, la tasa de transformación y la identificación de las matrices de cambio de cobertura para el periodo 1976-2008 con base en tres cortes temporales 1976-1993-2000-2008.

Las selvas y los bosques de Oaxaca son los tipos de vegetación con mayores tasas de deforestación para los tres periodos de estudio. Los resultados para las tasas de deforestación<sup>12</sup> muestran:

En el *bosque templado* ha sufrido cambios a escala porcentual del 1% para el periodo 1976-1993 (Tabla VIII.4) y cerca del -4% para el periodo 1993-2000. La tasa anualizada de deforestación fue de 21,000 ha/año para el periodo de 1993 a 2000 (Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.5) y de cerca de 4,000 ha/año entre 2000 y 2008<sup>13</sup> (Tabla VIII.6).

Para el *matorral* la pérdida entre 1976 y 1993 fue del 29%, es decir casi una tercera parte de la superficie presente en 1976 se perdió en este periodo con una tasa de deforestación de 764 ha/año, mientras que de 1993 a 2000 se presentó un aumento del 6.1 %, y entre 2000 y 2008 hubo una pérdida nuevamente del 18% (de la superficie 2000<sup>14</sup>) y una deforestación del 893 ha/año.

Las *selvas* presentaron una disminución del 6.5% de su superficie, con una tasa de 11,300 ha/año entre 1976 y 1993 (Tabla VIII.4). Para el periodo de 1993 a 2000 (Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.5) la disminución fue del 5.6% y deforestación cercana a 22,400 ha/año.

En el último periodo de 2000 a 2008 (Tabla VIII.6).la disminución fue de 6.9% y la tasa de deforestación fue de casi 22,900 ha/año. Las selvas y los bosques de Oaxaca son los tipos de vegetación con mayores tasas de deforestación para los tres periodos de estudio

Los usos *agrícolas* entre 1976 y 1993 aumentaron en un 3.1% de su superficie con una tasa anual de incremento de 2,300 ha/año. El mayor porcentaje de cambio se registró entre 1993 y 2000 con 13.8%, y un aumento de casi 29,600 ha/año.

Para el último periodo, entre 2000 y 2008 el incremento fue prácticamente 0% y la tasa de incremento disminuyó drásticamente hasta 92 ha/año (Tabla VIII.6).

Los *pastizales*, que incluyen tanto pastizales naturales como cultivados e inducidos para alimento de ganado, presentaron un aumento de 5.4% entre 1976 y 1993 (Tabla VIII.4) y una tasa de aumento de cerca de 3,600 ha/año. Entre 1993 y 2000 aumentó cerca del

---

<sup>12</sup>Las tasas de cambio para los periodos 1976-1993-2000-2008 se muestran en el Anexo II.

<sup>13</sup> Cabe señalar que los cambios obtenidos para el periodo 1976 a 1993, donde aparentemente hay una ganancia de superficie de bosques puede ser engañoso ya que existe inconsistencia en los sistemas de clasificación y material base de interpretación en la cartografía de 1976. No sucede lo mismo para los periodos 1993 a 2008 (Tablas II.4 y II.5, Anexo II) donde INEGI homologó sus sistemas de interpretación y clasificación de tipos de vegetación para hacerlos inter-comparables en el tiempo (Tabla II.2, Figura II.2, Anexo II).

<sup>14</sup> Los cambios porcentuales fueron calculados con respecto a cada periodo, por ejemplo entre 2000 y 2008, el 100% es el de 2000.

7.8% lo que significaron casi 14,000 ha/año de pastizales (Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.5).

Sin duda el mayor aumento se experimentó entre 2000 y 2008 (Tabla VIII.6) con 15.9% de incremento por lo que 29,600 ha/año se convirtieron en pastizales. Puede observarse, que de los usos de suelo, son los pastizales los que presentan un mayor aumento en la superficie estatal de 1976 a 2008.

Los resultado de las *zonas urbanas* no pueden ser concluyentes, ya que existen inconsistencias entre los polígonos bajo esta clase en las tres serie de cartografía empleadas que indican un aumento de zonas urbanas y luego una disminución lo cual no concuerda con la expansión urbana en el estado.

Considerando todo el periodo de 1976 a 2008 (32 años) las coberturas que han experimentado mayores cambios son el bosque con una tasa de deforestación anualizada de cerca de 4,500 ha/año y las selvas con 16,600 ha/año, mientras que los uso de suelo de mayor aumento son los pastizales con 12,400 ha/año y la agricultura con cerca de 7,750 ha/año (Tabla V.5).

En términos porcentuales los matorrales son la cobertura con mayor cambio en el periodo (experimentando fuertes reducciones, perdiendo casi la mitad de su superficie total, -44%), junto con las selvas (que perdieron la cuarta parte de su superficie al inicio de 1976 con -20%). Las zonas urbanas han aumentado el 87% en superficie a razón de 1,138 ha/año.

Tabla V.5 Cambio de uso de suelo y cubierta vegetal integrado de 1976 a 2008

Tipo de Cobertura	1976 (ha)	2008 (ha)	Cambio (ha)	Porcentaje de cambio	Tasa de cambio anualizada (ha)
<b>Agricultura</b>	1,258,939	1,506,912	247,974	16	7,749
<b>Bosque</b>	3,524,374	3,380,732	-143,642	-4	-4,489
<b>Cuerpo de agua</b>	145,301	164,806	19,505	12	610
<b>Matorral</b>	56,694	39,406	-17,288	-44	-540
<b>Otros tipos de vegetación</b>	92,177	71,432	-20,745	-29	-648
<b>Pastizal</b>	1,090,098	1,487,698	397,600	27	12,425
<b>Selva</b>	3,181,130	2,648,062	-533,068	-20	-16,658
<b>Sin vegetación</b>	14,530	27,792	13,262	48	414

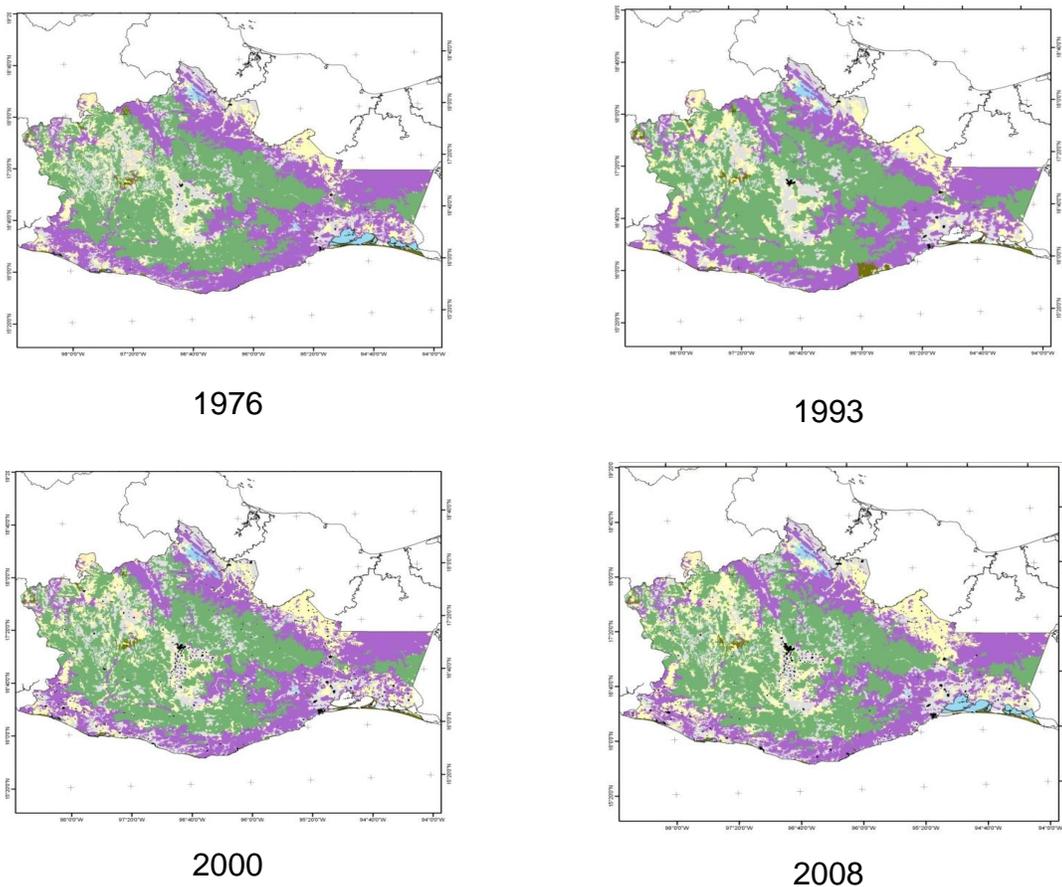
aparente					
Zona urbana	5,562	41,965	36,403	87	1,138

Fuente: CMM, 2011

En la secuencia de la cartografía 1976 a 2008 se puede observar cambios en los bosques de la Sierra Norte de Oaxaca con disminuciones importantes en las coberturas sobre todo en los distritos de Teotitlán, Cuicatlán, Ixtlán y Mixe.

En la Sierra Madre del Sur en los distritos de Tehuantepec, Yautepec, Putla y Miahuatlán (Figura V.9). Las selvas de la zona norte del distrito Mixe y de Tuxtepec presentan transformación en estos periodos, sin embargo los mayores cambios se observan en los distritos de toda la costa sur en los distritos de Jamiltepec, Juquila, Pochutla y Tehuantepec. Los pastizales y la agricultura han penetrado regiones de selvas y bosques en los distritos de los valles centrales en Teposcolula, Tlaxiaco, Etna, Sola de Vega, Ocotlán, Centro y Nochixtlán. Las zonas urbanas se extienden por los distritos de Centro, Ocotlán y Ejutla, en el centro y en la costa sur en Juchitán, Jamiltepec y Pochutla.

Figura V.9 Uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008.





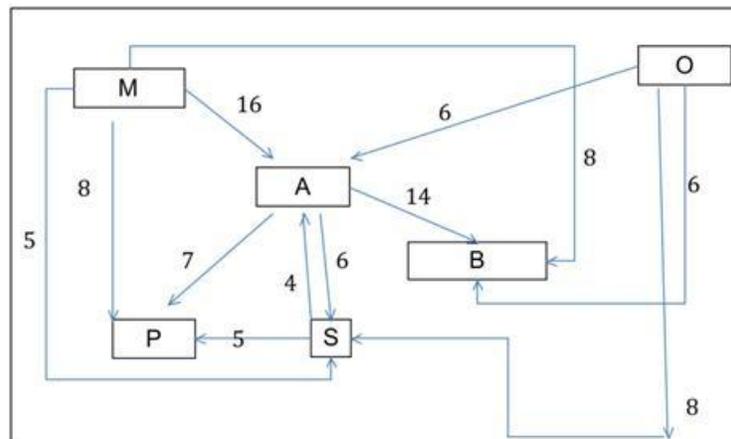
Fuente: CMM, 2011

Se elaboraron las matrices de cambio de uso de suelo y modelos de sucesión para cada periodo. Entre 1976 y 1993 los usos de suelo para agricultura y pastizales fueron los principales atractores.

El 16% de los matorrales, 4% de las selvas y 6% de otros tipos de vegetación fueron transformados en zonas agrícolas. Mientras que 8% de los matorrales, 7% de la agricultura y 5% de las selvas fueron transformadas en regiones de pastizales para actividades pecuarias (Figura V.10).

Figura V.10 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1976 a 1993.

M: Matorral; A: Agricultura; P: Pastizal; B: Bosque; S: Selva; O: Otros tipos de vegetación. Los números significan porcentajes transferidos entre categorías en el período

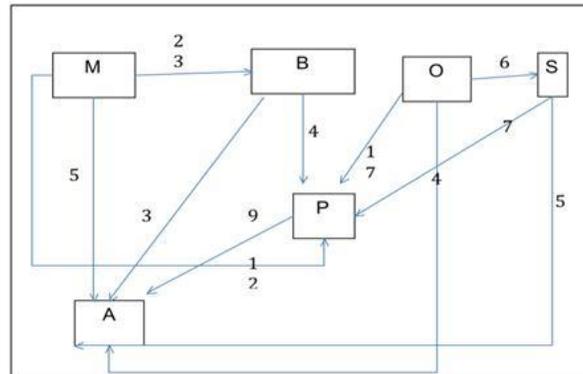


Fuente: CMM, 2011

Para el periodo 1993 a 2000 el uso de suelo atractor fueron los pastizales. El 12% de los matorrales, 17% de otros tipos de vegetación, 4% de los bosques y 4% de las selvas fueron convertidos a zonas de pastizal.

Por otro lado 3% de los bosques, 5% de las selvas y 5% de los matorrales se transformaron en zonas agrícolas y el 9% de los pastizales se transformaron también a zonas agrícolas (Figura V.11).

Figura V.11 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1993 a 2000.

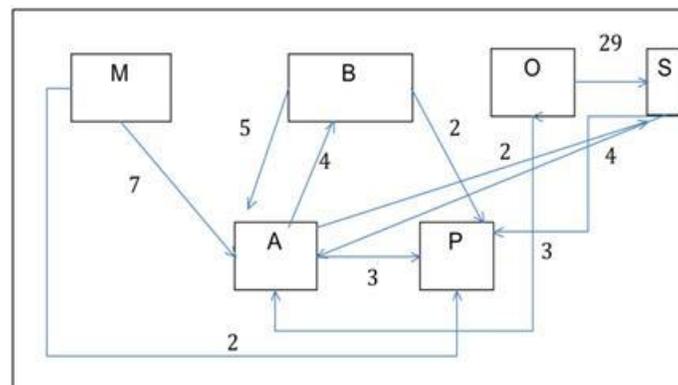


Fuente: CMM, 2011

Entre 2000 y 2008 7% de la superficie de matorral, 5% de bosques, 2% de las selvas y 2% de otros tipos de vegetación fueron transformados en zonas de agricultura.

También 2% de los bosques y 4% de las selvas y 2% de los matorrales se convirtieron en pastizales. El 3% de los pastizales pasaron a ser áreas agrícolas (Figura V.12).

Figura V.12 Modelo de sucesión porcentual de cambio de uso de suelo para Oaxaca del periodo 1976 a 1993.



Fuente: CMM, 2011

Se concluye que la cobertura vegetal del estado de Oaxaca ha presentado tasas de transformación altas en las regiones de selvas y bosques templados así como un cambio negativo en las zonas de matorrales.

Los cambios son atribuidos a la transformación en zonas de pastizales en primer término y a zonas de agricultura en segundo término. Por otra parte las zonas de agricultura y pastizal comparten áreas entre sí entre cada periodo lo que sugiere un cambio de actividad constante entre agricultura y ganadería.

Finalmente el dinamismo de las zonas urbanas se presenta como una expansión sobre zonas agrícolas y de pastizales cercanos a los núcleos urbanos.

#### **V.4.4. Los esfuerzos de conservación y reforestación**

En Oaxaca existen 81 áreas protegidas certificadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) con una superficie superior a 106 mil ha.

A pesar de que muchas de las regiones prioritarias para la conservación en el estado no son necesariamente áreas naturales protegidas decretadas, guardan un buen estado de su cobertura vegetal, algunos autores atribuyen esto a la presencia de agencias o instituciones que promueven la gestión comunitaria lo que a su vez se traduce en la conservación y uso sustentable.

Ejemplo de esto son los diversos programas institucionales como los de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) o la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), entre otras, que al igual que fundaciones como el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Pronatura, The Nature Conservancy (TNC) o Conservación Internacional (CI) promueven la gestión comunitaria. Bajo este contexto, Anta y Pérez (2004) muestran que en la entidad existen, con distintos niveles de avance y/o consolidación, muchos esquemas de conservación de los recursos naturales, entre los que destacan 150 comunidades que tienen alrededor de 650 mil ha bajo manejo forestal. Por lo que, de acuerdo con estos expertos, sería conveniente que se estimularan procesos organizativos a escala micro regional, regional o nacional de diversas modalidades de conservación donde las comunidades son las garantías del manejo sustentable.

Con relación a los programas de reforestación, en contraste con las altas tasas de deforestación, los esfuerzos de reforestación en el estado pueden considerarse insuficientes. La tasa de reforestación al 2006 en Oaxaca era del 0.06% y ocupa el lugar número 29 de los estados de la federación (IMCO, 2010).

Esto sugiere que deben aumentarse los esfuerzos de reforestación ya que las actuales tasas de deforestación detectadas son importantes en los ecosistemas de bosques y selvas.

De acuerdo con la evaluación del programa de reforestación 2009 en el estado se presenta una sobrevivencia de 60.3%<sup>15</sup> lo que significa un valor intermedio de PRONARE que va de entre 11 y 73% (Universidad de Chapingo, 2010).

---

<sup>15</sup> Aunque se han reforestado anualmente 4,000 ha no existe un inventario de las mismas, que permitan determinar cuánta superficie se ha recuperado y cuánta falta por recuperar. De acuerdo con el Programa Estratégico Forestal la sobrevivencia de es de 35.4% con relación a las registradas en el padrón (UAM, 2003).

