



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN ZONAS CAFETALERAS DE JITOTOL Y
CACAHUATÁN, CHIAPAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

**GUILLERMO CARLOS MARTÍNEZ
VERDUZCO**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. GUSTAVO MANUEL CRUZ BELLO

MEXICO, D.F., 2009





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

"Análisis de cambio de uso de suelo en zonas cafetaleras de Jitotol y Cacahoatán, Chiapas".

realizado por Martínez Verduzco Guillermo Carlos con número de cuenta 4-0309997-7 quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en Biología. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Rogelio Aguilar Aguilar

Propietario M. en C. Francisco Moreno Sánchez

Propietario Dr. Gustavo Manuel Cruz Bello
Tutor

Suplente M. en C. Antonio González Hernández

Suplente Biól. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D. F., a 10 de noviembre de 2008

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

Datos Sobre El Presente Trabajo

1.- Alumno

Guillermo Carlos Martínez Verduzco
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
403099977

2.- Director de Tesis

Dr. Gustavo Manuel Cruz Bello
Investigador Titular C
CENID-COMEF, INIFAP

3.- Sinodales

Dr. Rogelio Aguilar Aguilar
Profesor de Asignatura
Facultad de Ciencias, UNAM

M. en C. Francisco Moreno Sánchez
Investigador Titular C
CENID-COMEF, INIFAP

M. en C. Antonio González Hernández
Investigador Titular C
CENID-COMEF, INIFAP

Dr. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz
Investigador Titular C
CENID-COMEF, INIFAP

4.-Tesis

Análisis de Cambio de Uso de Suelo en Zonas Cafetaleras de Jitotol y Cacahoatán,
Chiapas.
Universidad Nacional Autónoma de México
México Distrito Federal
86 p.
2009

Dedicatoria

A mis padres, que me han respaldado, acompañado y fomentado en muchas de mis locuras y han estado ahí para escucharme y compartir mis alegrías. iiiGRACIAS!!!

A mi hermana, que con su curiosidad ha estimulado la mía y ha compartido conmigo muchas de las sorpresas que la vida me ha regalado.

A todas aquellas personas que me han enseñado algo y también a aquellas a quienes he podido compartirles algo de lo que yo sé.

A esos modelos que me han hecho desear imitarlos en mi vida.

A mi familia, que normalmente no entiende en lo que ando, pero ahí encuentro una voz de aliento.

A mis amigos del Columbia, que pasamos muchas experiencias formativas, deformativas y reformativas juntos. Especialmente a mis compadres, Gil, Nando, Caraza y Yamíl, a seguir con las burradas!!

Al Profesor (en toda la extensión de la palabra) Luis Castellanos, un gran maestro de Biología.

A todos los culpables de y durante mi paso por Jóvenes Hacia la Investigación, especialmente a Miss Efi, Augusto y Martha Enríquez, por brindarme un espacio para un gran desarrollo. Al Dr. Martín Martínez Torres, Dr. Luis Medrano González y Dr. Federico Bermudez Rattoni por abrir su laboratorio a ese loco de preparatoria. Y a Edith Venegas, María de Jesús Hernández (Chuy) y Marisela Martínez - Claros que dedicaron mucho (y muy divertido) de su tiempo a que aprendiera algo de lo que ellas trabajaban. También a todos los que conocí en esas estancias, con quienes pasé muy gratos momentos de "diversión científica".

A cada uno de mis amigos de FEF, en Emaús y Racanú/CoCoMAMU, la mesa, los encuentros, animadores, asesores, coordinadores, capis, capacitadores, sanedrín y demás. Especialmente a Nora y Juan, con quienes formé un vínculo más grande que una amistad.

A quienes compartimos la maravilla de Misión Hermana/MISIONES. Todos los misioneros, guías, asesores y equipo coordinador que hicieron posible una gran experiencia en mi vida, que refleja mucho de lo que soy y hago ahora. Especialmente dedico este trabajo a mis hijas e hijos misioneros.

A toda la gente de Triana, Quíxpedhe, Texcadhó, Dexthí, Gundhó y Cerro Blanco. Muy en especial a la Maestra Lupita de Gundhó, que, con su pregunta, desato mi interés y pasión por el Desarrollo Sustentable, y, en gran parte, culpable de todo esto.

A la enorme lista de biólogos locos (compañeros y profesores) con quienes conviví en la carrera en clases, prácticas o el Prometeo. Esas vivencias son invaluable. Muy en especial a los todavía más locos de Coria, un proyecto increíble que tuve el privilegio de fundar con ustedes y que tiene para ser muy grande.

A mis compañeros y amigos Oficiales de Pista, con quienes he compartido de las mejores anécdotas del repertorio. ¡Y lo que está por venir!!

A Gaby, Nirani y Mauricio (los magdalenos), con quienes me he embarcado en un proceso maravilloso, compañeros en importantes aprendizajes, pero, sobre todo, de quienes he recibido una amistad más grande que cualquier cuenca.

Agradecimientos

Al Dr. Gustavo Cruz Bello, que me brindó la oportunidad de participar en este proyecto, me compartió de lo que sabe y me impulsó para desarrollarme en esta área.

Al M. en C. Antonio González, que siempre fue algo más que un investigador del laboratorio, procurando siempre ayudar y compartir, de sus recursos técnicos y académicos.

Al M. en C. Francisco Moreno. Profesor, maestro, sinodal, compañero y, especialmente, amigo. Gracias por toda la ayuda, opiniones y consejos. Especialmente por esos en momentos claves.

Al Dr. Antonio Ordoñez, por todo su apoyo en este trabajo y otras aventuras.

Al Dr. Rogelio Aguilar por sus enseñanzas como profesor y sus comentarios como sinodal para este trabajo.

Especialmente al sínodo completo, por ayudarme a que este trabajo representara solamente experiencias positivas y de desarrollo para mí.

A todo el personal del CENID-COMEF, donde desarrollé este trabajo en un entorno muy agradable. Especialmente a todo el equipo del laboratorio de Geomática.

Al Instituto Interamericano de Cambio Climático (IAI), financiante del proyecto “Estrategias Efectivas de Adaptación y Reducción de Riesgos Hacia Impactos Económicos y Climáticos: Lecciones de la Crisis en Mesoamérica” del que forma parte esta tesis.

A Laura y Luis Antonio Ramos por ayudarme durante el arranque de este trabajo con mucha y muy útil información sobre el café.

Al Dr. Juan Francisco Barrera y el Antropólogo Pedro Ramirez por su invaluable ayuda durante los recorridos por Cacaohatán y Jitotol, respectivamente.

A Mauricio Galeana, Nirani Corona y Gabriela Aguirre por acompañarme en todo este proceso y ayudarme con sus consejos, comentarios y aliento, especialmente en los momentos que no fueron tan agradables.

A Paulina Martín y Javier Ortega, por acompañarme y escucharme en esos momentos.

Contenido

Marco Teórico	11
Coberturas del Suelo	11
Uso del Suelo	11
Cambio de Cobertura y Uso de Suelo	12
El Café	14
Café de Sombra	15
Antecedentes	19
Situación del Cambio de Uso de Suelo en México	19
Estado del Mercado del Café	20
Política Cafetalera en México	21
Objetivos	24
Municipios de Interés para el Estudio	25
Cacahoatán	25
El Área de Estudio	28
Jitotol	29
El Área de Estudio	31
Método	32
Resultados	42
Jitotol	42
Clasificaciones	42
a) Imagen correspondiente al 18 de marzo de 1999	42
b) Imagen correspondiente al 4 de abril de 2005	44
c) Imagen correspondiente al 29 de febrero, 2008	46
Comparaciones	48
Cacahoatán	53
Clasificaciones	55
a) Imagen correspondiente al 8 de abril de 1999	55
b) Imagen correspondiente al 27 de febrero de 2005	57
c) Imagen correspondiente al 14 de diciembre de 2007	59
Comparaciones	61
Discusión	66
Conclusiones	73
Apéndice	74
Percepción Remota	74
Referencias	78

Figuras

Figura 1: Uso pecuario.....	12
Figura 2: Uso agrícola.....	12
Figura 3: Algunas causas y efectos del cambio de cobertura y uso de suelo.....	13
Figura 4: Cambio notorio de cobertura.....	14
Figura 5: Coberturas agropecuaria y forestal.....	14
Figura 6: Coffea arabica.....	14
Figura 7: Coffea canephora.....	14
Figura 8: Cafetal de sombra.....	16
Figura 9: Sombra en cafetal.....	16
Figura 10: Café sin sombra.....	17
Figura 11: Café de sombra.....	17
Figura 12: Localización de los municipios de Cacahoatán y Jitotol, en el estado de Chiapas, México.....	25
Figura 13: El municipio de Cacahoatán y el área de estudio.....	26
Figura 14: El Municipio de Jitotol y el área de estudio.....	29
Figura 15: Ruta metodológica del presente trabajo.....	32
Figura 16: Ejemplos de superficies clasificadas como agropecuario.....	36
Figura 17: Ejemplo de superficie clasificada como suelo desnudo.....	37
Figura 18: Ejemplo de superficie clasificada como cobertura arbórea.....	37
Figura 19: Distribución de los puntos de verificación visitados en Cacahoatán.....	39
Figura 20: Distribución de los puntos de verificación visitados en Jitotol.....	39
Figura 23: Coberturas en Jitotol, 2008.....	47
Figura 24: Coberturas en Cacahoatán, 1999.....	56
Figura 25: Coberturas en Cacahoatán, 2005.....	58
Figura 26: Coberturas en Cacahoatán, 2008.....	60
Figura 27: Comparación entre factores de presión y dinámica de la categoría cobertura arbórea en Jitotol.....	70
Figura 28: Vista del rio Coatán antes (2003) y después (2006 y 2007) del paso del huracán Stan. (Tomada de Google Earth).....	71
Figura 29: Comparación entre factores de presión y dinámica de la categoría cobertura arbórea en Cacahoatán.....	72
Figura 30: Esquemmatización del proceso de la percepción remota (CCRS, 2007).	74

Tablas

Tabla 1: Comparación entre especies de café	15
Tabla 2: Comparación entre coberturas para cultivos de café	17
Tabla 3: Uso de suelo y vegetación reportados para el municipio de Cacahoatán	27
Tabla 4: Caminos reportados para el municipio de Cacahoatán (INEGI, 2000)	28
Tabla 5: Vegetación y uso de suelo reportados para el municipio	30
Tabla 6: Caminos reportados para el municipio de Jitotol (INEGI, 2000)	31
Tabla 7: Fechas de toma de las imágenes utilizadas en el trabajo	34
Tabla 8: Coberturas de la imagen del 18 de marzo de 1999	42
Tabla 9: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 18 de marzo de 1999.	43
Tabla 10: Coberturas de la imagen del 4 de abril de 2005.	44
Tabla 12: Coberturas de la imagen del 29 de febrero, 2008.	46
Tabla 13: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 29 de febrero, 2008.	47
Tabla 14: Comparación de coberturas para Jitotol entre 1999 y 2005	51
Tabla 15: Comparación de coberturas para Jitotol entre 1999 y 2008	51
Tabla 16: Comparación de coberturas para Jitotol entre 2005 y 2008	52
Tabla 17: Coberturas de la imagen del 8 de abril de 1999.	55
Tabla 18: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 8 de abril de 1999.	56
Tabla 19: Coberturas de la imagen del 27 de febrero de 2005.	57
Tabla 20: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 27 de febrero de 2005.	58
Tabla 21: Coberturas de la imagen del 14 de diciembre de 2007.	59
Tabla 22: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 14 de diciembre de 2007	60
Tabla 23: Comparación de coberturas para Cacahoatán entre 1999 y 2005	64
Tabla 24: Comparación de coberturas para Cacahoatán entre 1999 y 2008	64
Tabla 25: Comparación de coberturas para Cacahoatán entre 2005 y 2008	65
Tabla 26: Parámetros y aplicaciones medibles con percepción remota	77

Gráficas

Gráfica 1 Comparación de precios promedio para café a nivel internacional y nacional.....	20
Gráfica 2. Precios del café mexicano con las fechas del estudio resaltadas.....	33
Gráfica 4: Distribución porcentual de las coberturas para Jitotol en 2005.....	44
Gráfica 5: Distribución porcentual de las coberturas del para Jitotol en 2008.	46
Gráfica 6: Comparación de coberturas en Jitotol.	48
Gráfica 7: Comparación de coberturas en Jitotol entre 1999 y 2005.	53
Gráfica 10: Distribución porcentual de las coberturas del Cacahoatán en 1999.	55
Gráfica 11: Distribución porcentual de las coberturas para Cacahoatán en 2005.	57
Gráfica 12: Distribución porcentual de las coberturas para Cacahoatán en 2008.	59
Gráfica 13: Comparación de coberturas en Cacahoatán.	61
Gráfica 14: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 1999 y 2005.	66
Gráfica 15: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 2005 y 2008.	67
Gráfica 16: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 1999 y 2008.	67

Marco Teórico

La cobertura y uso de suelo según Mannion (2002) son reflejo del estado de la biósfera, ambas forman parte del espacio donde se establece, desarrolla y evoluciona la vida, pero representan límites, tanto espaciales como funcionales, que normalmente resultan difusos (Bocco y Mendoza, 1999; Mannion, 2002).

Coberturas del Suelo

La cobertura del suelo es el conjunto de elementos biofísicos que se encuentran sobre él y le definen características. Se compone principalmente de organismos vegetales, suelos, sedimentos y agua. También derivan de ambientes artificiales, creados por el hombre. Sus diferencias se deben a las interacciones que se dan entre ellos, debido a la dinámica ecológica o las actividades antrópicas que ahí suceden (Bocco y Mendoza, 1999; Mannion, 2002; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007).

Bocco y Mendoza (1999) llaman “vegetación inducida” a las coberturas vegetales que han sido modificadas por el ser humano, sin que ello signifique una degradación de la cobertura. También definen a la vegetación potencial como “una función, en general, de las características climáticas y fisiográficas de una región”. La contrastan con la vegetación actual, que es la que se observa al momento de la descripción.

Uso del Suelo

El uso del suelo son las manipulaciones que realiza la gente sobre las coberturas del suelo. Éstas pueden tener como objetivo producir insumos, cambios o manutención de las mismas y conllevan un impacto sobre el entorno (Figura 1 y 2) (Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007). Es una expresión de la liga existente entre los humanos y el ambiente (Dolman y Verhagen, 2003; Mannion, 2002).



Figura 1: Uso pecuario



Figura 2: Uso agrícola

Cambio de Cobertura y Uso de Suelo

El cambio de cobertura y uso de suelo representa la modificación de los elementos biofísicos que interactúan sobre la superficie, o de las actividades que ahí se llevan a cabo; pues, tanto cobertura como uso, son dinámicos en tiempo y espacio. Este cambio puede ser una alteración de los elementos existentes o la intensificación de su utilización. Estas variaciones son, en gran medida, causadas por la interacción de las actividades humanas y el entorno (Bocco y Mendoza, 1999; Mannion, 2002; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhyay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007).

Es habitual que se considere como un proceso continuo, aunque presenta un comportamiento distinto a lo largo del tiempo, pues hay momentos en que se ve acelerado por eventos que causan un impacto en la población (Verbist *et al.*, 2005). La manera en que se rige esta dinámica depende de los tipos de cobertura involucrados, los mecanismos de sucesión ecológica y regeneración, los componentes físicos del entorno, las actividades económicas que se realizan, el contexto cultural de la población, los eventos meteorológicos y los desastres naturales. Su dinámica incluye procesos de pérdida y recuperación de coberturas y el balance final es consecuencia de ganancias y pérdidas (Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007).