Por otro lado las principales causas de la muerte de las plantas utilizadas en la reforestación son las plagas y enfermedades, el pastoreo intensivo y las sequías que se presentan en algunos años (Semarnat-Conafor, 2002).

De acuerdo con el Programa Estratégico Forestal Estatal 2007-2030, para inicios del 2000 existía una superficie de 1,924,442 ha forestales con distintos grados de perturbación que requerían esfuerzos de reforestación y a la fecha sólo se han iniciado labores en menos del 30% de esta superficie en el estado (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2008).

Existen valiosos esfuerzos locales que deben ser considerados como ejemplos a seguir, tal es el caso del Centro de Desarrollo Integral Campesino<sup>16</sup> (CEDICAM) que recibió el premio Goldman por sus labores de reforestación, conservación de suelos y agricultura sustentable. El CEDICAM reporta que hasta la fecha han sembrado más de 4 millones de árboles en la región de la Mixteca.

---

<sup>16</sup> <http://www.ecoinflexiones.org/historias/detallados/mexico-oaxaca-reforestacion-comunitaria-mixteca.html>

## VI. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para Oaxaca

De acuerdo con el consumo de energía y con base en las categorías y datos del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, año-base 2008, se plantean las siguientes líneas de acción en materia de mitigación:

- Disminuir el alto consumo de energía de origen fósil en la industria, el Transporte
- Lograr un manejo forestal sustentable, y
- Reducir las emisiones directas del manejo de residuos urbanos y las actividades agrícolas y ganaderas

Estas líneas de acción buscan impulsar el desarrollo de una economía baja en carbono, contribuyendo también a la mejora de los sistemas de transporte urbano, generación de electricidad y producción de bienes y servicios, fomentando el aprovechamiento de las energías renovables disponibles en el estado, así como a la restauración de ecosistemas y con todo ello, mejorar la calidad de vida de la población oaxaqueña.

### VI.1. Energía

#### Generación de electricidad limpia y eficiente

El estado de Oaxaca presenta un alto potencial de energías renovables, principalmente eólico, no solo a nivel del país sino a nivel mundial, cuyo aprovechamiento puede convertirlas en un eje de desarrollo estratégico para el estado.

Al aprovechar este potencial, se disminuirían también las emisiones contaminantes asociados a la quema de combustibles fósiles. El aprovechamiento de las fuentes de energía renovables es más factible llevarlo a cabo vía prácticas de autoabastecimiento y co-generación.

En este sentido, el Gobierno Federal ha creado estímulos para el desarrollo de proyectos energéticos sustentables, entre los que se destacan:

- a. *Depreciación acelerada.* Se deduce el 100% de la inversión total hecha en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables dentro del primer año de su uso, siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción...” (Ley del ISR, art. 40 – XII, 2004).
- b. *Reconocimiento de capacidad de generación y banco virtual para intercambio de energía* dentro del “Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable y Cogeneración Eficiente (CRE)” (CIFER, 2007).
- c. *Porteo reducido y fijo* con la publicación de una nueva “Metodología tipo “estampilla postal” para costos de transmisión que preste el suministrador a los permisionarios con centrales de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable o cogeneración eficiente...” (Nueva Metodología de Transmisión, CRE, 2010).

Con el objetivo de brindar certeza jurídica a los actores involucrados en el desarrollo de proyectos de aprovechamiento sustentable de energías alternativas, el Gobierno del Estado publicó el 3 de abril de 2010 en el Periódico Oficial, el Decreto Número. 1751, correspondiente a la *Ley de Coordinación para el Fomento del Aprovechamiento Sustentable de las Fuentes de Energía Renovable en el Estado de Oaxaca*, mismo que fue aprobado por la LX Legislatura Constitucional del Estado.

Este instrumento legal permitirá coordinar e implementar las acciones necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones de carácter federal en la materia, para el fomento del desarrollo y aprovechamiento racional de las fuentes renovables de energía en el estado, las cuales residen en fenómenos, procesos o materiales susceptibles de transformarse en energía aprovechable.

Con base en lo antes expuesto, el Gobierno del Estado promueve la inversión para el desarrollo de proyectos de energías renovables, en los siguientes rubros.

### Energía Eólica

Adicional a la capacidad instalada de plantas eoloelectricas en el Istmo de Tehuantepec, cercana a los 816 MW, existe un potencial adicional de 2,600 MW que pueden ser instalados hacia el 2020 (Tabla VI.1).

Tabla VI.1 Potencial eólico en el Istmo de Tehuantepec

Nombre oficial	Istmo de Tehuantepec
Ciudades importantes	Salina Cruz Juchitán de Zaragoza Santo Domingo Tehuantepec Matías Romero
Coordenadas geográficas	94° y 96° Oeste' 16° 58 Norte'
Altitud máxima	2 450 m.s.n.m
Extensión territorial total	19,975.57 km <sup>2</sup>
Extensión del área con más alto flujo de viento	1 000 km <sup>2</sup>
Periodo de viento	9 meses (fuerte flujo en marzo y abril)
Potencial total instalable	33,200 MW en 6,637 km <sup>2</sup>
Factor de planta real	45%
Capacidad instalable al 2020	2,577 MW

Fuente. NREL. Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca (2004). Laboratorio Nacional de Energía Renovable.

Para desarrollar este potencial, Oaxaca cuenta con la capacidad técnica e industrial descrita en la Tabla VI.2. Los costos asociados a este desarrollo (promedio por unidad de

energía eléctrica producida) se muestran en la Tabla VI.3. Cabe señalar que la vida útil de la instalación es de aproximadamente 30 años. Asimismo, el costo por central eólica incluye costos generales de instalación y puesta en servicio.

El costo de la máquina aerogeneradora incide aproximadamente entre 60 y 70% de la inversión total.

**Tabla VI.2 Número de empresas con actividades relacionadas a la energía eólica en Oaxaca**

Actividad	Cantidad
Desarrolladoras	23
Consultoras	7
Fabricantes y proveedores de equipos y partes industriales	16
Institutos de Investigaciones Eléctricas	1

Fuente. AMDEE

**Tabla VI.3 Generación y distribución de Energía Eléctrica**

Costos asociados a la instalación y generación de una central eólica Concepto	Costo promedio
Costo de central eólica (*)	1,700 USD por KW de potencia instalada
Costo de generación	5 centavos de dólar por KW de potencia por hora
Costos financieros	(variables)
Costos de operación y mantenimiento	Variables entre el 1 y el 3% de la inversión

Fuente. Secretaría de Energía

En cuanto al cargo por el servicio de transmisión, éste corresponde a los niveles de tensión de la infraestructura de conducción requerida, considerando un esquema de trayectoria radial que determine los niveles de tensión a utilizar. Estos cargos incluyen los costos relacionados con el uso de la infraestructura, pérdidas de energía, servicios conexos a la transmisión y el cargo fijo por administración del Convenio (Tabla VI.4).

**Tabla VI.4 Cargos por servicio de transmisión**

Nivel de tensión	Costo (moneda nacional)
Alta tensión	0.03343 \$/kWh
Media tensión	0.03343 \$/kWh
Baja tensión	0.06687 \$/kWh

Fuente: CFE (Costos actualizados a junio 2010)

## **Hidroelectricidad**

La orografía y recursos hídricos del Estado de Oaxaca ofrecen un gran potencial para el aprovechamiento sustentable de caídas de agua para la generación de energía eléctrica; a la fecha se cuenta con 75 potenciales proyectos identificados por la Comisión Federal de Electricidad para la instalación de minihidroeléctricas.

## **Geotermoelectricidad**

En el Estado de Oaxaca la Comisión Federal de Electricidad ha identificado algunos posibles sitios para iniciar el aprovechamiento de este tipo de recurso, sobre todo en municipios de las regiones Valles Centrales, Istmo y Sierra Sur.

## **Energía Solar**

Oaxaca posee un excelente potencial para el aprovechamiento de la energía solar en todo su territorio. El Mapa Nacional de Potencial Solar de la Secretaría de Energía ha permitido al Gobierno del Estado la identificación de 105 municipios en el estado con características de Radiación Solar Global Anual que hacen viable el aprovechamiento de este recurso energético a través de sistemas fotovoltaicos o térmico-solares.

## **Bioenergéticos**

Oaxaca posee una diversidad de tipos de suelo y climas con potencial para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de biomasa orientados a la generación de bioenergéticos, tales como el bioetanol, biodiesel, biogás o bioturbosina, mediante el cultivo y procesamiento de caña de azúcar, higuera, jatropha, palma de aceite, remolacha azucarera, sorgo dulce, girasol, cártamo, jatropha curcas y palma de aceite, o bien, a través del aprovechamiento de los desperdicios orgánicos que se originan en las ciudades y en el campo.

## **VI.2. Industria Manufacturera**

### **Ahorro de energía y reducción de CO2 en los ingenios azucareros**

El gobierno de Oaxaca se propone explorar la viabilidad de impulsar un programa de ahorro de energía asociado a los ingenios y sector azucarero, mismo que deberá promoverse con las siguientes elementos en el propio PEACC. El sector azucarero se divide en dos grandes áreas, la del campo y la de la producción en planta. El ciclo de vida de la caña de azúcar comprende ambos rubros; sin embargo, las estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero corresponden únicamente al área de producción en planta.

### **Autoabastecimiento de energía eléctrica**

Durante la zafra 2008/2009, los ingenios ubicados en el estado de Oaxaca produjeron un total de 251 mil 929 toneladas de azúcar (físico), generando con ello un total de 614 mil 560 toneladas de bagazo, de las cuales, el 76% fue destinado para autoabastecimiento de energía eléctrica.

Como se observa en la Tabla VI.5 estos ingenios generan su propio abastecimiento de energía eléctrica, por lo que lo que requieren de la Comisión Federal de Electricidad es de menos del 5%, por lo que esta medida tiene como objetivo lograr un autoabastecimiento al cien por ciento de energía eléctrica.

Tabla VI.5 Consumo de electricidad en ingenios azucareros del estado de Oaxaca, 2008

Nombre del ingenio	Localización	Consumo de energía eléctrica (KWh)	Consumo de energía eléctrica/t <sub>caña</sub> (KWh/t)
El Refugio (Grupo Motzorongo) <sup>a</sup>	Tezonapa	1,927,084 <sup>b</sup> 83,583 (CFE)	7.867
La Margarita (Grupo La Margarita)	San Vicente	12,476,723 <sup>b</sup> 152,845 (CFE)	18.996
Adolfo López Mateos (PIASA)	Tuxtepec	29,327,703 <sup>b</sup>	19.629

Fuente: elaborado por CMM, 2011

a. Los datos reportados corresponden a la zafra 2009/2010. b. La energía eléctrica consumida es por autoabastecimiento.

### Incremento de eficiencia térmica en calderas

Esta opción se basa en emplear parte de los gases de salida del horno de la caldera para reducir la humedad de bagazo, el cual se considera tiene un 50% de humedad, a efectos de mejorar la combustión y la generación de vapor y reducir el consumo de combustibles fósiles adicionales.

El bagazo pre-secado puede aumentar su poder calorífico y mejorar el rendimiento energético de la caldera.

Asimismo, es importante implementar acciones de eficiencia energética, fomentando el uso de la biomasa obtenida como subproducto dentro de los ingenios azucareros (bagazo de caña y biomasa residual) para reducir el consumo del combustóleo hasta su total eliminación.

## VI.3. Transporte

### VI.3.1. Desarrollo de un Sistema Integrado de Transporte Público para la Zona Metropolitana del estado de Oaxaca

#### Antecedentes

La ciudad de Oaxaca es el centro económico de la Zona Metropolitana del estado de Oaxaca, por lo que se presenta como el centro atractor y generador más importante de viajes. Se realizan diariamente 957 mil 107 viajes, lo que entrega un Índice de Movilidad de 1.76 viajes por persona, (CTS, 2010).

El 50% de los viajes se realiza en transporte público, repartidos en un 39% en autobuses de transporte público y 15% en taxis públicos. El transporte privado desarrollado a base de automóviles y motocicletas representan el 13% y el transporte no motorizado contribuye con el restante 34% de viajes de la ciudad, principalmente los viajes a pie.

Este reparto modal muestra una parte fundamental de las condiciones de movilidad de la ciudad, la cual depende fundamentalmente de los modos públicos y no motorizados para desarrollar el 87% de la movilidad de la misma (CTS, 2010).

La satisfacción de los viajes en transporte público y privado se realizan en un total de 75 mil 167 unidades; dando como resultado un índice de motorización bajo de 115 unidades por cada mil habitantes.

De este parque vehicular, el 83% son vehículos de uso privado (automóviles y motocicletas). El transporte público está representado por autobuses, microbuses y taxis públicos. Los autobuses y microbuses representan el 1% del parque vehicular.

En la ciudad de Oaxaca operan 85 rutas de transporte público que son cubiertas por 947 unidades con una edad promedio de 11 años, organizadas en 4 empresas de transporte.

Esta oferta de transporte resulta ineficiente, desorganizada, insegura y contaminante para la Zona Metropolitana de Oaxaca, lo que se refleja en el aumento de más del 60% en el consumo de gasolinas; convirtiendo al Sector Transporte en el mayor consumidor de energía y por tanto, un importante generador de emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Oaxaca.

Por ello se requiere un esfuerzo coordinado entre los gobiernos estatal y municipales a fin de diseñar e implantar un Sistema de Integrado de Transporte, el cual sea económica y ambientalmente sustentable y que satisfaga las necesidades de la población oaxaqueña y de quienes la visitan, coadyuvando al mejoramiento del paisaje urbano y de su actividad turística en los sitios de mayor presencia como es el Centro Histórico.

#### Alcances

La integración de un sistema de transporte sustentable tendrá como objetivo mejorar la movilidad de la población que habita en el Zona Metropolitana de Oaxaca, mediante la oferta de un transporte público funcional, moderno, de alta capacidad, con tecnología vehicular baja en emisiones y ruido, con un sistema de recaudación eficiente y paradas específicas para una mayor accesibilidad. Asimismo, se busca que este sistema integre al transporte urbano, suburbano y el no motorizado, coadyuvando a:

- Mejorar la vialidad y el entorno urbano;
- Reducir las emisiones contaminantes por pasajero-kilómetro-transportado;
- Reducir el número de pasajeros-kilómetro o carga-kilómetro.
- Mejorar la eficiencia energética de los vehículos destinados al transporte público.
- Mejora en la salud de la población por una menor exposición a contaminantes.

El Sistema Integrado de Transporte debe asegurar inversiones para apoyar proyectos que integren efectivamente la infraestructura de transporte motorizada y no motorizada considerando:

- Integración entre los diferentes modos de transporte público.
- Flujo de tráfico preferente para transporte público.
- Seguridad en la operación vehicular.
- Flotas de vehículo limpias, energéticamente más eficientes y bien mantenidas.
- Mejora en la administración por parte de los organismos operadores.
- Mejora en la recaudación.

### **Pautas para el desarrollo del sistema. Modernización del parque vehicular**

El establecimiento de normas y procedimientos de medición, inspección y vigilancia permite asegurar que el parque vehicular en circulación cumpla con los límites máximos de emisión de contaminantes a la atmósfera establecidos en las normas oficiales mexicanas, al tiempo en que se convierte en una medida que permite impulsar la renovación y el mantenimiento del parque vehicular.

Para ello, el gobierno del estado de Oaxaca instrumentó el Programa Obligatorio de Verificación de Vehículos que tiene como objetivo someter a todos los vehículos automotores registrados, de uso particular e intensivo (públicos y privados) y que circulen en el Estado, al proceso de verificación de emisiones contaminantes.

Este programa obliga a los vehículos de uso particular a verificar dos veces al año (una vez cada semestre), en tanto que los de servicio público, les corresponde una verificación cuatrimestral; misma que debe realizarse en los Centros de Verificación autorizados por el Instituto Nacional de Ecología, bajo los procedimientos de medición establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-047-ECOL-1999.

Sin embargo, Oaxaca aplica una prueba estática, sin someter al vehículo a condiciones reales de operación, simuladas mediante el uso de un dinamómetro; por lo que los resultados no permiten evaluar las emisiones que estas unidades generan al circular.

Adicionalmente, el estado presenta un alto índice de incumplimiento de esta obligación por parte de los propietarios y conductores de vehículos, por lo que se sugieren las siguientes acciones:

## **Incorporación gradual a nivel estatal, de la prueba dinámica en los Centros de Verificación, iniciando con los vehículos de uso intensivo**

Los vehículos de uso intensivo, como son los taxis, microbuses, minibuses, vehículos de reparto y carga, entre otros. Deben de verificarse cada seis meses de manera obligatoria en todo el estado, mediante una prueba dinámica, que garantice su adecuado mantenimiento

## **Medición de emisiones de vehículos en circulación mediante equipo de sensor remoto en vialidades estratégicas**

El equipo sensor remoto consiste en un sistema que permite la medición a distancia del volumen de gases de escape de los vehículos automotores, tanto a gasolina como a diesel, en circulación. Los gases que se miden son monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y un factor de humo (*smoke factor*).