Velázquez *et al.* (2003) clasifican los cambios como negativos cuando se pasa de una cobertura primaria dominante a una cobertura inducida por el ser humano.

Las causas y efectos de este fenómeno son muy variados y en muchos casos tienen que ver directamente con actividades humanas, pero también hay otros factores, como los meteoros o los incendios; que los originan (Figura 3). Como se observa en la parte superior de la ilustración, son varios los factores en la vida de la gente que generan

presión sobre ella para que provoque estas alteraciones en la zona donde toma decisiones. Esto ha sido agravado por el incremento en la población (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Velázquez *et al.*, 2003; Li y Gar-On, 2004; Blackman *et al.*, 2005; Verbist *et al.*, 2005; García Campos, 2006; Hemp, 2006; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007).

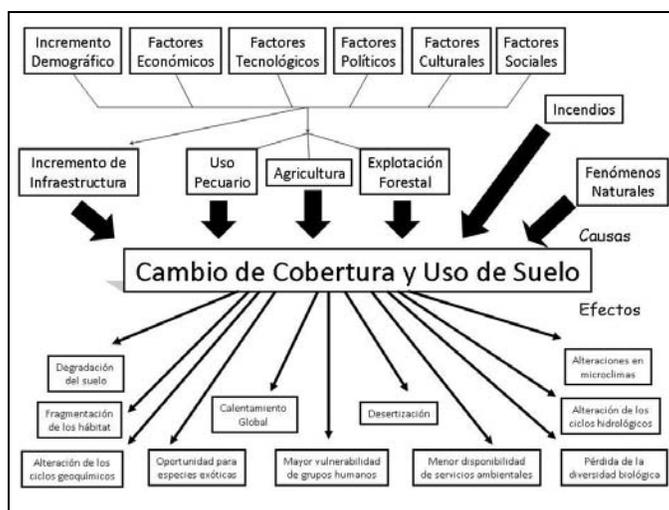


Figura 3: Algunas causas y efectos del cambio de cobertura y uso de suelo

(Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Velázquez *et al.*, 2003; Li y Gar-On, 2004; Blackman *et al.*, 2005; Verbist *et al.*, 2005; García Campos, 2006; Hemp, 2006; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007)

También tienen una fuerte influencia las políticas gubernamentales como el otorgamiento de estímulos a la creación o desaparición de instituciones que favorecen o limitan el cambio de uso de suelo. En el caso específico de este trabajo es de particular relevancia la desaparición del INMECAFÉ, como se verá más adelante.

Así mismo, los impactos que genera sobre el entorno también son muy variados y con diferentes ámbitos para afectar. Hay situaciones que se pueden observar a simple vista, como la fragmentación o la incorporación de especies exóticas (Figura 4 y 5), u otras que no son tan evidentes, como las alteraciones de los ciclos hidrológicos o geoquímicos. También pueden ocasionar consecuencias a escala local, como los cambios en los microclimas, o de impacto global, como el calentamiento del planeta. La mayoría de estos son irreversibles, o necesitarían procesos de restauración a lo largo de mucho tiempo. (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Velázquez *et al.*, 2003; Li y Gar-On, 2004; Blackman *et al.*, 2005; Verbist *et al.*, 2005; García Campos, 2006; Hemp, 2006; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007).



Figura 4: Cambio notorio de cobertura



Figura 5: Coberturas agropecuaria y forestal

El Café

El café es un arbusto del género *Coffea* de la familia *Rubiaceae*. Taxonómicamente es un conjunto de especies complejo, ya que se presentan problemas generalmente para determinar que un individuo pertenezca al género o no. (CRI, 2006) Esto se debe a que, tanto semillas como la planta como tal, generalmente, presentan grandes variaciones entre sí. Normalmente son leñosos, pero pueden ir de arbustos pequeños a individuos de características arbóreas con alturas superiores a los diez metros. Las hojas pueden ser de tonos verdes, amarillos, violetas o parecidos al bronce. (ICO, 2008)

Las dos especies de mayor importancia son *Coffea arabica* (Figura 6) y *Coffea canephora* (Figura 7). La primera es conocida como “café árabe” y representa el 70% de la producción mundial. La segunda normalmente es llamada “café robusta”. También pertenecen a este género *C. liberica* (café liberica) y *C. dewevrei* (café excelsa) (ICO, 2008).



Figura 6: Coffea arabica



Figura 7: Coffea canephora

Las principales diferencias entre ambas especies son (Tabla 1):

Tabla 1: Comparación entre especies de café

Rubro	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea robusta</i>
Tiempo entre floración y madurez de las cerezas	9 meses	10 a 11 meses
Época de floración	Después de las lluvias	Irregular
Las cerezas maduras...	Caen	Permanecen en la planta
Producción de cerezas	1500 a 3000 kg/ha	2300 a 4000 kg/ha
Sistema radicular	Profundo	Somero
Promedio de temperatura anual óptima	15 a 24 °C	24 a 30°
Precipitación óptima	1500 a 2000 mm	2000 a 3000 mm
Rango altitudinal	1000 a 2000 m	0 a 700 m
Forma de la semilla	Plana	Ovalada

Normalmente del individuo se aprovechan las semillas, que vienen en pares que están en contacto por la parte plana. Se encuentran rodeadas de una piel plateada muy fina, llamada tegumento. Están envueltas por el endocarpo, que es una delgada cubierta similar a un pergamino. Hacia el exterior se encuentra la pulpa, que es el mesocarpo, que está rodeado por la cubierta exterior, una piel que al madurar tiene un tono rojo, el exocarpo (ICO, 2008)

Aunque su origen es tropical, incluso se llegan a encontrar individuos de forma silvestre en regiones africanas; por lo especial de las condiciones de suelo y clima que necesita es que no todas las regiones entre los trópicos son aptas para su cultivo (FNCC, 2008).

Café de Sombra

Debido a sus características agroecológicas, el café se puede cultivar bajo una cubierta forestal. Se conoce como “café de sombra” y es un ecosistema que se desarrolla desde el dosel hasta el suelo (Figura 8 y 9) (Nestel, 1995; CCA, 1999; Soto-Pinto *et al.*, 2000; Grossman, 2003).



Figura 8: Cafetal de sombra



Figura 9: Sombra en cafetal

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 1999) definió los siguientes criterios biofísicos para el café de sombra:

1. La cobertura de los árboles debe ser mínimo del 40% después de podar.
2. La parte superior de la bóveda tendrá que estar a una altura promedio de 12 metros con varios árboles por hectárea que alcancen 15 metros.
3. Los árboles del género dominante deberán de ser propios del lugar y no constituir más del 70% de la densidad total. El restante 30% deberán estar distribuidos por el cafetal, y ser mínimo la tercera parte de especies locales (10% del total). Deben utilizarse cuando menos 15 especies distintas de árboles y debe haber evidencia visual de regeneración de especies grandes y longevas y las plantas epífitas deben permanecer.
4. El suelo debe conservar una cubierta, ya sea viva o un mantillo de estiércol, paja y hojas en descomposición. En caso de requerirlo, deben haber prácticas de conservación del suelo.
5. El uso de cualquier tipo de plaguicida debe ser totalmente nulo. Excepcionalmente se permite el uso de sulfato de cobre y sus derivados para inhibir la propagación de enfermedades provocadas por hongos.
6. Debe procurarse la protección y aumento de la diversidad de fauna, junto con el cumplimiento de las leyes nacionales de protección ambiental relacionadas con la diversidad.
7. Deben existir medidas de conservación del agua (conforme a leyes nacionales) y no debe existir disposición de productos secundarios hacia vías acuáticas o manantiales.

8. Cuando las unidades de producción sean iguales o mayores a 50 hectáreas, el 10% de la superficie se mantendrá como reserva y vegetación que proteja las vías acuáticas.

Por lo general el paisaje tiene características de vegetación natural. Incluso, la CCA (1999) lo llega a nombrar una “selva artificial”. A nivel de paisaje no se observan diferencias significativas. En él se pueden apreciar distintos estratos, arbustivos y arbóreos (Soto-Pinto *et al.*, 2000).

Las principales diferencias entre el café cultivado bajo sombra y el que no son (Tabla 2):

Tabla 2: Comparación entre coberturas para cultivos de café

 <p>Figura 10: Café sin sombra Modificado de Nestel (1995)</p>	 <p>Figura 11: Café de sombra Modificado de Soto-Pinto <i>et al.</i>, (2000)</p>
Café sin Sombra	Café de Sombra
<ul style="list-style-type: none"> • Se favorece el crecimiento de especies que compiten con el café • Poco espacio para fauna de microorganismos benéficos para el cultivo • Temperaturas extremas • Menor humedad en el suelo • Nutrientes deben ser incorporados, principalmente mediante agroquímicos • Plantas de café bajo estrés • Ausencia de servicios ecosistémicos que aportan los bosques y selvas • Generan “parches” en el paisaje • Normalmente son monocultivos • 3000 a 4000 plantas de café por hectárea 	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividad menor de las malezas • Poca variación de temperatura entre el día y la noche • Niveles de humedad altos durante los periodos de secas • Aporte de nutrientes por parte del resto de las especies presentes • Mayor flujo de materia orgánica y energía • Alto nivel de biodiversidad • Mayor conservación de suelos y cuencas en general • Captura de carbono • Fijación del sustrato • Las raíces de los árboles que aportan la sombra favorecen la descomposición de la materia

<ul style="list-style-type: none"> • 3 a 4 años para la primera cosecha • Poda mayor después del primer o segundo año de producción. • Mantenimiento anual • Alto uso de agroquímicos, especialmente fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas 	<p>orgánica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalmente son policultivos • 1000 a 2000 plantas de café por hectárea • 4 a 6 años antes de la primera cosecha • Requieren labor estacionalmente, para cosecha o poda. • Podas por individuo • Uso de agroquímicos nulo a bajo
---	---

Fuente: Perfecto *et al*, 1996; Nestel, 1995; CCA, 1999; Soto-Pinto *et al*, 2000; Grossman, 2003; Blackman *et al.*, 2005.

La zona donde crece esta especie (intersección de climas tropicales y templados) es considerada de alta biodiversidad. El gobierno mexicano ha designado 14 de las mayores regiones productoras de café de sombra como *hotspots* (Blackman *et al.*, 2005). El tipo de sombra y la diversidad de especies que la brindan tienen efectos sobre el ecosistema en su conjunto, aparte de los propios beneficios agronómicos que le confieren al cultivo. Éstas tienen una participación importante en el flujo de energía, al regular la radiación solar y el flujo de materia orgánica, principalmente al proveerla y ayudar a su descomposición (Nestel, 1995).

En México, más del 75% del café se cultiva en pequeñas parcelas con sombra del bosque existente. Esta constitución del ecosistema es benéfica para los productores, pues obtienen paralelamente productos forestales, como leña, plantas medicinales, sombra, goma, etc., aparte de los beneficios que brinda la comercialización del cultivo del café. También se constituyen en espacio propicio para especies animales (como aves, mamíferos, artrópodos, anfibios, reptiles, entre los principales) y vegetales (epífitas, orquídeas, árboles nativos, entre otros) Esto tiene un fuerte impacto directo sobre la biodiversidad (CCA, 1999; Soto – Pinto *et al*, 2000; Blackman *et al.*, 2005).

Al combinar los beneficios económicos y sociales que este tipo de sistema agroforestal brindan a los productores con los beneficios ambientales que se producen, es un hecho que el café de sombra constituye una opción sustentable para la conservación de ecosistemas forestales.

Antecedentes

Situación del Cambio de Uso de Suelo en México

Durante 1994, se registraron 141.7 millones de hectáreas de superficie forestal y para 2000 se reportaron 128.04 millones. La fuente refiere que estos datos no son comparables entre sí, debido a que los diferentes inventarios forestales fueron elaborados con propósitos, materiales y técnicas diferentes (SEMARNAT, 2002).

Actualmente, el 73% del territorio nacional (140 millones de hectáreas) se compone de bosques, selvas, matorrales xerófilos y otras áreas arboladas y, al año, se deforestan 260 mil hectáreas (una tasa del 0.4%). Las causas de pérdida de esta cobertura son: desmonte agropecuario (82%), tala ilegal (8%), incendios forestales (3%), plagas o enfermedades (3%), cambios autorizados (2%) y otros (2%) (CCMSS, 2008).

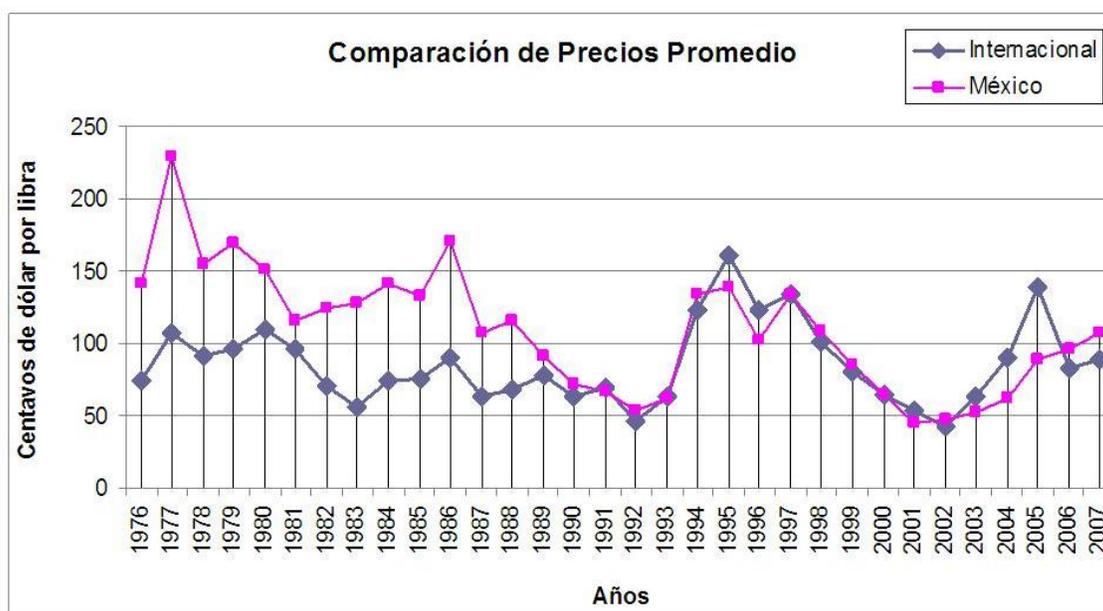
Para 2007 se censaron 31,518 ejidos y comunidades agrarias, donde se realizan uno o varios tipos de actividades. En el 92% de éstas se desarrollan actividades agrícolas, en el 81.5% se llevan a cabo actividades de cría y explotación de animales, en el 9.5% se realiza actividad forestal y en 21.3% se da la recolección de productos silvestres (INEGI, 2008).

En las regiones forestales habitan aproximadamente 12 millones de personas. Sus principales actividades son de agricultura o ganadería, y en menor medida, la silvicultura. Esta situación se debe, principalmente, a que las políticas estatales se han enfocado hacia el apoyo de actividades agrícolas y ganaderas, lo que ha provocado una importante pérdida de la cobertura forestal (CCMSS, 2008).

Se considera que los terrenos dedicados a agricultura y agostaderos inducidos han aumentado cerca de 5 millones de hectáreas cada una entre 1976 y 2002, lo que resulta en incrementos de 20% y 35% respectivamente. La superficie forestal bajo manejo se redujo, entre 2000 y 2004 en 8.6 millones de hectáreas (FAO, 2005).