Los sensores remotos facilitan la vigilancia de vehículos a diesel, ya que el método de opacidad establecido en la NOM-045-SEMARNAT-2006 se hace sin aplicar carga y permite que camiones y autobuses ostensiblemente contaminantes pasen la prueba.

### **Actores involucrados**

**Entidad Responsable:** Comisión especial asociada a la Secretaría General del Gobierno del Oaxaca.

**Instancias asociadas:** Todas las Secretarías del Gobierno del Estado de Oaxaca y municipios conurbados de la capital del estado.

**Financiadores:** Banco Mundial. Gobierno del Estado. Banobras y otras instituciones.

**Instancias federales coadyuvantes:** SCT.

**Instancias participantes:** Organizaciones y empresas privadas. Organismos de la Sociedad Civil. Academia.

**Beneficiados:** Sociedad rural y urbana.

**Actividades inmediatas:** Desarrollar términos de referencia. Contratar consultor/universidad para desarrollar proyecto ejecutivo. Desarrollar acuerdos institucionales. Buscar financiamiento adicional.

## VI.4. Residencial y Comercial

Los sectores Residencial y el Comercial pueden reducir de manera significativa su emisión de gases de efecto invernadero, En Oaxaca prácticamente la mitad de las viviendas utilizan gas licuado de petróleo para cocinar y calentar agua.

Sin embargo, la otra mitad quema leña para realizar estas mismas actividades, lo que representa el 24% del consumo total de energía del estado y el 87% de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector. Por lo que, para reducir este consumo se plantean las medidas descritas a continuación.

### Uso intensivo de calentadores solares para reducción de uso gas L.P. y leña

El gobierno de Oaxaca podrá explorar la creación de programas especiales que fomenten y extiendan el uso de calentadores solares de agua a través del PEACC. Oaxaca tiene un alto nivel de radiación solar, ya que recibe entre 4.4 y 6 KWh/m<sup>2</sup>-día. El uso de calentadores solares de agua traería beneficios económicos y ambientales de muy corto plazo, ya que se puede recuperar la inversión de su instalación con el ahorro en gas y se evita la emisión de contaminantes propios de su combustión.

El funcionamiento de estos calentadores consiste básicamente en la captación de radiación solar en un panel que transfiere el calor a agua que es almacenada en un tanque aislado.

#### VI.4.1. Desarrollo de un Programa de Producción Sustentable y Uso Eficiente de Leña

##### Antecedentes<sup>17</sup>

En algunas regiones del país el incremento en la tasa de extracción de leña ha reducido la disponibilidad del recurso. A pesar de que un gran número de personas depende de estos recursos, el carbón y la leña rara vez ocupan un lugar destacado en los planes energéticos nacionales.

En el caso particular en el Estado de Oaxaca, el consumo total de leña no ha disminuido sensiblemente desde 1960, más que una sustitución total de la leña por otro combustible, se presenta un uso mixto de combustibles (leña-gas LP).

Las principales tareas energéticas (elaboración de tortillas, cocimiento de frijoles y otros platos tradicionales) se continúan realizando con leña y el gas (principalmente en las ciudades) sólo es utilizado para calentar los alimentos y elaborar algunos alimentos de poca demanda energética (la estufa de gas se usa como tecnología complementaria)

La Secretaria de Energía (2009) evaluó que del total de la energía primaria utilizada en el país, 6.2% provenía de energías renovables, entre ellas la leña contribuye con 42.9%, y de manera significativa aporta a nivel nacional 34.2% de la energía consumida por el sector residencial.

---

<sup>17</sup> Ver anexo V.

De continuar las actuales tendencias, las perspectivas de uso de leña a nivel regional apuntan a un creciente consumo y a una intensificación de los impactos ambientales en áreas específicas debido a que existe un amplio porcentaje de familias que utilizan leña para cocinar; a que la mayor penetración de gas L.P. no se traducirá en ahorros importantes de leña en el sector doméstico; a que un sector todavía importante de pobladores y la mayor parte de las pequeñas industrias no tienen las condiciones económicas para acceder al gas de manera regular; y a que los recursos forestales de la región continúan reduciéndose, a causa de la demanda clandestina de madera y procesos de cambio de uso del suelo.

Se han realizado numerosos estudios en Oaxaca para determinar el consumo de leña, en el que se observa cierta consistencia y dónde el rango de consumo varía entre 2.8 y 2.1 kg/per cápita/día. (Díaz, 2000)

La determinación de las emisiones de GEI en el caso de la leña, requiere de un análisis detallado que debe incluir una revisión completa del “ciclo del combustible”, es decir, es necesario conocer las formas de obtención de la leña y sus impactos en los bosques locales (reducción de la capacidad de crecimiento de los árboles, disminución de la regeneración, degradación forestal, erosión del suelo, etc.); el proceso de combustión de la leña en el uso final, y además la dinámica del proceso de emisión y absorción de gases por los bosques (SENER, 2003).

La combustión de leña en el Sector Residencial se realiza principalmente en fogones, por lo que, el aprovechamiento de energía es poco eficiente y genera problemas a la salud por la exposición de la población a contaminantes en el interior de su vivienda.

Existen como alternativa, además del cambio de combustible, estufas comerciales con diseños novedosos que mejoran la eficiencia de consumo de biomasa hasta en un 60% y que a su vez reducen la concentración de contaminantes en interiores en más del 80%. Estas estufas cuentan con áreas definidas para calentamiento, apertura para la entrada de aire, paredes para aislar el calor y un ducto para conducir los gases de combustión.

### **Alcances**

Dado el carácter comercial de la leña, se puede afirmar que la mayor parte de la leña consumida por el sector doméstico urbano (y alrededor del 15% o más de la rural) es directamente comprada.

La comercialización regulada de este volumen de leña podría significar la conservación de una cantidad importante de biomasa y por tanto una significativa reducción de emisiones de GEI, puesto que se neutralizaría, mediante la producción de madera para leña (reforestación-cultivo o manejo), el total de emisiones de los hogares asociados al consumo de leña.

Considerando el argumento anterior se propone como una medida de mitigación/adaptación el desarrollo de un Programa de Producción de Leña apoyado en las estructuras de aprovechamiento forestal comunitario que existen en el Estado.

Este Programa se plantea en tres etapas que van desde la realización del proyecto ejecutivo con los estudios técnicos específicos, la institucionalización y el escalamiento, hasta su consolidación.

Una de las primeras acciones a ser consideradas en el desarrollo del Programa es la identificación de áreas con bosque bajo manejo (con potencial de producción de leña) para desarrollo de planes de manejo, estudios y gestión de permisos, estímulo de recolección y explotación de leña.

El estudio y proyecto ejecutivo tendrá que demostrar la viabilidad o integración de otras áreas con producción local y las consideraciones normativas de ser integradas.

Simultáneamente el programa tendrá que considerar mecanismos de coordinación y estímulo para impulsar los esfuerzos de distintas instituciones que promueven las estufas eficientes, que sin duda es el complemento ideal del esfuerzo por conducir la producción de leña sustentable.

Existen experiencias en otros países<sup>18</sup> que han logrado disminuir los consumos de leña mediante el abasto de energía eléctrica a los hogares rurales (donde hay altos consumos para calefacción de las casas) que provienen de energía eólica, micro hidroeléctricas y solar.

Este Programa tendrá que valorar cuanto sería posible disminuir el consumo o demanda de leña por esta vía complementaria.

La producción de leña debe cumplir con la legislación forestal y garantizar la no recolección o tala en áreas protegidas, así como la no comercialización de especies protegidas o amenazadas.

Se deben identificar a las comunidades que tengan experiencia en el manejo forestal, y seleccionar aquellas con potencial de ser productoras de leña y aquellas con potencial de comercialización.

De esta forma el programa deberá enfocarse, por un lado, en proveer asistencia técnica a los productores mediante la elaboración de planes de manejo forestal, supervisión y seguimiento de las actividades de manejo, apoyo a la comercialización de la leña y planes de secado (o transformación a carbón) de leña.

Y por otra parte, deberá desarrollar acciones para apoyar a los agentes de comercialización a través del estudio y diagnóstico del mercado de la leña, cursos de capacitación para la formalización de los productos y su distribución, estrategias de comercialización de leña y posicionamiento de los productores y centros de distribución certificados.

A corto y mediano plazo se espera: disminuir la presión sobre los bosques (disminuir la deforestación por cambio de uso de suelo y la degradación forestal), incrementar superficies bajo manejo, incremento de leña producida bajo manejo forestal, competencia en el mercado al ser reconocido el Programa por los productores, comerciantes y consumidores, creación de empleos, manejo y regulación de los precios de producción y venta de leña, y ofrecer un producto de calidad, ambientalmente redituable.

A largo plazo, el manejo de la producción de leña ayudará a disminuir las altas tasas de deforestación y por tanto aumentarán los reservorios CO<sub>2</sub>, contribuirá con la fertilización y

---

<sup>18</sup> Ver Informe de la Energía Renovable. 100% de Energía renovable para el año 2050. WWF  
<http://www.wwf.org.mx/wwfmex/informe-energia-renovable-2010.php>

estabilización de los suelos; aumentará la filtración de agua y evitará la desertificación, y se evitarán plagas e incendios.

Se busca la neutralización de las emisiones asociadas al consumo de leña, buscando capturar todas las emisiones cuando el consumo de leña iguale la producción de leña en el estado.

De manera paralela la electrificación rural con fuentes alternas de energía, disminuirá también las emisiones de carbono asociados a petrolíferos, y con el uso de estufas eficientes, también aumentarán la calidad de vida de las familias sin afectar sus valores y tradiciones culturales.

### Actores involucrados

**Entidad Responsable:** Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentabilidad (IEED).

**Financiadores:** Gobierno del Estado de Oaxaca y CONAFOR (Fundaciones internacionales).

**Instancias asociadas:** Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Oaxaca. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

**Instancias participantes:** Instituto de la Mujer Oaxaqueña (IMO). Secretaría de Asuntos Indígenas (SAI). Coordinación de Vinculación y Financiamiento Internacional (COVIFI). Secretaría de Desarrollo Social. Fundaciones. Organizaciones no gubernamentales. Academia. Instancias de participación ciudadana.

**Beneficiados:** Productores forestales (de leña), población urbana y rural usuarios de leña, pequeñas y medianas empresas (que consumen y comercializan leña). El país por las emisiones netas.

**Actividades inmediatas:** Desarrollar términos de referencia. Contratar consultor/universidad para desarrollar proyecto ejecutivo. Desarrollar acuerdos institucionales. Buscar financiamiento adicional.

## VI.5. Agricultura y Ganadería

Una de las medidas planteadas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano, generadas por el manejo de estiércol y las excretas de ganado es el tratamiento de sus efluentes en biodigestores anaeróbicos para producir biogás (metano).

El biogás es una fuente de energía renovable que puede ser utilizada tanto para la generación de energía eléctrica como combustible para uso residencia, sustituto de gas licuado de petróleo, gas natural y leña.

La recolección de las excretas se puede llevar a cabo por medio de fosas sépticas colocadas debajo de los establos. El agua residual colectada es tratada en un digestor anaeróbico para producir biogás, mismo que es capturado y enviado a un quemador para generar electricidad y lograr un auto abasto de este energético en las propias granjas.

Este tipo de proyectos ayudará al estado de Oaxaca a cumplir los objetivos de desarrollo sustentable de la siguiente forma:

- **Sustentabilidad socioeconómica:** mejoramiento de la calidad del aire y seguridad para los trabajadores, eliminación de olores desagradables en las áreas productivas y en los alrededores lo que mejora la calidad de vida de las comunidades vecinas y manejo sustentable de los desechos.
- **Sustentabilidad económica:** generación de empleos debido a la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de desechos, generación de energía eléctrica sustentable, aumento de la autosuficiencia energética para depender en menor medida de combustibles fósiles y generación de ingresos a través de la venta de bonos de carbono por proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
- **Sustentabilidad ambiental:** reducción de GEI y evitar el vertido de desechos en cuerpos de agua.

## VI.6. Uso de suelo y vegetación

En el Estado de Oaxaca se estima que a lo largo de 32 años (1976-2008) se han perdido aproximadamente 500 mil hectáreas de selvas y 144 mil de bosques, mismas que se han dedicado principalmente a pastizales y a tierras de cultivo, abarcando actualmente en conjunto un 32% del uso de suelo del estado.

Las causas que influyen directa e indirectamente en esta deforestación consideran desde factores sociales hasta los económicos. De forma indirecta, los problemas sociales de tenencia de la tierra coadyuvan a la explotación inadecuada de los recursos. En Oaxaca, aproximadamente el 37% de la población es indígena y un 55% es población rural (Ordóñez, 2010), por lo que existe una gran dispersión poblacional con un alto índice de marginación.

La agricultura y ganadería entre esta población es principalmente de autoconsumo, basada en una expansión de zonas de pastoreo y aplicación de malas prácticas agrícolas incompatibles con la zona (D.R. Villareal, 2010).

De igual manera, los incendios forestales, sobre todo en el norte de Oaxaca afectan sustancialmente la vegetación, ya que de acuerdo con la Comisión Nacional Forestal, en lo que va del año, Oaxaca ocupa el décimo lugar a nivel nacional en número de incendios y el sexto en superficie afectada.

Por lo anterior, se propone impulsar acciones en el contexto de las iniciativas asociadas a la Reducción de Emisiones asociadas a la Deforestación y Degradación de los bosques (mejor conocida como REDD+).

Estas acciones tienen como propósito incrementar y mantener la biomasa de bosques y selvas, así como el restablecimiento de los suelos a sus usos originales, con el propósito de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, más aún se proponen acciones que estimulen la captura de carbono (de ahí el “+”), ya sea mediante la conservación o la regeneración, al mismo tiempo que se propicia el mantenimiento de la biodiversidad.

El diseño de estrategias REDD+ generalmente se plantean con múltiples instrumentos que atienden las causas de la deforestación y degradación, por lo que la diversidad del territorio de Oaxaca obliga la diferenciación de los instrumentos de política a aplicar. En su caso deben considerar no solo la localización del lugar más apropiado para la regeneración de la cobertura vegetal, es decir, si es apto para la reforestación, sino también su aprovechamiento sustentable, en función del tipo de vegetación y tasas de regeneración natural del ecosistema (Grupo CABAL, 2010).

De acuerdo con estudios realizados por el Centro Mario Molina basado en un modelo de identificación de zonas forestales para reforestación, en la Región de Valles Centrales de Oaxaca se podrían capturar 364 mil toneladas de carbono, es decir, que hacia el año 2030 se dejarían de emitir 1.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes al año, si se reforestan 161 mil hectáreas anteriormente cubiertas de bosque de pino-encino y bosque mesófilo.

## VI.7. Residuos

En el estado de Oaxaca se generaron durante el 2008 un total de mil 809 toneladas de residuos sólidos al día, de los cuales 519, es decir, cerca del 30% fueron generadas por la Región Centro. En términos de generación *per cápita*, en las zonas urbanas es de 0.53 Kg/día, en tanto que en las rurales es de 0.3 Kg/día.

En cuanto a su disposición, existen 151 hectáreas de tiraderos a cielo abierto y 235 albergan a un total de 203 sitios controlados, donde descargan los 277 vehículos de recolección con los que cuenta Oaxaca.

Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que genera esta categoría se plantea:

### **Establecimiento de rellenos sanitarios equipados con sistemas de recuperación de metano y generadores eléctricos.**

La disposición de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto genera una fuente de contaminación al subsuelo, y en el caso de residuos orgánicos, de compuestos como el metano, considerado uno de los principales gases de efecto invernadero.

El aprovechamiento de este gas es posible mediante pozos recolectores de biogás, el cual se quema para generar energía eléctrica, con la cual se pueden abastecer servicios como el alumbrado público. Se estima que por cada tonelada de basura dispuesta en un relleno sanitario se pueden generar de 150 a 175 kWh.

En México existe un caso exitoso de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), situado en el municipio de Salinas Victoria, Nuevo León. Este proyecto se puso en operación en mayo de 2003, con una capacidad de generación inicial de 7.4 MW, en 2008 se amplió a 12.7 MW y actualmente se encuentra en proceso de una nueva ampliación a 16.9 MW, y se espera llegar a 25 o 30 MW en los próximos años.

La energía que produce esta planta se suministra a los municipios de la zona metropolitana de Monterrey para su uso en alumbrado público, en el sistema de Transporte Colectivo Metrorrey, entre otros. El volumen de biogás extraído en 2008 fue de 7,800 m<sup>3</sup>/h, en 100 hectáreas del sitio donde se depositaron 15 millones de toneladas de basura y se perforaron 465 pozos para la captura del biogás.

## VII. Medidas de adaptación para el Estado de Oaxaca

### Pautas para la adaptación

Para enfrentar los riesgos sociales, económicos y ambientales asociados al clima (hidrometeorológicos), así como aprovechar las oportunidades que de esto deriva, el Gobierno del Estado de Oaxaca y su sociedad se proponen desarrollar y considerar una serie de acciones estratégicas para adaptarse a la variabilidad climática.

El proceso de adaptación al cambio climático debe entenderse como “los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o a sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada” (PICC, 2007).

De aquí que puede decirse que la capacidad para adaptarse y enfrentarse al cambio climático depende de factores relacionados con tecnología, educación, información, infraestructura, acceso a los recursos y capacidades administrativas de las autoridades. Por lo tanto los sistemas físicos y sociales más vulnerables a los daños procedentes del cambio climático, pueden identificarse como aquellos que tienen menores capacidades.

Existen muy pocos documentos aún que indiquen cómo desarrollar las medidas de adaptación o cuál es el proceso a seguir para adaptarse. Considerando las experiencias en materia de adaptación hasta ahora documentadas, se han sugerido las siguientes recomendaciones para impulsar un programa de adaptación (León *et al.*, 2010).

#### I. La adaptación al cambio climático:

- a) Requiere una estrategia a mediano y largo plazo;
- b) Diferenciada para cada sector;
- c) Sensible a las condiciones territoriales (no es lo mismo el norte que el sur) y,
- d) Acorde a las capacidades de los gobiernos locales.

#### II. Esta estrategia deberá considerar las respuestas y experiencias:

- a) Gubernamentales;
- b) De la sociedad ante los desastres naturales y,
- c) Las limitantes de recursos financieros.

Asimismo, se reconocen dos principios rectores del proceso de la adaptación (León y Neri, 2010):

Principio 1: La adaptación sólo podrá realizarse a través de actores clave tal que se generen procesos endógenos institucionalizados que a su vez permitan incrementar las capacidades locales y regionales para responder a los retos y amenazas asociadas al clima (proceso continuo en tres etapas: identificación de impactos, generación de capacidad e implementación y apropiación de la adaptación).

Principio 2: La creación de capacidades pasa por el reconocimiento de los instrumentos actuales (programas, leyes o reglamentos así como instrumentos de política como el Ordenamiento Territorial, Ecológico o Urbano), espacios institucionales (institutos de investigación, instituciones públicas como los programas de protección civil) y conocimiento local que se ponen bajo un marco social común por acuerdo mutuo para iniciar medidas de adaptación.

Es por esto que el Gobierno de Oaxaca, se propone impulsar este Plan de Acción temprana y el Plan Estatal de Acción Climática, y a través de ese proceso, institucionalizar los acuerdos sociales para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades del cambio climático. Es una preocupación del gobierno actual tomar acciones para hacer frente a este fenómeno, como parte de la sustentabilidad y como eje transversal de su Plan Estatal de Desarrollo.

### **Limitantes del proceso de la adaptación**

Se reconoce que todo esfuerzo o propuesta de adaptación requiere basar sus decisiones (presentes y futuras), principalmente en la información climática, el conocimiento de los impactos y sus costos y la vulnerabilidad diferenciada por sectores y su expresión territorial.

Sin embargo, en el proceso de generación y transferencia de información entre las instituciones se han identificado problemas, que el gobierno y sociedad de Oaxaca deberá considerar y resolver para garantizar el proceso hacia la adaptación. Algunos de los principales problemas son:

- No existen vínculos sólidos entre instituciones que generan conocimiento y los distintos procesos de toma de decisiones.
- Los vínculos internos de las instituciones académicas o de gobierno que tienen datos, información o conocimiento aplicable son inexistentes o muy débiles.
- Cuando la información existe y puede ser útil hay incapacidad para transferirla, adaptarla, digerirla y divulgarla.
- Son inexistentes o débiles los vínculos entre medios de comunicación masiva y agentes generadores de información.
- Los programas y acciones institucionales actuales no consideran los posibles efectos del cambio climático.
- Las condiciones y ritmo del deterioro actual de los ecosistemas son una base muy negativa para enfrentar los retos futuros.
- La conectividad entre los sistemas sociales, económicos y ecológicos es tratada de manera sectorial, por lo que un mismo territorio y su propia población es atendido por distintas secretarías-subsidios-programas y políticas gubernamentales (que van desde el municipio-federación).
- Los pocos instrumentos territoriales (como el Ordenamiento Ecológico del Territorio) no contemplan directamente la intervención para restaurar y mantener ciclos vitales como los del carbono, nutrientes y especialmente el agua.
- Existe un fuerte antagonismo o relaciones asimétricas y tributarias entre extensas zonas rurales (zonas de alta marginación, proveedoras de servicios ambientales,

de leña, alimentos, etc.) y pequeñas superficies altamente urbanizadas (que concentran servicios y altos consumos, de agua, combustibles, etc.).

- Los programas de desarrollo están poco armonizados en el territorio y poco balanceados con respecto a sus subregiones, particularmente en zonas de alta energía o transicionales: pie de monte, zona costera, fronteras urbanas y fronteras geopolíticas.

A lo largo de los próximos dos años deberá quedar plenamente establecido un Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos donde se planteará la institucionalización de información que permita la planeación de actividades agropecuarias y turísticas, así como la prevención de desastres naturales asociados a las variaciones de precipitación (sequías o inundaciones) y de temperatura.

### **VII.1. Desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos**

Con esta iniciativa la sociedad Oaxaqueña desea transitar de la común respuesta que se realiza una vez experimentado un desastre, a la prevención de los impactos a corto y largo plazo que derivan de la variación climática y su expresión como eventos hidrometeorológicos extremos.

El desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana ante Eventos Hidrometeorológicos Extremos (SATEHE) constituye una necesidad para reforzar las acciones de protección civil, reducir las pérdidas agropecuarias, planear el abasto y consumo de agua para la población rural y urbana, prevención de incendios, entre otros.

Es al mismo tiempo el primer paso para construir un servicio hidrometeorológico estatal, responsable de proveer información sobre tiempo y clima a las instituciones del gobierno y construir en colaboración con cada una de ellas los esquemas de toma de decisiones que se traduzcan de manera inmediata en una disminución de riesgo para los habitantes del Estado, y por otro lado, en la búsqueda de oportunidades que estas variaciones podrían ofrecer para los mismos sectores.

#### **Antecedentes**

Ante la ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo, la Secretaría de Gobernación, por medio del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), es la encargada de salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno. Entre los instrumentos del SINAPROC para atender los desastres se encuentra el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), el cual tiene como objetivo apoyar en la atención de los desastres cuya magnitud supere la capacidad organizativa y financiera de los estados y de las dependencias y entidades paraestatales.

Por otra parte, contempla acciones de reducción de vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos naturales mediante el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN); éste tiene como finalidad proporcionar recursos para la realización de acciones, y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como para evitar o disminuir los efectos de los impactos asociados a un hidrometeoro.

Las acciones más importantes para la prevención de los desastres de origen hidrometeorológico a nivel nacional, están enfocadas al monitoreo de los fenómenos naturales, en cuyo caso participa el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dependiente de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

El SMN es la instancia oficial encargada de generar información meteorológica y climática. Entre sus funciones está la de mantener informado al SINAPROC de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas, y ha desarrollado sus propios métodos de análisis y generación de información meteorológica, como es el caso del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT)<sup>19</sup>.

En el caso del sector agrícola, debido a los altos montos requeridos al FONDEN año tras año para mitigar las pérdidas agrícolas, se creó el FAPRACC en el 2003, como un instrumento financiero que atiende las necesidades de los productores de bajos ingresos ante la ocurrencia de eventos climáticos catastróficos, posteriormente renombrado como Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC).

A pesar de las acciones que realizan el SMN, las dependencias y los organismos asociados al SINAPROC, las experiencias recientes de desastres en todo el país, y en particular en estados como Oaxaca, han puesto en evidencia que no obstante la creciente organización gubernamental, los impactos de los desastres han aumentado sensiblemente.

Cada ocurrencia de un fenómeno natural (huracán, lluvias intensas o sequía, etc.) amenaza con ser el origen de un desastre. El SINAPROC no ha alcanzado niveles de eficiencia satisfactorios y se ha enfocado a responder a las emergencias más que a prevenirlas (Landa *et al.*, 2008). Las necesidades locales y regionales no han sido atendidas y las características específicas de estados como Oaxaca no han sido cubiertas hasta ahora por lo que es impostergable crear las capacidades en la región.

## Alcances

Mediante el uso sistemático de información meteorológica y climática un SATEHE permitirá determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo así como la magnitud de sus posibles consecuencias en el territorio y en un sector específico.

En su primera fase, el SATEHE deberá estar fundamentado en el análisis del riesgo y en la información meteorológica y climática (Figura VII.1). El conocimiento previo del riesgo permitirá identificar el comportamiento histórico de la amenaza y la dinámica de la vulnerabilidad en un lugar determinado.

Por su parte, la generación y uso de diagnósticos climáticos, del pronóstico climático marcarán la pauta para declarar los avisos o alertas, y posteriormente desarrollar acciones preventivas. Los elementos que definen si un sector está en riesgo o no, deben

---

<sup>19</sup> El SIAT surge el año 2000 y se actualiza en 2003 como una herramienta de coordinación (alertamiento a la población), ante la amenaza ciclónica, que se sustenta en la interacción del Sistema Nacional de Protección Civil: la sociedad civil y sus organizaciones; las instituciones de investigación de los fenómenos hidrometeorológicos, los generadores de conocimiento, los medios de comunicación masiva y la estructura gubernamental del mismo sistema. Fuente: <http://www.empalme.gob.mx/siat.pdf>

ser identificados dependiendo del sector o región y de cómo éste ha ido evolucionando, de ahí la importancia de conocer la vulnerabilidad por sectores (fase 1).

Durante esta fase se visualiza también la búsqueda de recursos para el financiamiento de la propuesta, la identificación de los espacios institucionales estatales más idóneos para iniciar y coordinar esta iniciativa, así como los primeros acuerdos con Organizaciones de la Sociedad Civil y la academia estatal o nacional para garantizar las subsecuentes fases.

Es de suma importancia que los tomadores de decisiones manejen el riesgo ante un evento hidrometeorológico extremo, estimen los costos socioeconómicos que estos pueden tener, respeten el servicio de alerta y sistematicen las pautas de respuestas. Es por ello, que se debe preparar y desarrollar las capacidades técnico-administrativas en el ámbito estatal y local (fase 2).

Figura VII.1 Fases para el desarrollo e implementación del SATEHE.  
Visualización del proceso de ejecución, un año por fase.



Fuente: elaborado por CMM (2011)

El desarrollo y la implementación de un sistema eficaz de alerta temprana requieren de la contribución y la coordinación de una gran variedad de grupos y personas.

Es necesario que las comunidades, en particular las más vulnerables, participen activamente en todos los aspectos del establecimiento y el funcionamiento de tales sistemas, que conozcan las amenazas y posibles impactos a los que están expuestas y que puedan adoptar medidas para reducir al mínimo la posibilidad de sufrir pérdidas o daños.

Finalmente, es necesario establecer un marco jurídico que brinde una base institucional para la implementación del SATEHE (fase 3).

Dicho marco debe definir las funciones y responsabilidades para todas las instituciones gubernamentales y no gubernamentales involucradas en el SATEHE, así como las responsabilidades y autoridad en la instancia responsable.

## Pautas para el desarrollo del SATEHE

Uno de los componentes fundamentales del SATEHE es la generación de diagnósticos y pronósticos meteorológicos/climáticos, por lo que para su óptimo desempeño se debe garantizar:

- Esquema de adquisición y manejo de la información meteorológica de superficie, que se actualice cada hora en operación normal, y cada media hora bajo condiciones esperadas de tiempo severo (integrando los sistemas/estaciones de observación disponibles).
- Un esquema de predicción numérico del tiempo que genere información de relevancia en toma de decisiones de protección civil: pronósticos determinísticos a 12, 24 y 48 horas y probabilísticos de eventos extremos a 24, 48 y 72 horas.
- Diagnósticos y pronósticos de tiempo severo a corto plazo (1 y 2 horas) construidos a partir de información de radar meteorológico ubicado en Puerto Ángel con detalle espacial del orden de 1 km, complementados con información satelital.
- Pronósticos de escurrimientos ante eventos de precipitación intensa.
- Desarrollo de un sistema de monitoreo y pronóstico de la sequía basado en modelos del clima.

El segundo componente esencial del SATEHE es propiamente el servicio o sistema de alerta, su desarrollo debe contar con una base científica sólida para prever y prevenir los posibles impactos con un sistema fiable de pronósticos.

Para elaborar alertas precisas y oportunas es indispensable un seguimiento continuo de los parámetros y los aspectos del evento hidrometeorológico extremo. El servicio de alerta debe coordinarse de manera creciente y eficaz con las redes institucionales, de procedimientos y de comunicaciones.

Para el establecimiento de la alerta se tendrán las siguientes actividades secuenciales:

- Análisis de información, predicción y generación de alerta, basados en métodos científicos y técnicos aceptados.
- Generación y difusión de alertas de forma eficiente y oportuna, en un formato adaptado a las necesidades de los usuarios (sectores, municipios y comunidades).
- Implementación de una serie de pautas para el seguimiento rutinario y para la evaluación de los procesos operativos, incluyendo la calidad de la información y la efectividad de la alerta.

Un aspecto de gran relevancia que se deberá atender en la primera fase, está asociado a la definición temporal o de criterios para determinar cuándo se debe emitir la alerta, es decir, con cuánto tiempo de anticipación se debe alertar a los posibles instituciones gubernamentales y no gubernamentales, así como a otros actores afectados para que puedan realizar acciones de preparación y prevención ante un evento hidrometeorológico extremo (instituciones de salud, agropecuarias, de protección civil, forestales, pesca, etc.).

Las alertas deben ser emitidas por una institución claramente designada y responsable, quien considerando el proceso de toma de decisiones por sector, deberá proporcionar la información de manera específica según el sector y sus necesidades.

Por ejemplo, en el caso de la agricultura se deben regir por los periodos de siembra y cosecha, tanto en verano como en invierno. O en el caso del sector hídrico, se requiere conocer si el inicio y duración de la temporada de lluvias se verá afectado por un periodo de sequía.

En el caso del sector forestal, para prevenir los incendios se necesita conocer si habrá un periodo largo sin lluvias diarias (una o dos semanas) durante los primeros meses del año, así como la presencia de altas temperaturas.

Este proceso debe ser establecido con base en la evaluación de impactos y el análisis del riesgo por sector, considerando el monitoreo y pronóstico de los eventos.

Dos aspectos de gran importancia para que la alerta funcione en el proceso de la toma de decisiones son: 1) la comunicación de la información y 2) la capacidad de respuesta.

En esencia los boletines, avisos, alertas y alarmas deben llegar a espacios institucionales claves, pero sobre todo a las personas que se encuentran en riesgo por la presencia de un evento hidrometeorológico extremo. Para generar respuestas adecuadas que ayuden a minimizar los daños y pérdidas se requieren mensajes claros que ofrezcan información sencilla y útil.

Para mantener y canalizar el proceso de comunicación de la información es necesario definir previamente un sistema de comunicación a nivel estatal y designar portavoces autorizados que tienen capacitación constante en el manejo de riesgo.

El portavoz de la alerta debe ser el Director del SATEHE, quien deberá ponerse en contacto directo con las distintas instituciones y transmitir los avisos, alertas o alarmas. Dicha comunicación debe ser institucionalizada en un proceso organizativo y de toma de decisiones, claramente establecida en los manuales de la cadena de difusión.

### Actores involucrados

**Entidad Responsable:** Comisión especial asociada a la Secretaría General del Gobierno del Oaxaca

**Instancias asociadas:** Todas las Secretarías del Gobierno del Estado de Oaxaca.

**Financiadores:** Gobierno del Estado. FOPREDEN y otras instituciones.

**Instancias federales coadyuvantes:** SEMARNAT, CONAGUA-Servicio Meteorológico Nacional. PEMEX, CFE. Instituto de Geografía de la UNAM.

**Instancias participantes:** Organismos de la Sociedad Civil (fundaciones, agencias asociadas a temas de seguridad, medio ambiente, desarrollo local, protección civil, agua, etc.) locales y nacionales e internacionales; y academia.

**Beneficiados:** Sociedad rural y urbana, y los ecosistemas.

**Actividades inmediatas:** Desarrollar términos de referencia. Contratar consultor/universidad para desarrollar proyecto ejecutivo. Desarrollar acuerdos institucionales. Buscar financiamiento adicional

## VII.2. Acciones complementarias para el manejo del riesgo (FOPREDEN)

Dado el grado de exposición a eventos hidrometeorológicos extremos y las condiciones sociales de la población de Oaxaca, es fundamental invertir en la prevención para manejar el riesgo incremental por efectos de cambio climático. El Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) fue aprobado en 2004 y busca limitar la vulnerabilidad del país a los desastres naturales por medio de la prevención. El fondo proporciona recursos a dependencias y entidades federales y federativas para realizar acciones y conformar mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los impactos destructivos de los fenómenos naturales sobre la vida y los bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente. En las reglas de operación 2010 se establecen los criterios de funcionamiento del fondo, así como el proceso para la elaboración y aprobación de solicitudes. Uno de los primeros requisitos es contar con el Plan estatal de riesgos, el cual Oaxaca ya elaboró y actualizó con recursos de este fondo.