Estado del Mercado del Café

En los últimos 20 años, la Organización Internacional del Café (ICO por sus siglas en inglés) ha reportado una tendencia a la baja importante en el precio de este producto. En 1977 se alcanzó un pico, cuando se registró un precio de 229.21 centavos de dólar por libra, y se registró otro precio alto importante en 1986 (170.92 centavos de dólar por libra). Pero, a partir de ese año, el precio presentó sucesivas reducciones. Posteriormente se dio una situación alarmante para los productores, pues, hasta la actualidad, salvo en 1986, como se mencionó anteriormente, el precio no ha vuelto a superar los 150 centavos de dólar por libra (Gráfica 1).



Gráfica 1 Comparación de precios promedio para café a nivel internacional y nacional.

En 1992 se registra un mínimo histórico, hasta ese momento, de 53.35 centavos de dólar por libra. La tendencia ha seguido a la baja, pues fue en 1997 que se registró el último precio por arriba de los 120 centavos de dólar por libra (133.9 centavos). Incluso, en 2001 se alcanzó el mínimo absoluto, pues, en promedio, la libra de café se cotizó en 45.59 centavos de dólar.

El precio que cobra el productor mexicano normalmente ha estado por debajo del precio mundial pero también ha seguido la misma tendencia. Una diferencia sustancial es que, en fechas recientes, se dio una recuperación, pues, entre 2003 y 2005, tuvo un precio en

el mercado mayor, aunque en las últimas fechas el precio ha sido similar, pero más bajo (ICO B, 2008).

Política Cafetalera en México

Se reconoce a este cultivo su llegada al país por 3 rutas comerciales: en 1796 al estado de Veracruz, proveniente de Cuba; en 1823 al estado de Michoacán, de Arabia y en 1847 a Chiapas, de Guatemala. En 1937, el gobierno federal crea la Compañía Exportadora e Importadora Mexicana, S.A. Este organismo tenía la encomienda de regular los precios de los productos básicos. Para este fin, en 1942 crean la empresa Cafés Tapachula, S.A. que se dedicó a adquirir y administrar los beneficios del Café. En 1945 esta empresa se convierte en Beneficios Mexicanos del Café (BEMEX), que continuó con la actividad de comprar, beneficiar¹ y exportar el café. En 1949 se forma la Comisión Nacional del Café con 3 objetivos: transferir tecnologías más avanzadas, realizar investigación aplicada y gestionar con los bancos líneas de crédito para los productores. Durante 1957, en el contexto de la Guerra Fría, se da una caída mundial de los precios del café. México, junto con otros países productores, acuerdan medidas para estabilizar los mercados, entre las que destacaron la promoción de consumo interno, la reducción de la superficie plantada y el incremento de la productividad en zonas cafetaleras (Giovannucci y Juárez, 2006).

Durante ese año se decreta la creación (que se concretó en 1958) del Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ). Es producto de la fusión, presupuestal y operativa, de BEMEX y la Comisión Nacional del Café. Este organismo recibió de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) la facultad de expedir permisos de exportación y otras atribuciones fiscales. Tenía entre sus funciones el desarrollo y transferencia de tecnología, la asistencia técnica y el financiamiento del ciclo productivo. INMECAFÉ tuvo una influencia total en los productores, ya que fue su representante y mediador en los mercados internacionales, asesor técnico y financiero y también comprador. En 1973 organizan a los productores en Unidades Económicas de Producción y Comercialización (UEPC), esquema con resultados benéficos, pues se alcanzó una recuperación de los apoyos cercana al 90%. El Instituto compraba cerca del 19% de la cosecha. Para 1982 el 56% de los productores estaban en las UEPCs. En este año, debido a que el país cruzaba por un mal momento económico, inició la disminución de la participación del INMECAFÉ (Giovannucci y Juárez, 2006).

¹ Proceso que consiste en quitar las capas del café, a partir de la cereza cultivada hasta el grano conocido como “pergamino seco”, lo que es la transformación primaria del grano (Monroig, 2008).

Para 1989, debido al rompimiento del Acuerdo Internacional del Café y su alto costo de estructura operativa, se decidió la liquidación del INMECAFÉ. Ahora los apoyos se daban a través de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), el Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) a los productores con más de 10 hectáreas, y el Instituto Nacional Indigenista (INI) a aquellos con 10 o menos hectáreas. Para 1993 se abroga la ley que creó al INMECAFÉ y se crea el Consejo Mexicano del Café (CMC) (Giovannucci y Juárez, 2006).

Este organismo se constituyó como una asociación civil. Las secretarías de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR, hoy SAGARPA), Hacienda y Crédito Público (SHCP), Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), y Desarrollo Social (SEDESOL) junto con los gobiernos de los estados productores de café y representantes de asociaciones e instituciones financieras formaron su órgano de gobierno. Su principal meta estuvo vinculada con las políticas de fomento a la productividad y modernización del sector y la promoción del producto a nivel nacional e internacional. Sus actividades fueron campañas de promoción, sistemas de certificación de calidad, el Padrón Nacional Cafetalero, un proyecto de eliminación de café de calidades inferiores o el establecimiento del Fondo de Estabilización del Café, entre otros (CMC, 2002).

En 2001 SAGARPA impulsó la creación de cadenas productivas, formalizándose con la creación del Comité Sistema Producto (CSP). El sistema producto café fue de las últimas en formarse, ya que existía el CMC y los consejos estatales. Éstos últimos, junto con SAGARPA pudieron afrontar la crisis en los precios (1999 – 2004) y construir el Padrón Cafetalero y el Sistema Informático de la Cafecultura Nacional, aparte de operar el Fondo de Estabilización en el periodo más álgido de la crisis. Pero desacuerdos sustanciales entre SAGARPA y el CMC forzaron a la primera a liquidar al último e integrar el Comité Sistema Producto del Café (CSPC) a nivel nacional, junto con sus comités estatales (SAGARPA – FAO, 2007).

Desde el ejercicio 2005 el CSPC operó algunas funciones sustanciales en la operación del Fondo de Estabilización y otros instrumentos de política cafetalera, sin llegar a ser el agente técnico que era el CMC. El CSPC se crea para impulsar la competitividad de esta cadena productiva. Posteriormente se deriva la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C. (AMECAFE), que opera hasta hoy los instrumentos y programas del sector (Juárez, 2007).

La AMECAFÉ (2008) se define a sí misma con una organización sin fines de lucro ni de carácter político que integra a los agentes económicos que participan en la producción, industrialización y comercialización del café en México. Busca desarrollar acciones que faciliten asegurar al consumidor café en las mejores condiciones de calidad, cantidad y precio. Sus principales funciones son:

- Agrupar a los sectores involucrados, desde la producción hasta la venta al público en el mercado interno y de exportación.
- Promover la producción y consumo del café de México.
- Participar en la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas en la materia.
- Coadyuvar en la elaboración, implementación, ejecución, verificación y evaluación de programas de integración horizontal y vertical de las actividades cafetaleras.
- Fortalecer la articulación de la cadena de producción – consumo del café, para lograr una eficiente y equitativa vinculación entre los agentes del desarrollo rural sustentable que integran el CSPC.
- Promover y participar en los procesos que fortalecen la capacidad de integración de los productos del café a los mercados nacionales e internacionales.
- Promover y participar en la preservación y mejoramiento del medio ambiente a través del establecimiento de las medidas y estímulos necesarios para el mejor uso y destino de los recursos naturales.
- Impulsar la calidad, rendimiento e ingreso de los sectores agrícolas más vulnerables a través de la promoción de programas de apoyo y mejora para el productor.
- Defender al sector frente a prácticas monopólicas y desleales a nivel internacional.
- Fomentar la identificación de los productos del café de México y sus derivados mediante la creación y registro de signos distintivos, marcas o nombres comerciales.
- Promover la generación, validación y transferencia de la tecnología agrícola, comercial y agroindustrial mediante el consenso de sus requerimientos.
- Promover la investigación y transferencia de tecnología que sea necesaria para los eslabones de la cadena productiva del café. (AMECAFE, 2008).

Objetivos

- Cuantificar el cambio de uso de suelo en zonas cafetaleras de los municipios de Cacahoatán y Jitotol, Chiapas.
- Ubicar la coincidencia de variaciones en el precio internacional del café con el cambio de uso de suelo.

Municipios de Interés para el Estudio

Los municipios seleccionados para el estudio son Cacahoatán y Jitotol, ambos en el estado de Chiapas, México (Figura 12).

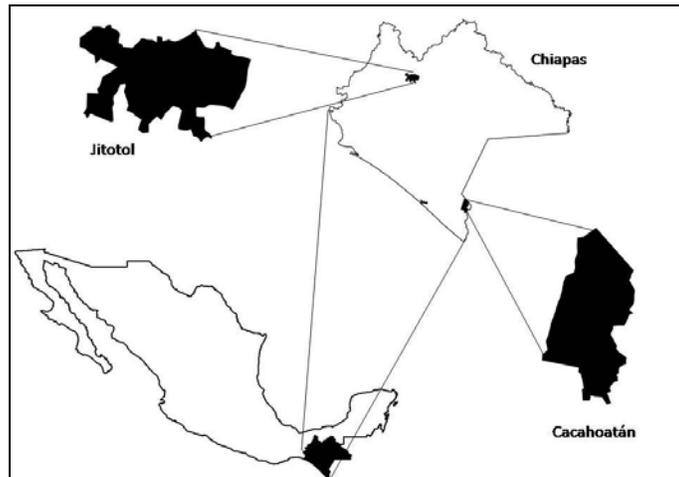


Figura 12: Localización de los municipios de Cacahoatán y Jitotol, en el estado de Chiapas, México

Cacahoatán

Su nombre significa “Lugar del cacahuate” o “Lugar de los cacahuateros” en náhuatl (INAFED, 2003) (durante una de las visitas, en conversación personal con uno de los pobladores, refería que el significado era “Lugar del cacao”). Su forma se aprecia en la figura 13, tiene una superficie de 179.97 km², con fronteras con la República de Guatemala (norte y sureste), y los municipios de Unión Juárez (este), Tuxtla Chico (sur) y Tapachula (oeste) (INEGI, 2002).

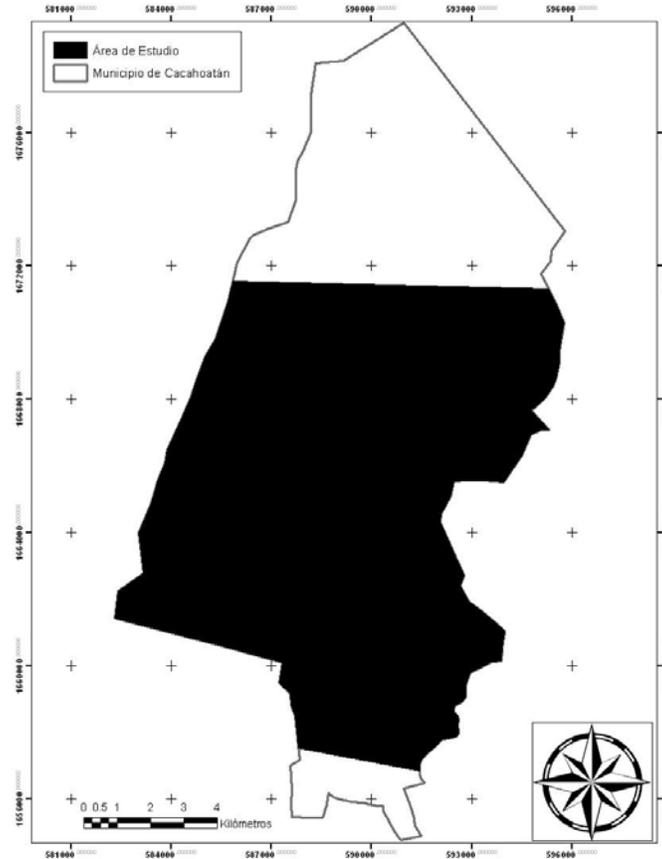


Figura 13: El municipio de Cacahoatán y el área de estudio

Es de relieve principalmente montañoso, mas accidentado hacia el norte, el centro tiene un carácter semiplano y es plano hacia el sur. Por el municipio cruzan cauces de los ríos Suchiate, Calúa, Coatán, Alpujarras, Ixtal, Cahuacán y Pancero (INAFED, 2003). Forma parte de la cuenca del Río Suchiate, según Maderey y Torres-Ruata (1990) y de la cuenca “Río Suchiate y otros” según la Comisión Nacional del Agua (CNA 1998). Cuenta con áreas de las subcuencas Malpaso, Coahuacan, Cazaloapan y Suchiate – Cabus – Petapalapa (CONABIO, 1998). Su rango altitudinal oscila entre los 400 y los 4 000 metros (INEGI, 2000).

Dentro del municipio se presentan climas templado húmedo, semicálido húmedo y cálido húmedo; con lluvias en verano (García, E. – CONABIO, 1998). De acuerdo a esto, se encuentra dentro de la provincia natural “Zona del Trópico Húmedo” (Cervantes – Zamora *et al.*, 1990). La precipitación media anual varía de 2,500mm. a más de 4,000mm. (Vidal-Zepeda, 1990). En el poblado de Cacahoatán, la cabecera municipal, la temperatura media anual es de 25.4°C. (INAFED, 2003). Geológicamente se constituye de terrenos del cenozoico superior volcánico (mioceno a reciente), rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas), principalmente basálticas y andesíticas, de permeabilidad media a alta (Marín y Torres Ruata, 1990). Los suelos son de tipo

acrisol húmico, andosol húmico, andosol ocrítico, fluvisol eutrítico y acrisol ortico (INIFAP – CONABIO, 1995).

CONABIO (1997) ubica este municipio dentro de las provincias biogeográficas “Soconusco” y “Costa del Pacífico” y Rzedowski y Reyna – Trujillo (1990) dentro de las provincias florísticas “Serranías transísmicas” y “Soconusco”. De acuerdo a distintos autores, la vegetación y uso de suelo reportados para el municipio son:

Tabla 3: Uso de suelo y vegetación reportados para el municipio de Cacahoatán

Uso de suelo y vegetación reportado	Fuente
Bosque mesófilo de montaña Agricultura de temporal	INEGI – INE, 1996
Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones) Bosque mesófilo de montaña	CONABIO, 1999
Formación de abetos de alta montaña Bosque mixto de Quercus y pino Bosque de latifoliadas siempre verde	Balduzzi y Toaseli, 1978 - 1979 ¹
Bosque de coníferas y encinos Bosque tropical perennifolio	Rzedowski, 1990 ²

Las principales especies arbóreas son encino, pino, cacao, guayabo, cedro, caoba, laurel, ciprés y roble. La mayor crianza de ganado es el bovino, tanto para carne como para leche, y los cultivos más importantes son plátano, café y cacao. Otras actividades productivas que se realizan son: apicultura, minería y pequeños comercios. En cuanto a la propiedad del terreno, el 66% es de carácter ejidal, el 11% es privado y el 23% restante son terrenos nacionales (INAFED, 2003).

En él habitan 40 975 personas (INEGI, 2005), calculándose una densidad poblacional de más de 215 habitantes por km², de las cuales se reportan 2 504 como “indígenas”, 660 personas son mayores de 5 años y hablan español y alguna lengua indígena. El Mame es la más común, hablada por 562 personas, seguida del Tzotzil, utilizado por 26 personas (CONABIO, 2004). De la población en general, el 59.74% son hombres y el 50.26% son mujeres. El 65% del total lo constituyen menores de 30 años, 20 años es la edad mediana. El 40.73% vive en 2 localidades urbanas, mientras que el 59.27% restante lo hace en 93 localidades rurales (que son el 97.89% del total municipal). El municipio se califica con un grado de marginación alto (INAFED, 2003).