Oaxaca ha solicitado recursos al FOPREDEN para los siguientes proyectos:

Año	Proyecto	Monto FOPREDEN	Total
2010	Instalación de Estaciones Meteorológicas para el Estado de Oaxaca	\$ 7,138,600.00	\$ 10,198,000.00
2008*	Actualización del Atlas de Riesgos del Estado de Oaxaca en los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos.	\$3,499,999.53	\$4,999,999.33
2008*	Ampliación del equipamiento de bocinas de alerta sísmica	\$3,374,607.37	\$4,820,867.67
2006	Ampliación, financiación y calibración del sistema de alerta sísmica del estado de Oaxaca, y emisión de avisos a la población	\$8,564,203.03	\$12,234,575.75
Total (2006-2010)		\$22,577,409.93	\$32,253,442.75

\* Proyectos financiados con el remanente del ejercicio fiscal 2009 y que se encontraban registrados "en cartera".

Existe una amplia gama de proyectos que el FOPREDEN apoya: estudios para identificar y evaluar vulnerabilidades y riesgos; obras de carácter preventivo para reducir vulnerabilidad; inversión en integración de sistemas para monitorear eventos y equipo de prevención, así como fortalecimiento de capacidades preventivas de la población.

Las reglas de operación de 2010 permiten que las propuestas de proyectos sean ingresadas para su evaluación en cualquier momento del año. Una vez aprobadas, aún si el recurso para el año fiscal ya fue devengado en su totalidad, los proyectos se mantienen en cartera y se implementan cuando existan recursos disponibles. Asimismo, dichas reglas establecen que una entidad federativa solicitante no puede tener más de seis proyectos en ejecución ni presentar más de tres proyectos preventivos en el mismo año fiscal.

La amplia gama de proyectos preventivos que pueden financiarse, el monto de los fondos disponibles y la posibilidad de someter más de una propuesta por año fiscal hacen del uso del FOPREDEN una estrategia evidente para sustentar financieramente las acciones de adaptación del estado de Oaxaca.

Es recomendable elaborar una cartera de proyectos en común acuerdo con la Coordinación General de Protección Civil, enfocada en la adaptación al cambio climático y la gestión integral del riesgo, identificando las fases a desarrollar durante la actual administración estatal. El primer proyecto a someter puede ser el Sistema de Alerta Temprana descrito en este documento y a partir de las propuestas de acciones tempranas conformar los proyectos preventivos subsiguientes. Puesto que uno de los requisitos para la financiación de proyectos con este fondo es contar con montos de contrapartida estatal, se deben coordinar de manera adecuada las inversiones que los distintos socios del proceso de elaboración del PEACC están realizando en materia de adaptación. De esta forma, contribuirán a un proceso de adaptación al cambio climático en Oaxaca planificado y preventivo, en lugar de reactivo y espontáneo.

## VIII. Bibliografía

Ambrizzi, T. y Magaña, R. (2005). Climate variability in the tropical and subtropical Americas and El Niño/Souther Oscillation. *Atmosfera*, 18, pp 211-235.

Anderson, J., Van den Dool, Barnston, A., Chen, W., Stern, W. and Ploshay, J. (1999). Present day capabilities of numerical and statistical models for atmospheric extratropical seasonal simulation and prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* Tomo 80. pp 1349-1361.

Anta, S. y Pérez, P. (2004). Atlas de Experiencias Comunitarias en Manejo Sostenible de Recursos Naturales. Oaxaca.

Centro Mario Molina. (2011). Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Oaxaca, México. 2008. México. 56 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2001-2010). Serie Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana. México.

CEPAL-BID, 2000. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2000. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. Documento presentado en el Seminario "Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo". Nueva Orleans, 25 y 26 de marzo de 2000. Elaborado por Zapata R, Rómulo C y Mora S. pp. 47.

CTS México - CMM. Portafolio de proyectos de movilidad (2011). México.

Díaz, R. (2000). Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>. UNAM. Tesis de Maestría.

Domínguez, C. (2011). El papel de los ciclones tropicales en el clima de México. Tesis para obtener el grado de maestría. Ciudad Universitaria, UNAM.

D.R. VILLAREAL, S. I. B., M. LADRÓN (2010) La Teledetección en la Evaluación del Cambio de Uso de Suelo en la Cuenca de los Valles Centrales de Oaxaca. IN REGIONAL, C. I. D. I. P. E. D. I. (Ed.). Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional.

Florescano, M. y Swan, S. (2000). Breve historia de la sequía en México. Universidad Veracruzana. Segunda edición. Xalapa, Veracruz. 252 pp.

Gobierno del Estado de Oaxaca-Conafor-Sermarnat, (2008). Programa Estratégico Forestal del Estado de Oaxaca 2007-2030. 253 pp. Disponible en:<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/187Programa%20Estratégico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Oaxaca.pdf>

Gómez, L. (2007). Variabilidad climática y cambio de uso de suelo en la Sierra Norte de Oaxaca: implicaciones en los escenarios de cambio climático. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Gómez, L., Vega-Peña, E., Ramírez, M.I., Palacio-Prieto, J.L. y Galicia, L. (2006). Projecting land-use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Applied Geography* 26:276-290.

González, L.M. (2005). Análisis de la distribución espacial y temporal de los incendios en estado de Oaxaca de 1998 al 2003. Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 168 pp.

González, L. M. (2008). Análisis del efecto de El Niño sobre los mega-incendios en México. Tesis de Maestría, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 88 pp.

GRUPO CABAL, S. A. (2010) Bosques, Deforestación y Monitoreo de Carbono. IN PRISMA (Ed.) *Una Valoración del Potencial de REDD+ en Mesoamérica*. Nicaragua, PRISMA.

INE (2002) Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002. México. 346 pp.

INE, (2007). Estudio piloto sobre escenarios de riesgos en salud asociados al cambio climático en regiones seleccionadas de México. Estudio desarrollado por: Riojas H., M. Hurtado, G. Litai, R. Santos y J. L. Texcalac, del Instituto Nacional de Salud Pública, para el Instituto Nacional de Ecología. 65 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>

INE, (2008). Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Estudio coordinado por Vázquez B. A., del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 330 pp. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx>

INE 2008 Inventario... <http://www.ine.gob.mx/cpcc-lineas/929-inem-1990-2006>

INE, 2011. Glosario <http://www.ine.gob.mx/glosario>

Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO).(2010). Índice de Competitividad Estatal 2010. La caja negra del gasto público. Anexo estadístico.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996).Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds). IPCC/OCDE/AIE, París (Francia).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007).Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 906 pp.

J. DE LA MAZA, V. S., CORDERO (2007) Sierra Sur y Costa de Oaxaca. IN BIODIVERSIDAD, C. N. P. E. C. Y. U. D. L. (Ed.). México, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, B., Angelsen,A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, D., Richards, J., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C., and Xu, J. (2001). The causes of land-use and

land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, vol. 11, pp. 261-269.

Landa, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Semarnat. México. 100 pp.

León, C. *et al.*, (2009). La adaptación al Cambio Climático: ¿de quién o para quién?. Siete argumentos para un manual. En: México ante el Cambio Climático: evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. 2009. Greenpeace. 69 pp.

León, C. y Neri, C. (2010). Reporte Final del Estudio "Pobreza Urbana y Cambio Climático para la Ciudad de México". WB-GDF. México. 118 pp.

Magaña, V. (2000). Pronóstico de lluvias para la republica mexicana para el periodo junio-septiembre 2000. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Magaña, V. and Caetano, E. (2005). Temporal evolution of summer convective activity over the Ameritas warm pools. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L02803.

Magaña, R., Pérez, J. Conde, C., Gay, C. y Medina, S. (2000). El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y su impacto en México. Departamento de Meteorología General, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp 1-17.

Magaña, V., Vázquez, J., Pérez, JL y Pérez, J. (1999). Los impactos de El Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Con apoyo de la Secretaría de Gobernación, México. 218 pp.

Martínez, E. 2005. Análisis del manejo forestal comunitario en le Sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. 157 pp.

Masera, O. (1993). Sustainable Fuelwood Use in rural Mexico, Volumen 1: Current Patterns of Resource Use. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California.

Masera, O. (1995). México y el cambio climático global. El papel de la eficiencia energética y alternativas de manejo forestal en la reducción de emisiones de bióxido de carbono. En: *Energía y medio ambiente, una perspectiva económico-ecológica*, coord. Jardón, J. J. Plaza y Valdés. México. D.F.

Masera, O., Drigo, R., Trossero, M. (2003). Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM): A methodological approach for assessing woodfuel sustainability and support wood energy planning. FAO Reports, Wood Energy Program, Forest Products Division, FAO, Rome, July.

Méndez, M. (2002). Un estudio de eventos hidrometeorológicos extremos en la republica mexicana. Tesis de Maestría. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Merino, L., (2004). Conservación o deterioro. El impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en los usos de los bosques en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Civil para la Silvicultura Sostenible A. C. México, D. F., 325 p.

- National Drought Mitigation Center. (2002). What is Drought?. University of Nebraska-Lincoln. Disponible en: <http://drought.unl.edu/>
- Nelly, P y Adger, W, (2000). Theory and practice in assessing vulnerability to climate and facilitating adaptation. *Climate Change*, 47: 325-352
- Neri, C., (2004). Evaluación del riesgo en el sector agrícola por la variabilidad climática. Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 71 pp.
- Neri, C. (2010). Elementos para un Sistema de Alerta Temprana ante Sequías. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra, en el área de Riesgos ante fenómenos naturales. UNAM. 105 pp.
- Neyra, S. (2006). Pronóstico climático para el periodo de lluvias del verano 2006 e indicadores detonadores de la canícula. Oaxaca, Oaxaca. 4 pp.
- Ordóñez, Ma de J. y Rodríguez, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México, y sus productores rurales. *Revista Ciencias*. UNAM. 54-64 pp.
- ORDÓÑEZ, M. D. J. (2010) Oaxaca, Origen y Diversidad, Cambio de Uso de Suelo e Índice de campesinidad. IN MULTIDISCIPLINARIAS, C. R. D. I. (Ed.). D.F. México Universidad Autónoma de México.
- PECC. 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009- 2012. Diario Oficial de la Federación. Tomo DCLXXI Número 21. México, D. F., 28 de agosto de 2009. 128 pp.
- Peralta, H., Barba, M., Magaña, V., Matthias, A. and Luna, R. ( 2005). Temporal and spatial behavior of temperature and precipitation during the Canicula (midsummer drought) under El Niño conditions in central México. 265-280 pp.
- Philander, S. (1990). El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. *Academic Press*. 293 pp.
- PNUD, 2010. Marco de Políticas de Adaptación de Mediano Plazo. 55 pp
- Pyke, P y Sandy J. (2007). Land use and land cover tools for climate adaptation. *Climatic Change*. 80:239–251
- Reyna, T. (1970). Relaciones entre la sequía intraestival y algunos cultivos de México. UNAM. México. 78 pp.
- Riegelhaupt, E. (1997). Dendroenergía para el desarrollo rural. Situación dendroenergética en México, Proyecto: FAO/MEX/TCP/4553 (A) FAO. México. D.F.
- Ropelewski, C. and Halpert, M. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* Tomo 115. pp 1606-1626.
- Secretaría de Energía. (2003). Balance Nacional de Energía 2002. México. D.F.
- Secretaría de Energía. (2009). Balance Nacional de Energía 2008. México. D.F. [http://www.energia.gob.mx/res/1791/Balance\\_Nacional\\_2009.pdf](http://www.energia.gob.mx/res/1791/Balance_Nacional_2009.pdf)
- Semarnat, (2008). Integración y actualización de la agenda estatal de prioridades ambientales. Oaxaca.

Semarnat-Conafor. (2002). Evaluación del Programa Nacional de Reforestación. Estado de Oaxaca

Semarnat-INE. (2009). México. Cuarta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. D.F., México.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, H.J.M. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grubler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Papper, H. Pitcher, L. Price, K. Riahi, A. Roehrl, H-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, and Z. Dadi. N. Nakicenovic and R. Swart (Eds.), UK. pp 570. Special Report on Emissions Scenarios, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000. pp. 570.

Toledo, V. y Ordóñez Ma. de J. (1993). The Biodiversity Scenario of Mexico: A Review of Terrestrial Habitats, En: *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distributions*. Oxford University Press, New York. Pp. 757- 777.

UAM (2003). Evaluación externa del programa nacional de reforestación en el estado de Oaxaca. Disponible en:  
[http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/administrator/sistemas/evaluaciones/115221922\\_2002\\_pronare\\_oaxaca.pdf](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/administrator/sistemas/evaluaciones/115221922_2002_pronare_oaxaca.pdf)

Universidad Chapingo, Semarnat, Conafor. (2010). Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio fiscal 2009.

Uribe, A. (2002). El inicio de la temporada de lluvias en la costa sudoeste de México: relaciones para su diagnóstico y pronóstico. Tesis de Maestría en Física de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 69 pp.

Vargas, Z. (2009). Influencia de la Zona Intertropical de convergencia y el fenómeno ENSO en el comportamiento de la canícula en Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. 80 pp.

Paginas en línea:

CONAFOR:

[http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=50&Itemid=64](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=64)

DesInventar 6: <http://online.desinventar.org/>

FAO: <http://www.fao.org/docrep/w8423e/w8423e04.htm>

INE: <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/index.html>

INEGI: <http://cuentame.inegi.org.mx>

Servicio Meteorológico Nacional: <http://smn.cna.gob.mx/emas/>

## **Anexo 1. INVENTARIO DE GEI PARA EL ESTADO DE OAXACA**

(Se anexa en archivo electrónico)

## Anexo 2. MÉTODO PARA ESTIMAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO Y CUBIERTA VEGETAL DE OAXACA (1976-2008)

### Cálculo de tasas de cambio de uso de suelo

Características de la cartografía: Estandarización de los parámetros cartográficos convencionales

Para la estandarización de los parámetros cartográficos se utilizaron las coberturas proporcionadas por el Centro Mario Molina (CMM) de 1976 denominada T1 y de 1993 denominada T2, 2000, denominada T3 y 2008 denominada T4. Debido a que las coberturas son a nivel nacional, se realizó el corte del Estado de Oaxaca. Las cuatro coberturas fueron reproyectadas bajo el siguiente modelo geodésico: *Elipsoide*: Clarke 1866 con Datum WGS84.

Agrupación y homologación de sistemas de clasificación de uso de suelo y vegetación

Se reconoce que los sistemas de clasificación de INEGI han cambiado a lo largo del tiempo.

Estos cambios son debidos a los procesos de interpretación utilizados. Considerando lo anterior, se identifican los cambios incongruentes dentro de las coberturas, se refieren a cambios en las coberturas que no pueden ocurrir en el terreno bajo condiciones de sucesión natural (tales como el paso de un cuerpo de agua a una selva baja, matorral a bosque de latifoliadas o matorral a selva baja).

Para este estudio el CMM solicitó considerar una clasificación de nueve tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para todo el estado de Oaxaca, mismo que serviría para agrupar los cerca de 43 clases originales de las coberturas.

A este proceso se le conoce como agrupación. Por otro lado el sistema de clasificación para las series T1 a la T4 no es el mismo, por lo que se requiere un proceso de homologación entre las distintas cartografías para fines de comparación de superficies de cambio.

Para la homologación del sistema de clasificación de uso de suelo y vegetación que utiliza el CMM (en 9 categorías), se procedió a comparar las series T1 y T2 para garantizar que las clases sean iguales (selvas, bosques, agricultura, etc.).

Después se procedió a una agrupación de las otras dos coberturas digitales de 2000 denominada T3 y de 2008 denominada T4 bajo el mismo criterio. Esto permite garantizar que los cálculos de cambio de cobertura y uso de suelo sean los correctos (Tabla VIII.1).

### Identificación de los cambios

Se procedió a agrupar los cambios de cobertura de acuerdo con la siguiente clasificación:

*Cambios negativos.* Transformación de áreas de vegetación natural a zonas urbanas, agricultura, pastizales inducidos o áreas sin vegetación aparente

*Cambios positivos.* Áreas que pasaron de zonas urbanas, agrícolas de riego o temporal y pastizales inducidos a zonas de vegetación natural: matorrales, selvas, bosques, humedales, etc.

*Conservación.* Áreas que permanecen con vegetación natural o áreas sin cambios, incluyendo zonas urbanas, agricultura, pastizales y cuerpos de agua.

Dichos cambios se caracterizaron para los periodos: a) 1976 a 1993, b) 1993 a 2000 y c) 2000 a 2008.

Tabla VIII.1 Equivalencias de tipos de vegetación y uso de suelo entre la cobertura original (tipo de vegetación) y la final (Clase final).

TIPO DE VEGETACIÓN	CLASE
AGRICULTURA DE RIEGO	Agricultura
AGRICULTURA DE TEMPORAL	
BOSQUE CULTIVADO	
AGRICULTURA	Bosque
BOSQUE DE OYAMEL	
BOSQUE MESOFILO DE MONTANA	
BOSQUE DE TASCATE	
BOSQUE DE PINO	
BOSQUE DE ENCINO-PINO	
BOSQUE DE ENCINO	
BOSQUE DE PINO-ENCINO	
CUERPO DE AGUA	Cuerpo de agua
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	Matorral
MATORRAL CRASICAULE	
BOSQUE DE MEZQUITE	
CHAPARRAL	
SELVA DE GALERIA	Otros tipos de vegetación
VEGETACION DE GALERIA	
MANGLAR	
VEGETACION DE DUNAS COSTERAS	
TULAR	
PALMAR INDUCIDO	
PASTIZAL CULTIVADO	Pastizal
PASTIZAL INDUCIDO	

TIPO DE VEGETACIÓN	CLASE
SABANOIDE	Selva
PASTIZAL HALOFILO	
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	
SELVA MEDIANA PERENNIFOLIA	
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA	
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	
SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	
SIN VEGETACION APARENTE	
DESPROVISTO DE VEGETACION	
ASENTAMIENTOS HUMANOS	Zona urbana
ZONA URBANA	

Fuente: elaborado por CMM, 2011

### Tasas de transformación o de deforestación

Las tasas de deforestación (pérdida de cubierta vegetal) se calculan a partir de la siguiente la formula:

$$t = \left( 1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde;

t es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100),

S<sub>1</sub> superficie en la fecha 1,

S<sub>2</sub> superficie en la fecha 2,

n es el número de años entre las dos fechas

La identificación de los cambios de cobertura se recalculó con la información de la cartografía de uso de suelo y vegetación de 1976 a 1993 corregida de acuerdo con el apartado 2b y posteriormente se calcularán para los otros periodos.

## Matrices de transición

La dinámica de cambio de uso de suelo se identifica mediante la elaboración de matrices de transición. Para llegar a esta matriz se realiza una sobreposición cartográfica entre dos coberturas y se obtienen las superficies de cambio entre ellas en hectáreas y porcentajes. Las matrices ordenan los cambios desde las superficies con vegetación natural seguido de los usos de suelo (agricultura y asentamientos humanos) y finalmente los asentamientos humanos y cuerpos de agua.

## Modelos de sucesión

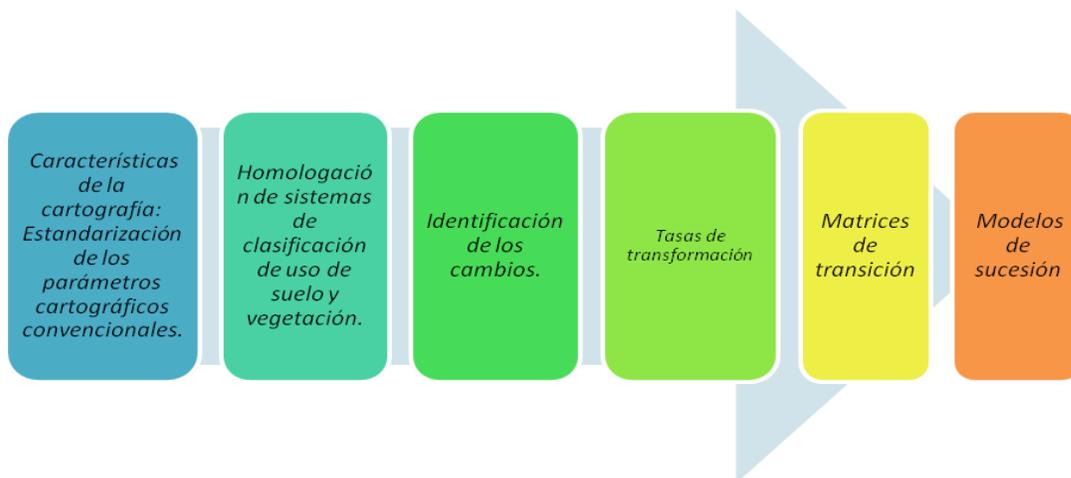
Los modelos de sucesión son esquemas que permiten identificar los usos de suelo predominantes de una región dada así como los usos de suelo *atractores* y *expulsores*. Los usos de suelo y vegetación expulsivos son aquellas regiones que pierden superficie a costa de aumentar otros usos.

Estos generalmente son zonas de vegetación natural en los casos de regiones con alta deforestación. Usos de suelo y vegetación expulsivos también pueden ser regiones de bosques y selvas que pasan a algún tipo de vegetación secundaria.

Por otro lado, los usos atractores son todos aquellos que aumentan su superficie a costa de otros usos, estos son generalmente las superficies agrícolas, pecuarias y de asentamientos humanos e infraestructura.

Se desarrollaron los modelos de sucesión incluyendo los porcentajes de las superficies que pasaron de un uso o cubierta a otro entre diversos periodos (Figura VIII.1).

Figura VIII.1 Metodología empleada para el cálculo de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el estado de Oaxaca 1976-2008.



## Resultados

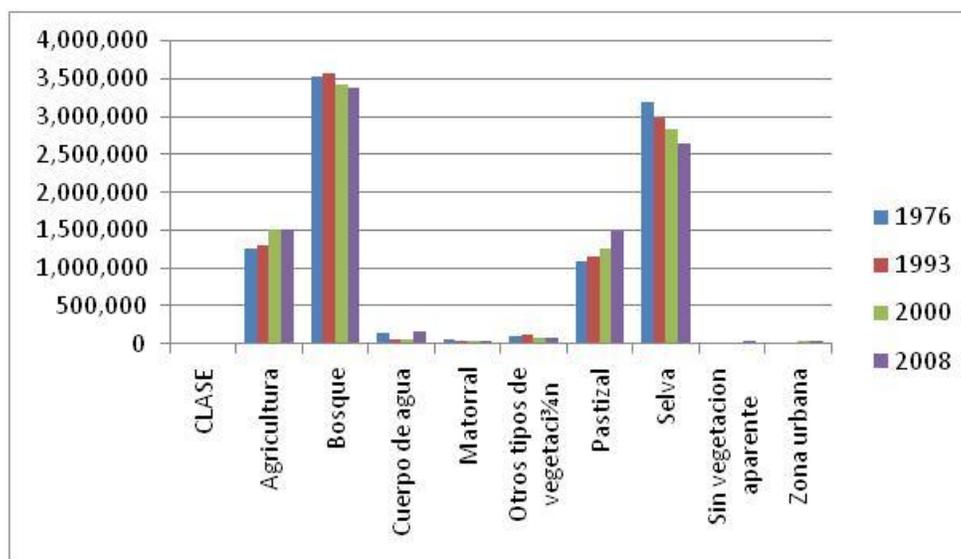
### Tasas de deforestación

Tabla VIII.2 Superficie por clase de uso de suelo y vegetación de para los periodos 1976, 1993, 2000 y 2008.

CLASE	1976	1993	2000	2008
<b>Agricultura</b>	1,258,939	1,298,838	1,506,173	1,506,912
<b>Bosque</b>	3,524,374	3,559,844	3,412,777	3,380,732
<b>Cuerpo de agua</b>	145,301	56,282	58,678	164,806
<b>Matorral</b>	56,694	43,705	46,553	39,406
<b>Otros tipos de vegetación</b>	92,177	125,619	84,738	71,432
<b>Pastizal</b>	1,090,098	1,152,616	1,250,626	1,487,698
<b>Selva</b>	3,181,130	2,988,377	2,831,191	2,648,062
<b>Sin vegetación aparente</b>	14,530	22,672	24,621	27,792
<b>Zona urbana</b>	5,562	10,926	43,690	41,965

Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.3 Superficie (ha) de los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo para el estado de Oaxaca 1976, 1993, 2000 y 2008.



Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.4 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 1976 a 1993

Cambio de uso de suelo (ha)			
CLASE	Cambio	Porcentaje de Cambio 1976-1993	Tasa de cambio anualizada
<b>Agricultura</b>	39,899	3.1	2,347
<b>Bosque</b>	35,470	1.0	2,086
<b>Cuerpo de agua</b>	-89,020	-158.2	-5,236
<b>Matorral</b>	-12,989	-29.7	-764
<b>Otros tipos de vegetación</b>	33,442	26.6	1,967
<b>Pastizal</b>	62,518	5.4	3,678
<b>Selva</b>	-192,753	-6.5	-11,338
<b>Sin vegetación aparente</b>	8,142	35.9	479
<b>Zona urbana</b>	5,364	49.1	316

Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.5 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 1993 a 2000

Cambio de uso de suelo (ha)			
CLASE	Cambio	Porcentaje de Cambio 1993-2000	Tasa de cambio anualizada
<b>Agricultura</b>	207,335	13.8	29,619
<b>Bosque</b>	-147,067	-4.3	-21,010
<b>Cuerpo de agua</b>	2,396	4.1	342
<b>Matorral</b>	2,848	6.1	407
<b>Otros tipos de vegetación</b>	-40,881	-48.2	-5,840
<b>Pastizal</b>	98,010	7.8	14,001
<b>Selva</b>	-157,185	-5.6	-22,455
<b>Sin vegetación aparente</b>	1,949	7.9	278
<b>Zona urbana</b>	32,765	75.0	4,681

Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.6 Cambio de uso de suelo: porcentaje de cambio y tasa de cambio anualizada para Oaxaca en el periodo 2000 a 2008

Cambio de uso de suelo (ha)			
CLASE	Cambio	Porcentaje de Cambio 2000-2008	Tasa de cambio anualizada
<b>Agricultura</b>	739	0.0	92
<b>Bosque</b>	-32,045	-0.9	-4,006
<b>Cuerpo de agua</b>	106,128	64.4	13,266
<b>Matorral</b>	-7,147	-18.1	-893
<b>Otros tipos de vegetación</b>	-13,306	-18.6	-1,663
<b>Pastizal</b>	237,072	15.9	29,634
<b>Selva</b>	-183,130	-6.9	-22,891
<b>Sin vegetación aparente</b>	3,171	11.4	396
<b>Zona urbana</b>	-1,725	-4.1	-216

Fuente: elaborado por CMM, 2011

## Matrices de cambio de uso de suelo en porcentaje.

Tabla VIII.7 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el periodo 1976 (T1) a 1993 (T2)

T2	Agricultura	Bosque	Cuerpo de Agua	Matorral	Otros tipos de vegetación	Pastizal	Selva	Sin vegetación aparente	Zona Urbana	Área presente solo en el mapa T1
<b>T1</b>										
<b>Agricultura</b>	71	14	0	0	0	7	6	0	0	0
<b>Bosque</b>	4	90	0	0	0	3	3	0	0	0
<b>Cuerpo de Agua</b>	2	0	21	0	1	1	2	1	0	72
<b>Matorral</b>	16	8	0	63	0	8	5	0	0	0
<b>Otros tipos de vegetación</b>	6	6	1	0	68	7	3	6	0	3
<b>Pastizal</b>	10	9	1	0	0	72	8	0	0	0
<b>Selva</b>	4	3	0	0	1	5	85	0	0	0
<b>Sin vegetación aparente</b>	4	0	5	0	5	3	2	77	0	5
<b>Zona Urbana</b>	23	1	0	0	0	0	1	0	75	0

Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.8 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el período 1993 (T1) a 2000 (T2)

T2	Agricultura	Bosque	Cuerpo de Agua	Matorral	Otros tipos de vegetación	Pastizal	Selva	Sin vegetación aparente	Zona Urbana	Área presente solo en el mapa T1
<b>T1</b>										
<b>Agricultura</b>	89	4	0	0	0	3	2	0	1	0
<b>Bosque</b>	5	93	0	0	0	2	0	0	0	0
<b>Cuerpo de Agua</b>	1	0	91	0	0	2	4	0	0	5
<b>Matorral</b>	7	2	0	87	0	2	1	0	0	0
<b>Otros tipos de vegetación</b>	3	4	1	0	57	4	29	2	0	4
<b>Pastizal</b>	5	2	0	0	0	88	3	0	1	0
<b>Selva</b>	4	1	0	0	0	4	91	0	0	0
<b>Sin vegetación aparente</b>	0	0	3	0	7	0	1	88	0	1
<b>Zona Urbana</b>	0	0	0	0	0	1	2	0	97	0

Fuente: elaborado por CMM, 2011

Tabla VIII.9 Matriz de cambio de uso de suelo y cubierta vegetal para el estado de Oaxaca en el período 2000 (T1) a 2008 (T2)

T2	Agricultura	Bosque	Cuerpo de Agua	Matorral	Otros tipos de vegetación	Pastizal	Selva	Sin vegetación aparente	Zona Urbana
T1									
Agricultura	70	12	0	0	0	11	4	0	2
Bosque	6	86	0	0	0	0	0	0	0
Cuerpo de Agua	1	0	93	0	1	2	1	2	0
Matorral	8	19	0	53	0	17	3	0	0
Otros tipos de vegetación	6	5	5	1	55	17	4	8	0
Pastizal	14	8	1	0	0	70	6	0	1
Selva	8	3	0	0	0	11	77	0	0
Sin vegetación aparente	3	0	11	0	8	2	3	72	1
Zona Urbana	3	1	0	0	0	1	0	0	95

Fuente: elaborado por CMM, 2011

### Anexo 3. TABLA COMPARATIVA DE AVANCES Y DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS ESTATALES DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Estado	Año de inicio	Inventario de Emisiones	Otros	Financiamiento
<b>Aguascalientes</b>	2010			CONACYT
<b>Baja California</b>	2010	1. Realizado por el Centro Mario Molina. 2. Realizado dentro del marco de cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas de EU		Presupuesto de Egresos de la Federación, CONACYT, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
<b>Baja California Sur</b>	2010		Proceso de establecer un Comité Estatal de Cambio Climático	CONACYT y Estado
<b>Campeche</b>	2011		Desde el 2010 se estableció una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y se concretó la Declaratoria para la Acción Conjunta ante el Cambio Climático en la Península de Yucatán	
<b>Chiapas</b>	2010	Se concluyó la estimación de las líneas base de las emisiones históricas y futuras de emisiones de gases de efecto invernadero para el sector AFOLU. Se concluyó un reporte del progreso sobre el inventario de emisiones para los sectores de Energía, Procesos Industriales y Desechos.	El 6 de diciembre de 2010 el Congreso del estado aprobó la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático. Cuenta con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.	Gobierno Británico, Estado y Presupuesto de Egresos de la Federación
<b>Chihuahua</b>	2010	Realizado dentro del marco de cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas de EU	Cuenta con un Plan de Acción Climática para el municipio de Chihuahua y se encuentra realizando otro a nivel estatal.	CONACYT, COCEF y Estado
<b>Coahuila</b>	2010	Realizado dentro del marco de	En el 2009 se creó una Oficina de Cambio	Comisión de Cooperación

Estado	Año de inicio	Inventario de Emisiones	Otros	Financiamiento
		cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas de EU	Climático que está a cargo del PEACC. Esta en proceso de establecer un Comité Estatal de Cambio Climático	Ecológica Fronteriza y Presupuesto de Egresos de la Federación
<b>DF</b>		SI	Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM) 2008-2012 publicado en junio de 2008	
<b>Durango</b>	2010	El Instituto Tecnológico de Durango está elaborando el inventario de emisiones de GEI con recursos del fondo mixto CONACYT-Estado.		Fondos Mixtos, Presupuesto de Egresos de la Federación
<b>Estado de México</b>	2010	SI	En 2009 se publicó la Iniciativa ante el Cambio Climático del Estado de México	
<b>Guanajuato</b>	2010	SI	Se publicó en 2008 "Hacia una estrategia estatal de cambio climático en Guanajuato" y en marzo de 2010 publicó la versión preliminar del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático y se realizó una consulta pública. Cuenta con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	Presupuesto de Egresos de la Federación y Estado
<b>Guerrero</b>	2011		Cuenta con el Subcomité Sectorial de Ecología y Cambio Climático del Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Guerrero	BID
<b>Hidalgo</b>	2010	SI		Presupuesto de Egresos de la Federación y Estado
<b>Jalisco</b>	2010			

Estado	Año de inicio	Inventario de Emisiones	Otros	Financiamiento
<b>Michoacán</b>	2010			Banco Mundial y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
<b>Morelos</b>	2010			Presupuesto de Egresos de la Federación, CONACYT y Estado
<b>Nayarit</b>	2011	2009		CONACYT
<b>Nuevo León</b>	2009	Realizado dentro del marco de cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas de EU	En 2010 publicó el Programa de Acción ante el Cambio Climático (2010-2015)	Gobierno Británico y Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
<b>Puebla</b>	2009		Publicó la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático.	Presupuesto de Egresos de la Federación
<b>Oaxaca</b>	2010	Realizado por el Centro Mario Molina	Presentación del Plan de Acción Temprana ante el Cambio Climático. Oaxaca 2011 Proceso de establecer un Comité Estatal de Cambio Climático	BID, Presupuesto de Egresos de la Federación y Estado
<b>Querétaro</b>	2010			Presupuesto de Egresos de la Federación, CONACYT y Estado
<b>Quintana Roo</b>	2010		Cuenta con una Comisión Estatal de Cambio Climático de Quintana Roo. Desde el 2010 se estableció una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y se concretó la Declaratoria para la Acción Conjunta ante el Cambio Climático en la Península de Yucatán	AECID e INE