¹ Solo reporta “vegetación observada”

² Vegetación potencial

Hasta el 2000 existían 7 799 viviendas, de las cuales el 86.59% son propias, con un promedio de 5 habitantes por cada una. El 72% de éstas cuentan con piso de cemento, el 91.10% con energía eléctrica, el 85.2% con agua entubada y el 78.96% con servicio de drenaje (INAFED, 2003). La red de caminos municipal se describe a continuación (Tabla 4):

Tabla 4: Caminos reportados para el municipio de Cacahoatán (INEGI, 2000)

Tipo de Camino	Longitud total (km.)
Calles (1° a 4° orden)	88.114
Brechas	14.345
Veredas	60.555
Carretera de 2 carriles	39.759
Terracería	44.701

El Área de Estudio

Tiene una superficie de 127.39 km². Es un área que cubre las comunidades donde levantaron encuestas para la información social del proyecto donde se inserta esta tesis. Estas comunidades son: El Águila, Ahuacatlán, Alianza, Alpujarras, Azteca, Bellavista, Benito Juárez, Guatimoc, Mixcum, El Platanar, El Progreso, Unión Roja, San Vicente, La Gloria, Benito Juárez (Montecristo), San Vicente y San Jacinto. De acuerdo a la localización de estas, junto con Cacahoatán que es la cabecera municipal, se trazaron los límites norte y sur y se aprovecharon las fronteras este y oeste del mismo municipio (Figura 13).

Jitotol

Su nombre deriva de la palabra *Xitoltepeque*, que en náhuatl significa “lugar de la lengua hermosa” (INAFED, 2003). Tiene una superficie de 229.61 km² y los municipios que limitan con él son: al norte, Pueblo Nuevo Solistahuacán y San Andrés Duraznal; al este, Simojovel y El Bosque; al sur, Bochil; y al oeste, Pantepec y Rayón (INEGI, 2002).

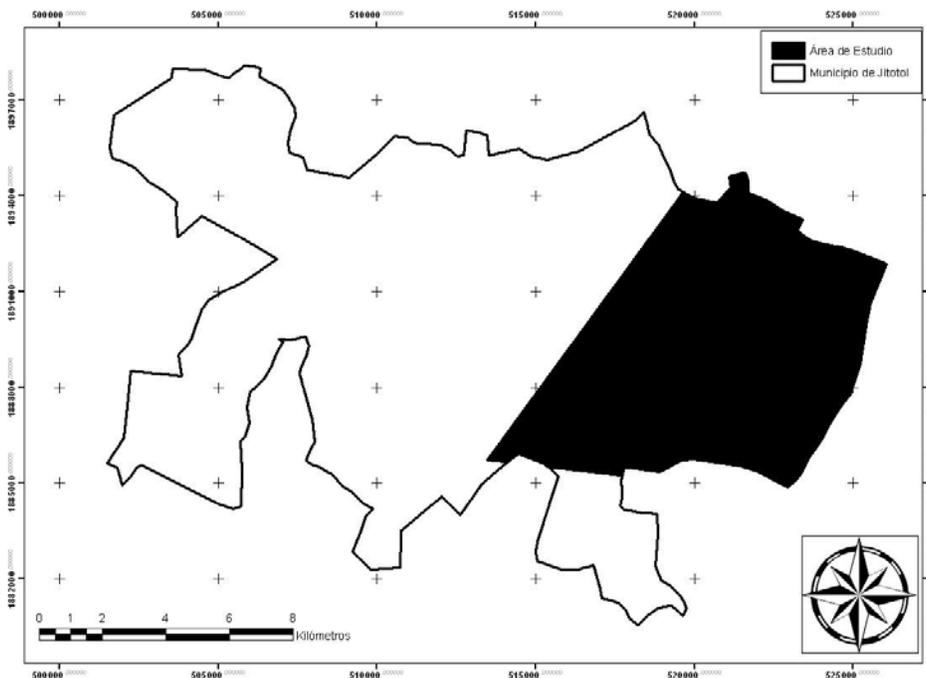


Figura 14: El Municipio de Jitotol y el área de estudio

INAFED (2003) reporta como “terrenos accidentados” a un 95% de la superficie municipal, y el resto del territorio se reporta como “zonas semiplanas”. También menciona que las corrientes más importantes son los ríos Jitotol, Isidro Cuculhó y Del Rosario. Según INEGI (1994) la altitud varía entre los 537 y 2400 metros. Maderey y Torres Ruata (1990) la ubican en la cuenca del Río Grijalva, mientras que la CNA (1998) en las cuencas Río Grijalva – Tuxtla Gutiérrez y Río Grijalva – Villahermosa e integran las subcuencas de Chicosaen y Plátanos (CONABIO, 1998).

Presenta los climas cálido subhúmedo, semicálido húmedo y subhúmedo del grupo C, y templado húmedo (García, E. – CONABIO, 1998), se encuentra en la provincia “Sierras del Norte de Chiapas” (Cervantes – Zamora *et al.*, 1990). La precipitación media anual va de los 800mm. a

los 2,500mm. (Vidal – Zepeda, 1990). Geológicamente el municipio está formado por terrenos del terciario marino, rocas lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados de permeabilidad baja a alta, generalizada (Marín y Torres Ruata, 1990). Los suelos son de tipo litosol, luvisol crómico y feozem háplico (INIFAP – CONABIO, 1995).

De acuerdo a CONABIO (1997), se encuentra al interior de la provincia biogeográfica “Los Altos de Chiapas”. Rzedowski y Reyna – Trujillo (1990) lo ubican dentro de la provincia florística “Serranías transísmicas”. La vegetación y uso de suelo que se reporta para este municipio son (Tabla 5):

Tabla 5: Vegetación y uso de suelo reportados para el municipio

Uso de suelo y vegetación reportados	Fuente
Bosque de pino Bosque mesófilo de montaña Bosque de encino	INEGI – INE, 1996
Bosque mesófilo de montaña Bosque de pino Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones) Bosque de encino Selva baja caducifolia y subcaducifolia Selva alta perennifolia y subperennifolia	CONABIO, 1999
Bosque de latifoliadas siempre verde Bosque de latifoliada deciduo con árboles menores de 15 m. Bosque mixto de Quercus y pino Bosque de niebla con latifoliadas deciduos	Balduzzi y Toaseli, 1978 - 1979 ³
Bosque de coníferas y encinos	Rzedowski, 1990 ⁴

Chite, mirasol, palo de danta, jopi, hule, amate, caoba, ceiba, chicozapote, cedro, jimba, ciprés, pino, sabino, romerillo, roble y manzanilla son las principales especies vegetales. En cuanto a actividades productivas, se observan: crianza de ganado (bovino, porcino, equino y aves de corral), explotación de pino, comercio y servicios como preparación de alimentos y bebidas o reparación de vehículos. El 73% de la población se dedica a actividades agropecuarias, 9.18% a industria de transformación mientras que el 16.28% se emplea en comercio u oferta de servicios. El 40% de las propiedades son privadas, y el restante 60% son terrenos ejidales (INAFED, 2003).

³ Solo reporta “vegetación observada”

⁴ Vegetación potencial

En este municipio hay 15 005 habitantes (INEGI, 2005), con una densidad poblacional de más de 55 habitantes por km², de los cuales 13,072 son considerados “indígenas”, 1,481 tienen 5 años o más y hablan alguna lengua indígena y 6, 248 presentan las dos características anteriores y también hablan español. El tzotzil es la lengua indígena más hablada, por 5,765 personas. y la segunda es el zoque, con 2,070 hablantes (CONABIO, 2004). El 50.64% de la población total son hombres, y el 49.36% restante, mujeres. El 75% son menores de 30 años, y la edad mediana es de 15 años. El 23.13% de los habitantes se encuentran en una localidad urbana, y el restante 76.87% en 51 localidades rurales (que son el 98.08% del total municipal). Se considera que el municipio tiene un grado de marginación alto (INAFED, 2003).