Estado	Año de inicio	Inventario de Emisiones	Otros	Financiamiento
<b>San Luis Potosí</b>	2010			CONACYT y Estado
<b>Sonora</b>	2010	Realizado dentro del marco de cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas de EU		Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
<b>Tabasco</b>	2010			Presupuesto de Egresos de la Federación, BID, CONACYT y ESTADO
<b>Tamaulipas</b>	2011	1. Realizado dentro del marco de cooperación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por el Centro de Estrategias Climáticas		Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
<b>Tlaxcala</b>	2010			AECID e INE
<b>Veracruz</b>	2009	SI	Programa Veracruzano de Cambio Climático.	INE y Gobierno Británico
<b>Yucatán</b>	2010		Cuenta con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de Yucatán. Desde el 2010 se estableció una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático y se concretó la Declaratoria para la Acción Conjunta ante el Cambio Climático en la Península de Yucatán	BID
<b>Zacatecas</b>	2011			

Fuente: <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/>

## Anexo 4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EJECUTAR EL PEACC DE OAXACA<sup>20</sup>.

Objetivo	Actividades	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Objetivo 1 Conformación de un Grupo Técnico de Coordinación del Programa	1.1 Identificar contrapartes estatales y nacionales.	X	X	X									
	1.2 Conformar un Grupo Técnico del Programa y establecer compromisos dirigidos a la integración y ejecución del Programa Estatal.	X	X	X									
	1.3 Asignación de responsables institucionales, acuerdos técnicos y búsqueda de recursos financieros .	X	X	X									
Objetivo 2 Desarrollo de proyectos ejecutivos de las medidas de mitigación y adaptación identificadas en el Plan de Acción Temprana	2.1 Generar proyectos ejecutivos para el desarrollo de las medidas de mitigación y adaptación	X	X										
Objetivo 3 Elaboración de escenarios climáticos regionales para el año 2030, 2050 y 2080	3.1 Realizar un estudio histórico detallado de los últimos 50 años de impactos de eventos hidrometeorológicos extremos.		X	X	X								
	3.2 Construir escenarios climáticos regionales para el Estado de Oaxaca para mediados y finales del siglo XXI.		X	X	X								
	3.3 Identificar y caracterizar los tipos de eventos extremos del clima de mayor impacto social y económico en las 6 regiones prioritarias.		X	X	X								
	<b>3.3 Generar productos cartográficos para su aplicación en los análisis de procesos dinámicos de la variabilidad y cambio climático con la finalidad de identificar las áreas de mayor</b>			X	X	X							

<sup>20</sup> Con base en las actividades sugeridas en la Guía para la elaboración de Programas Estatales antes el Cambio Climático y desarrolladas especialmente para el caso Oaxaca

Objetivo	Actividades	Mes																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Objetivo 4 Identificar medidas de mitigación de emisiones de GEI	4.1 Analizar las implicaciones socio-ambientales del uso y cambio de uso de suelo y su relación tanto con los efectos del cambio climático como con los servicios ambientales.				X	X	X	X											
	4.2 Identificar medidas de mitigación para la reducción y secuestro de GEI.				X	X	X	X											
	4.3 Establecer responsables, metas e indicadores.				X	X	X	X											
	4.4 Identificar la factibilidad de las medidas de mitigación: retos y oportunidades institucionales, técnicas, financieras y sociales.				X	X	X	X											
	<b>4.5 Generar productos cartográficos para su aplicación en los análisis de procesos dinámicos de la variabilidad y cambio climático con la finalidad de identificar las áreas de mayor riesgo ante cambio de uso de suelo en el estado de Oaxaca</b>				X	X	X	X											
Objetivo 5 Identificar las medidas las medidas de adaptación	5.1 Diagnosticar y evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático por sectores agua.				X	X	X	X											
	5.2 Proponer indicadores de vulnerabilidad y riesgo diferenciados territorial y socialmente.				X	X	X	X											
	5.3 Identificar medidas de adaptación a corto, mediano y largo plazo por sectores.				X	X	X	X											
	5.4 Establecer responsables, metas e indicadores.				X	X	X	X											
	5.5 Identificar factibilidad de las medidas de adaptación: retos y oportunidades institucionales, técnicas, financieras y sociales.				X	X	X	X											



## **Anexo 5. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LEÑA A TRAVÉS DEL MANEJO FORESTAL COMUNITARIO QUE CONTRIBUYA EN LA DISMINUCIÓN Y NEUTRALIZACIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN OAXACA**

### **Descripción de la propuesta**

Según la Comisión Nacional Forestal<sup>21</sup>, las existencias maderables de un país dependen en gran medida de la extensión de sus bosques y selvas, aunque también de la cantidad de madera que hay por unidad de superficie.

En México se han realizado varios trabajos para determinar las existencias de madera de todo el país. Los trabajos más recientes sobre cobertura forestal son el Inventario Nacional Forestal 2000 y la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III, del INEGI; sin embargo, ambos consideran sólo la extensión de las zonas arboladas y carecen de información sobre volúmenes de madera.

En este sentido, la fuente más reciente y completa es el Inventario Nacional Forestal. Oaxaca es reconocida como una de las entidades en el país con mayores existencias de madera en bosques y selvas.

Si bien, el uso de la madera como energético es mínimo, durante el periodo 1997- 2003 se empleó en promedio sólo 3.1% como leña y 3.8% como carbón, estas cifras subestiman de manera considerable sus usos.

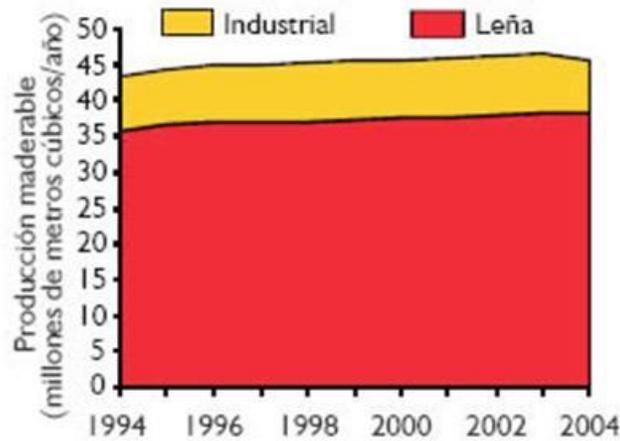
Oficialmente, se estimó que 20% de las viviendas en el país emplea leña, los 364,972 m<sup>3</sup> de leña reportados en 2003 se repartirían en cada hogar sumando alrededor de 200 cm<sup>3</sup> de madera al día, apenas un leño del tamaño de un ladrillo, que evidentemente no es suficiente para satisfacer sus demandas de combustible.

Sin embargo, el verdadero valor está más cercano a los 38 millones de m<sup>3</sup> que estimó la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2005), y que corresponderían a 82.2% de la producción nacional maderable, que habría sido de 45.7 millones de m<sup>3</sup> en 2004 (Figura VIII.2).

---

<sup>21</sup> [http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=50&Itemid=64](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=64)

Figura VIII.2 Producción maderable en México según su empleo como leña o en la industria 1994-2003.



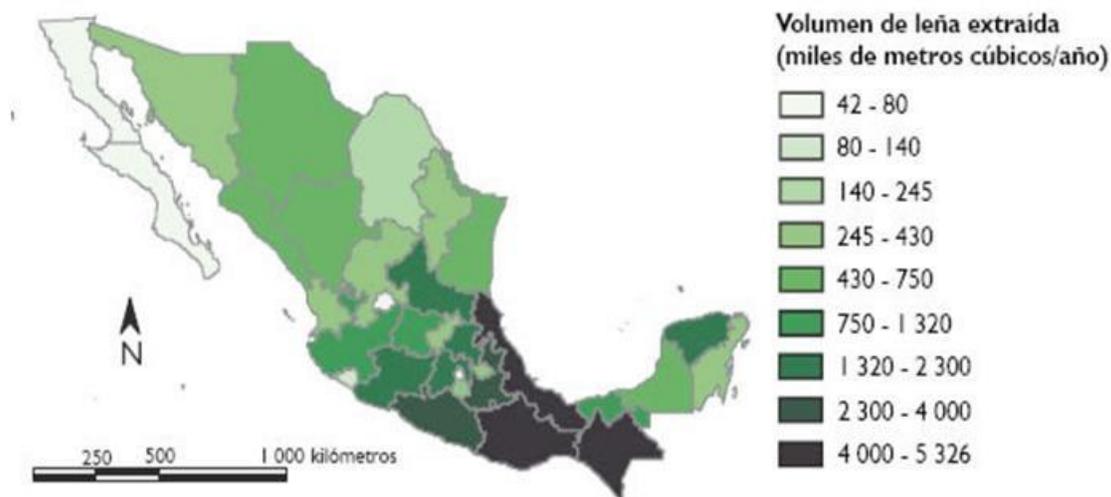
Fuente: CONAFOR<sup>32</sup>.

En algunas regiones del país el incremento en la tasa de extracción de leña ha reducido la disponibilidad del recurso. A pesar de que un gran número de personas depende de estos recursos, el carbón y la leña rara vez ocupan un lugar destacado en los planes energéticos nacionales.

En el caso particular en el Estado de Oaxaca, el consumo total de leña no ha disminuido sensiblemente desde 1960. Más que una sustitución total de la leña por otro combustible, se presenta un uso mixto de combustibles (leña-gas LP).

Las principales tareas energéticas (elaboración de tortillas, cocimiento de frijoles y otros platos tradicionales) se continúan realizando con leña y el gas (principalmente en las ciudades) sólo es utilizado para calentar los alimentos y elaborar algunos alimentos de poca demanda energética (la estufa de gas se usa como tecnología complementaria)

Figura VIII.3 Extracción de leña estimada por entidad federativa 2000.



Fuente: CONAFOR<sup>32</sup>.

## Antecedentes

La Secretaría de Energía (2009) evaluó que del total de la energía primaria utilizada en el país, 6.2% provenía de energías renovables (Figura VIII.4), entre ellas la leña contribuye con 42.9%, y de manera significativa aporta a nivel nacional 34.2% de la energía consumida por el sector residencial. Por otra parte, la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación<sup>22</sup> (FAO, por sus siglas en inglés) ha identificado que:

El uso de madera para energía (leña y carbón vegetal) es muy importante en México: se estima que se utilizan en total unos 38 Mm<sup>3</sup>/año (24,9 Mm<sup>3</sup>/año en el sector doméstico de autoconsumo, 6 Mm<sup>3</sup>/año en el sector doméstico comercial, 6 Mm<sup>3</sup>/año en el sector de las pequeñas industrias, y 0,7 Mm<sup>3</sup>/año para producir carbón vegetal.

En comparación, el uso de madera rolliza para industrias mecánicas y celulósicas no supera los 8 Mm<sup>3</sup>/año, y la utilización de madera para postes se estima en 2,8 Mm<sup>3</sup>/año;

La magnitud del mercado de leña es igualmente importante: los 12 Mm<sup>3</sup> de leña comercializada anualmente tienen un valor de 300 millones de dólares;

Los precios de la leña son comparables a los de la madera en trozas para uso industrial, y justifican un aprovechamiento forestal ordenado;

La actividad leñera comercial genera empleo rural: unos 60 millones de jornales por año, o el equivalente de 240,000 empleos permanentes;

<sup>22</sup> <http://www.fao.org/docrep/w8423e/w8423e04.htm>

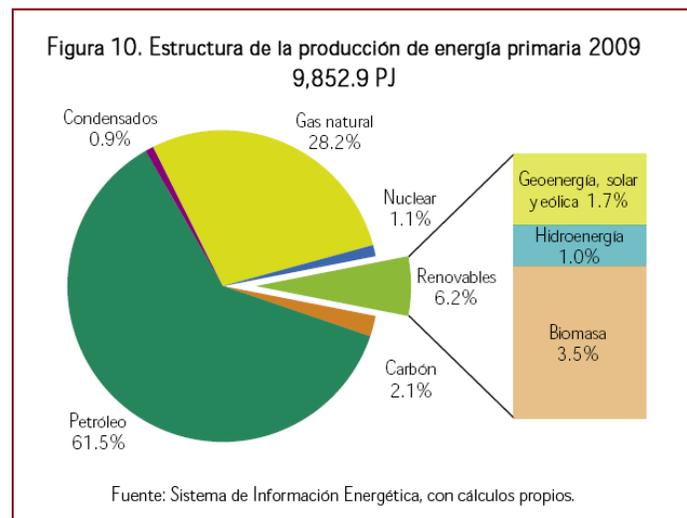
La leña satisface las necesidades de energía para cocinar y calentar agua, y dar calefacción a los hogares de 21 millones de pobladores rurales y por lo menos 4,5 millones de habitantes urbanos, que representan 32% de los mexicanos.

De continuar las actuales tendencias, las perspectivas de uso de leña a nivel regional apuntan a un consumo sostenido y a una intensificación de los impactos ambientales en áreas específicas debido a que existe un amplio porcentaje de familias que utilizan leña para cocinar; a que la mayor penetración de gas L.P. no se traducirá en ahorros importantes de leña en el sector doméstico; a que un sector todavía importante de pobladores y la mayor parte de las pequeñas industrias no tienen las condiciones económicas para acceder al gas de manera regular; y a que los recursos forestales de la región continúan reduciéndose, a causa de la demanda clandestina de madera y procesos de cambio de uso del suelo.

En general se piensa que el mercado de la leña es una de las principales causas de deforestación, sin embargo, estudios detallados muestran que esto no es completamente cierto para todo el país (Maserá, 1993 y 1995; Riegelhaupt, 1997).

Por otro lado sin duda existen algunas regiones en las que el consumo actual de leña se ha convertido en un problema. Si bien es cierto que en general, una gran cantidad de leña proviene de madera muerta y de árboles ubicados fuera de las zonas boscosas, también se desconoce que tan importante o verdadera es esta afirmación. Por más que también se afirme que la madera usada para leña procede en su mayoría de especies no comerciales (SENER, 2003).

Figura VIII.4 Estructura de la producción de energía primaria 2009.



Fuente: SENER, 2009.

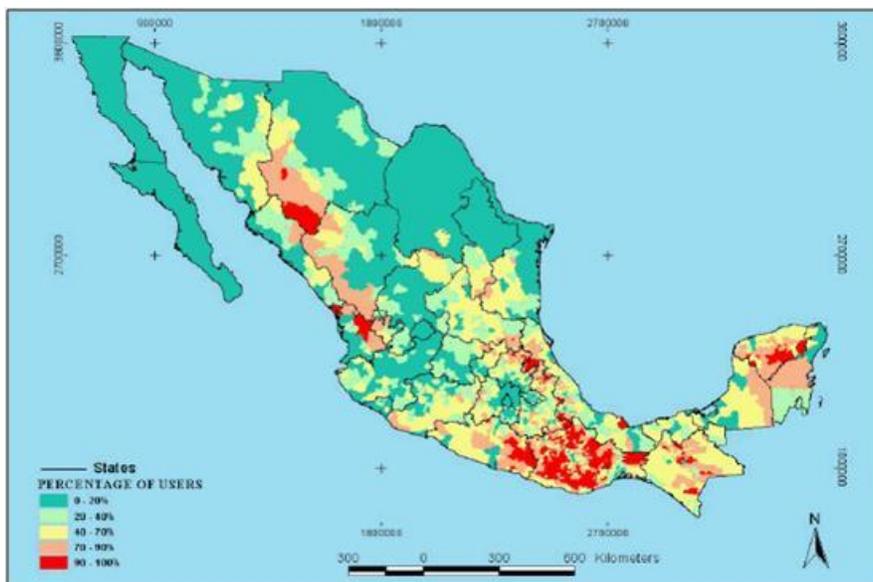
La leña constituye el principal uso de los recursos forestales locales (Figura VIII.5).

Si bien, la dinámica de uso de leña ha sido considerada como función directa del crecimiento de la población, hoy en día se sabe que está en función de la interacción de

factores relacionados con la oferta y la demanda, como son los sistemas locales de producción, las condiciones biofísicas asociadas con el estado de los recursos naturales, variables socioculturales y tecnológicas y la estructura socioeconómica (Masera, 1995).

Por mencionar un ejemplo, generalmente en los lugares donde disminuye el recurso, la demanda también decrece es decir, el usuarios se adaptan a la disponibilidad de éste (Díaz, 2000).

Figura VIII.5 Usuario de leña como porcentaje total de hogares.



Fuente: FAO, 2011.

La gran heterogeneidad del consumo de leña en el país, propone una agrupación de los estados en regiones, para tal propósito Díaz (2000) construyó un índice de consumo estatal de leña (ICEL).

El ICEL está basado en tres variables que han mostrado influencia crítica en la dinámica e impacto del uso de leña: a) saturación de usuarios de leña en el área rural, b) población que usa leña y c) tasa media de crecimiento anual de los usuarios de leña.

El Estado de Oaxaca es considerado como una región crítica<sup>23</sup> por el consumo de leña. El comportamiento de los usuarios de leña en la región muestra que la población que usa este energético ha aumentado desde 1960 a un ritmo anual del 1%.

El subsector rural contribuye en promedio con el 75% de los usuarios. La región crítica demanda 71% del total de leña en el país, su comportamiento actual indica que en los siguientes años su participación se mantendrá en la misma proporción.

<sup>23</sup> La región crítica esta integrada por: Oaxaca, Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Querétaro, Tabasco, Veracruz, Yucatán, Hidalgo, Michoacán y Puebla.

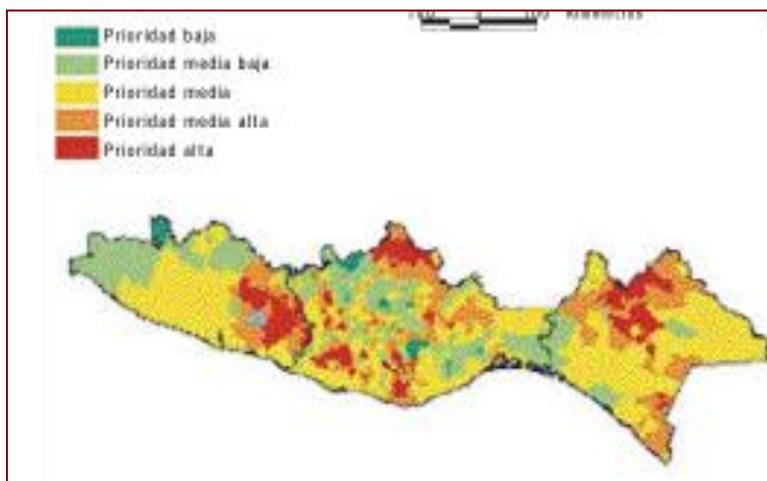
Posteriormente, Masera *et al.*, (2003) desarrollaron una herramienta denominada WISDOM (*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*) para realizar balances de oferta-demanda de leña e identificar áreas prioritarias en el país.

Las variables que se usan para agrupar a los municipios son a) Número total de usuarios de leña b) Proporción de hogares que usan leña (saturación de usuarios de leña) c) Tasa de crecimiento de los usuarios de leña para el periodo 1990-2000 d) Densidad de usuarios (número/Km<sup>2</sup>) e) Porcentaje de población indígena y f) Balance de leña (producción-demanda).

Para el estado de Oaxaca se identificaron los municipios prioritarios por consumo y disponibilidad de leña (Figura VIII.6).

De manera particular, se han realizado numerosos estudios en Oaxaca para determinar el consumo de leña, en el que se observa cierta consistencia y dónde el rango de consumo varía entre 2.8 y 2.1 kg/*per cápita*/día (Tabla VIII.10).

Figura VIII.6 Municipios prioritarios por consumo y disponibilidad de leña, detalle para la región pacífico sur.



Fuente: SENER, 2003.

Tabla VIII.10 Consumos Unitarios de leña

Consumo unitario de leña para uso doméstico por encuestas		
	Consumo (kg/cáp/día)	Observaciones
<b>Guerrero y Oaxaca (macro región sur)</b>	2.8	IIE (1986) grupos de bajos ingresos
<b>Mixteca Oaxaqueña</b>	2.6	CECODES (1987)
Consumo unitario de leña para uso doméstico por estudio de caso (Oaxaca)		
<b>Sierra (tres comunidades)</b>	2.8	Martínez (1987) IIE, se reporta el consumo para la población de bajos ingresos
<b>Valle (tres comunidades)</b>	2.7	Martínez (1987) IIE, se reporta el consumo para la población de bajos ingresos
<b>Costa (tres comunidades)</b>	2.1	Martínez (1987) IIE, se reporta el consumo para la población de bajos ingresos
<b>Chacahua</b>	2.7	IIE (1984), medición directa
<b>Los Altos Mixtepec (cinco comunidades)</b>	2.6	Masera et al., (1997) medición directa diaria durante una semana

Fuente: Díaz, 2000.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de biomasa

La determinación de las emisiones de GEI en el caso de la leña, requiere de un análisis detallado que debe incluir una revisión completa del “ciclo del combustible”, es decir, es necesario conocer las formas de obtención de la leña y sus impactos en los bosques locales (reducción de la capacidad de crecimiento de los árboles, disminución de la regeneración, degradación forestal, erosión del suelo, etc.); el proceso de combustión de la leña en el uso final, y además la dinámica del proceso de emisión y absorción de gases por los bosques (SENER, 2003).

A partir del consumo de leña por regiones, Díaz (2000) evaluó las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de este energético. Los resultados muestran que las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en

el país para 1990 fueron de 10.2 Mton en el escenario de baja renovabilidad y de 4.2 Mton para una alta tasa de renovabilidad, cifras que representan 2.3% y 0.9% del total de las emisiones del país respectivamente, considerando que las emisiones totales de CO<sub>2</sub> ascienden a 444.49 Mton.

Para el año 2000 se estimó que la leña aportó entre 11.2 y 4.7 Mton de CO<sub>2</sub>. La mayor cantidad de emisiones se debe a la región crítica, donde se inserta Oaxaca, cuya participación oscila entre 85% y 100% de las emisiones en los escenarios respectivos y presenta emisiones que van desde 4.7 hasta 9.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2000. Por su parte, Maser y Ghilardi (2003), a partir del estudio de los municipios críticos por el uso de leña estiman que las emisiones de CO<sub>2</sub> oscilan entre 1.9 y 3.8 Mton/año (SENER, 2003).

## Alcances

Dado el carácter comercial de la leña, se puede afirmar que la mayor parte de la leña consumida por el sector doméstico urbano (y alrededor del 15% o más de la rural) es directamente comprada. Se estima que anualmente se consumen 1.6 millones de m<sup>3</sup> de leña<sup>24</sup> que equivalen a 1.23 millones de toneladas.

Si el precio promedio por tonelada es de \$25 dólares. El mercado de madera utilizada como leña representa \$30.75 millones de dólares por año. La comercialización regularizada de este volumen de leña podría significar la conservación de una cantidad importante de biomasa y por tanto una significativa reducción de emisiones de GEI, puesto que se neutralizaría, mediante la producción de madera para leña (reforestación-cultivo o manejo), el total de emisiones de los hogares asociados al consumo de leña.

Considerando el argumento anterior se propone como una medida de mitigación/adaptación el desarrollo de un Programa de Producción de Leña apoyado en las estructuras de aprovechamiento forestal comunitario que existen en el Estado.

Este Programa se plantea en tres etapas que van desde la realización del proyecto ejecutivo con los estudios técnicos específicos, la institucionalización y el escalamiento, hasta su consolidación.

Una de las primeras acciones a ser consideradas en el desarrollo del Programa es la identificación de áreas con bosque bajo manejo (con potencial de producción de leña) para desarrollo de planes de manejo, estudios y gestión de permisos, estímulo de recolección y explotación de leña.

El estudio y proyecto ejecutivo tendrá que demostrar la viabilidad o integración de otras áreas con producción local y las consideraciones normativas de ser integradas.

Simultáneamente el programa tendrá que considerar mecanismos de coordinación y estímulo para impulsar los esfuerzos de distintas instituciones que promueven las estufas eficientes, que sin duda es el complemento ideal del esfuerzo por conducir la producción de leña sustentable.

---

<sup>24</sup> Dato obtenido en Merino, L. 2004. Pág. 75.

Figura VIII.7 Etapas del Programa de Producción de Leña.



Existen experiencias en otros países<sup>25</sup> que han logrado disminuir los consumos de leña mediante el abasto de energía eléctrica a los hogares rurales (donde hay altos consumos para calefacción de las casas) que provienen de energía eólica, micro hidroeléctricas y solar. Este Programa tendrá que valorar cuanto sería posible disminuir el consumo o demanda de leña por esta vía complementaria.

La producción de leña debe cumplir con la legislación forestal y garantizar la no recolección o tala en áreas protegidas, así como la no comercialización de especies protegidas o amenazadas.

Se deben identificar a las comunidades que tengan experiencia en el manejo forestal, y seleccionar aquellas con potencial de ser productoras de leña y aquellas con potencial de comercialización.

De esta forma el programa deberá enfocarse, por un lado, en proveer asistencia técnica a los productores mediante la elaboración de planes de manejo forestal, supervisión y seguimiento de las actividades de manejo, apoyo a la comercialización de la leña y planes de secado (o transformación a carbón) de leña.

Y por otra parte, deberá desarrollar acciones para apoyar a los agentes de comercialización a través del estudio y diagnóstico del mercado de la leña, cursos de capacitación para la formalización de los productos y su distribución, estrategias de comercialización de leña y posicionamiento de los productores y centros de distribución certificados.

<sup>25</sup> Ver Informe de la Energía Renovable. 100% de Energía renovable para el año 2050. WWF

<http://www.wwf.org.mx/wwfmex/informe-energia-renovable-2010.php>

Acreditar que en el Programa se cumpla con los requisitos de Certificación. Proceso que debe seguir algunos principios como son: que se cumpla con la normativa vigente, que la leña provenga de un bosque con plan de manejo, que se garantice la calidad de la leña (porcentaje de humedad por debajo del 25% y eventualmente la producción de carbón vegetal para dar valor agregado) y que se entregue información precisa y veraz sobre el producto.

A corto y mediano plazo se espera: disminuir la presión sobre los bosques (disminuir la deforestación por cambio de uso de suelo y la degradación forestal), incrementar superficies bajo manejo, incremento de leña producida bajo manejo forestal, competencia en el mercado al ser reconocido el Programa por los productores, comerciantes y consumidores, creación de empleos, manejo y regulación de los precios de producción y venta de leña, y ofrecer un producto de calidad, ambientalmente redituable.

A largo plazo, el manejo de la producción de leña ayudará a disminuir las altas tasas de deforestación y por tanto aumentarán los reservorios CO<sub>2</sub>, contribuirá con la fertilización y estabilización de los suelos; aumentará la filtración de agua y evitará la desertificación, y se evitarán plagas e incendios.

Se busca la neutralización de las emisiones asociadas al consumo de leña, buscando capturar todas las emisiones cuando el consumo de leña iguale la producción de leña en el estado.

De manera paralela la electrificación rural con fuentes alternas de energía, disminuirá también las emisiones de carbono asociados a petrolíferos, y con el uso de estufas eficientes, también aumentarán la calidad de vida de las familias sin afectar sus valores y tradiciones culturales.

Esta propuesta debe ser impulsada en conjunto con otros programas como es el uso sustentable de leña a partir de la diseminación de modelos de estufas rurales ahorradoras de leña como el modelo "Patsari" (Maserá *et al.*, 2004).

A partir de 2008, la CONAFOR otorga apoyos para la construcción e instalación de este tipo de estufas. Uno de sus objetivos es disminuir el consumo de leña para mitigar el impacto ambiental a los ecosistemas, ocasionado por la recolección o aprovechamiento inadecuado de leña para combustible (SENER, 2009).

Por otra parte, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) tiene contemplado instalar 600 mil estufas eficientes de leña dentro del programa de sustitución de fogones abiertos por estufas ecológicas, con lo cual se estima una reducción anual de 1.62 MTon de CO<sub>2</sub>.

### **Actores involucrados**

#### **- Entidad Responsable:**

Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentabilidad (IEED).

#### **- Financiadores:**

Gobierno del Estado de Oaxaca y CONAFOR (Fundaciones internacionales)

#### **- Instancias asociadas:**

Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Oaxaca.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

**- Instancias participantes:**

Instituto de la Mujer Oaxaqueña (IMO).

Secretaría de Asuntos Indígenas (SAI).

Coordinación de Vinculación y Financiamiento Internacional (COVIFI). Secretaría de Desarrollo Social.

Fundaciones.

Organizaciones no gubernamentales.

Academia.

Instancias de participación ciudadana.

**- Beneficiados:**

Productores forestales (de leña), población urbana y rural usuarios de leña, pequeñas y medianas empresas (que consumen y comercializan leña).

El país por las emisiones netas.

**NOTA:** Las iniciativas de desarrollar programas asociados a la producción sustentable de leña se han intentado a nivel nacional en varias ocasiones. El siguiente apartado es un buen referente de cómo se ha explicado o justificado dicha intención.

Tomado del Programa Estratégico Forestal 2025<sup>26</sup>:

### Bioenergía

La leña es uno de los productos secundarios de los bosques que a lo largo de milenios ha sido elemento indispensable en los hogares rurales. El calor que produce la leña resuelve las necesidades energéticas de una vasta población diseminada en las zonas de mayor marginación y pobreza del país.

Como se señala en el Diagnóstico, el consumo de leña en el país es de aproximadamente 36 millones de metros cúbicos. Selvas y bosques, en particular del sureste de México, son fuertemente impactados por el aprovechamiento no sustentable de leña, mientras que, contradictoriamente, millones de metros cúbicos de material sobrante de aprovechamientos autorizados y clandestinos, se quedan en el monte propiciando la diseminación de plagas y un mayor alcance de los incendios, debido a que existen regulaciones que dificultan su extracción.

Enfrentar este problema con propuestas que hagan factible la incorporación de experiencias tecnológicas diseñadas para el ahorro y optimización de este combustible y para el aprovechamiento integral del recurso forestal, es una tarea urgente de cumplir so pena de propiciar la pérdida irreversible de una biodiversidad cada vez más limitada y vulnerable.

En este apartado se proponen estrategias y líneas de acción prioritarias para el adecuado aprovechamiento de la bioenergía.

### Objetivos

- Lograr el abastecimiento y consumo nacional de bioenergía de manera sustentable.
- Aumentar los ingresos económicos de dueños y poseedores por producción y venta de bioenergía.

### Estrategias

Se proponen las siguientes estrategias:

- Integrar la producción de bioenergía en el manejo forestal sustentable. Aplicar programas de manejo en zonas donde la bioenergía es el producto principal.
- Promover el manejo de la vegetación secundaria (acahuales) para fines de producción de madera para energía.
- Incluir en los programas de manejo el aprovechamiento de latifoliadas para uso energético.

---

<sup>26</sup> <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?grupo=4&articulo=307>

- Promover la incorporación de nuevas tecnologías para el uso más eficiente de bioenergía.
- Integrar la producción de bioenergía en los proyectos de silvicultura comunitaria
- Promover la producción, comercialización y uso de bioenergía a través de incentivos económicos justificados por razones ambientales y sociales incluyendo impuestos diferenciados por tipo de energía y por sus emisiones netas.

Desarrollar la propuesta anterior en comunidades de zonas áridas y semiáridas en donde los pobladores no tienen una fuente segura de ingreso. En este sentido se deben establecer programas de manejo y de inversión para favorecer el desarrollo de plantaciones comerciales con especies nativas de alto potencial bioenergético, así como para facilitar el acceso a mercados nacionales e internacionales.

Utilizar tecnologías apropiadas para el aprovechamiento y conversión de bioenergía, incorporando las experiencias acumuladas en otros países.

Apoyar la producción sustentable y la comercialización de bioenergía a través de asesoría técnica e incentivos para la organización social de producción. Destinar recursos para un programa específico en zonas rurales enfocado al desarrollo de una cultura de aprovechamiento integral y adopción de innovaciones tecnológicas para el uso óptimo de la energía producida por combustibles procedentes de bosques y selvas.

### **Líneas de acción prioritarias**

Se proponen siguientes líneas de acción prioritarias:

- Evaluar el potencial de producción de bioenergía por tipo de materia prima y región procedente.
- Iniciar un proceso de transferencia de tecnología, con participación internacional, sobre el uso de residuos maderables para bioenergía.
- Promover la participación de prestadores de servicios técnicos forestales en la producción y comercialización de bioenergía.
- Formulación de proyectos de inversión para atraer financiamiento por el MDL.
- Aplicar programas de manejo de bosques para bioenergía en ANP.
- Elaborar y efectuar un esquema para la aplicación de tecnologías sobre el uso óptimo de bioenergía dirigido a comunidades rurales en zonas críticas.
- Promover plantaciones forestales dendroenergéticas de rápido crecimiento y desarrollar esquemas que faciliten el acceso a mercados nacionales e internacionales.



Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos Sobre Energía y Medio Ambiente A.C.

Paseo de los Laureles No 458 Int. 406

Col. Bosques de las Lomas

C.P. 05120

México, D.F.

T: (+55) 9177.1670

F: (+55) 9177.1690

[www.centromariomolina.org](http://www.centromariomolina.org)