Para el año 2000 se registraron 2,396 viviendas particulares habitadas, el 97.12% son propiedad de sus residentes y, en promedio, viven 5.44 personas en cada una. El 62.35% tienen piso de tierra, el 49% paredes de madera y 77.9% techos de lámina de asbesto y metálica. 86.02% disponen de energía eléctrica, 85.31% de agua entubada y 59.06% tienen drenaje (INAFED, 2003). INEGI (1994), reporta la red de caminos municipal así (Tabla 6):

Tabla 6: Caminos reportados para el municipio de Jitotol (INEGI, 2000)

Tipo de Camino	Longitud total (km.)
Calles (1° a 4° orden)	268.67
Brechas	397.69
Veredas	5 309.92
Carretera de 2 carriles	106.96
Terracería	74.76

El Área de Estudio

Se extiende sobre una superficie de 69.64 km² (Figura 14). Dentro de ella se encuentran las comunidades donde se levantaron encuestas que aportan la información social del proyecto que cubre el estudio de esta tesis. Estas son: Agua Dulce, Altamirano, Carmen Zacatal, Plan Paredón y Santa María. Se incluyó la cabecera municipal, que, junto con Agua Dulce, señaló la referencia para el límite oeste de la zona. El límite por el resto de las orientaciones fue el contorno municipal.

Método

MÉTODO

El presente trabajo comprendió cinco etapas (Figura 15). Se inició con la selección de las imágenes de satélite a clasificar, para continuar con los procesos necesarios para su manipulación. Posteriormente se realizó una clasificación supervisada, que se verificó en campo. Una vez que se dispuso de las clasificaciones, se compararon las diferentes fechas. El proceso se detalla a continuación.

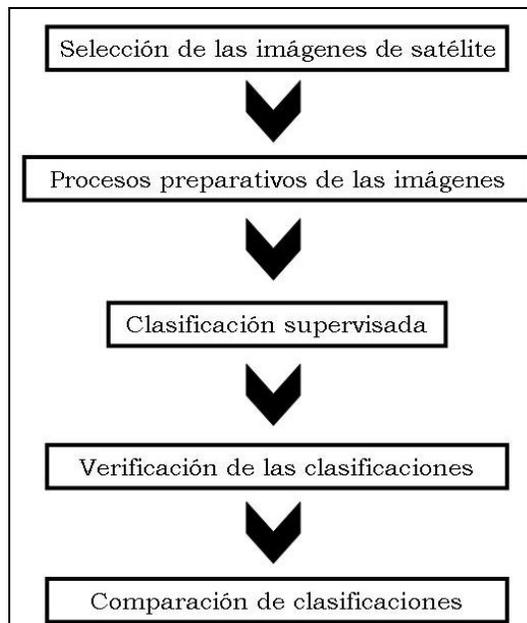
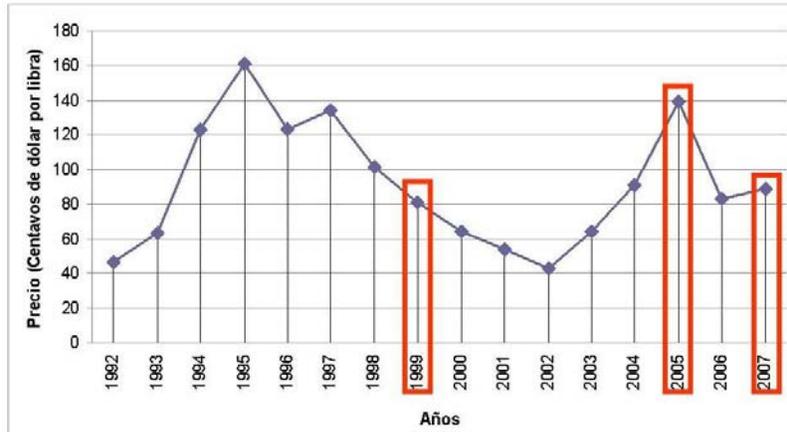


Figura 15: Ruta metodológica del presente trabajo.

1. Selección de las Imágenes de Satélite

- a. El satélite que se seleccionó fue SPOT debido a que, a través de la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS), las instituciones autorizadas de la Administración Pública Federal (como es el caso de INIFAP) disponen de acceso de manera libre a las imágenes a partir de noviembre de 2003.
- b. Después, con sustento en la tendencia del precio del café mexicano, se seleccionaron tres fechas (Gráfica 2).



Gráfica 2. Precios del café mexicano con las fechas del estudio resaltadas.

- i. 1999⁵.- Aunque se encuentra fuera del convenio del gobierno federal con SPOT, se decidió utilizar esta imagen debido a que el precio había registrado un incremento de casi 300%, de casi 47 a poco más de 160 centavos de dólar por libra en relativamente poco tiempo (3 años, de 1992 a 1995). Después de este máximo histórico, se presentó una tendencia a la baja, aunque el precio se mantuvo por arriba de los 120 centavos de dólar por libra dos años. 1999 representa el punto medio de la caída de los precios a partir de 1996 hasta llegar a precios de 43 centavos de dólar en el 2002.
- ii. 2005.- Una vez que se llegó al mínimo histórico de 43 centavos se inició una tendencia a la alza hasta los 64 y 90 centavos de dólar por libra en 2003 y 2004 respectivamente, lo que resulta en 2004 de más del doble que en 2002. Se seleccionó 2005 para observar la cobertura después de este comportamiento.
- iii. 2007.- Después de la caída de precios hasta 2002, hubo un incremento cada vez más evidente, y en 2005 se pagaron casi 140 centavos de dólar por libra, precio que solo fue menor al máximo histórico registrado en 1995. Pero los dos años siguientes el precio estuvo por debajo de los 100 centavos de dólar por libra (82.9 en 2006 y 88.7 en 2007), así que se encontró nuevamente una reducción importante (a cerca del 60%). Por esto, y como reflejo de la situación actual en el área de estudio, es que se seleccionó esta fecha.

⁵ Estas imágenes tienen una resolución espacial de 20 metros por lado en el píxel (400m²), a diferencia de las correspondientes a 2005 y 2007 cuya resolución espacial es de 10 metros por lado en el píxel (100 m²).

A continuación se revisaron las existencias del sensor para estos años y se seleccionaron las imágenes que representarían el área de estudio sin la interferencia de nubes, o, en su defecto, con la menor superficie cubierta por éstas. Se seleccionaron las imágenes correspondientes a las siguientes fechas (Tabla 7):

Tabla 7: Fechas de toma de las imágenes utilizadas en el trabajo.

Municipio	Fecha
Cacahoatán	
	14/12/07 ⁶
	27/02/05
	08/04/99
Jitotol	
	29/02/08
	04/04/05
	18/03/99

2. Procesos preparativos de las imágenes

a. Georeferencia de las imágenes

Se realizó en ERDAS Imagine 8.4. Se empezó por importar las imágenes, de formato TIFF a IMAGINE image. Posteriormente se desarrolló el proceso de georeferencia de las imágenes SPOT, con la proyección UTM WGS 84 norte. El área de estudio se encuentra dentro de la zona UTM 15. A cada imagen se le asignaron un mínimo de 60 puntos de control cuya localización se tomó de acuerdo a la carta vectorial de vías de transporte de INEGI.

b. Ajuste de las imágenes

Después de varias repeticiones del proceso de georeferencia, se observó que había regiones del área de estudio que coincidían totalmente con el trazado de los caminos en la carta vectorial, pero se encontraron regiones donde esto no se

⁶ Esta imagen se considera en 2008 por conservar la homogeneidad con el resto de las imágenes en cuanto a la temporada a la que corresponden.

cumplió. Para solucionarlo y disponer de la misma ubicación de las regiones en las distintas imágenes, se procedió como se describe a continuación.

Con ERDAS 9.2 se separaron las 4 bandas de las imágenes en mediante su conversión a formato GRIDD. De manera paralela, en el software ArcGis (con ArcInfo) se crearon coberturas de las regiones que se debían desplazar. Éstas se utilizaron como molde para realizar cortes a cada capa de la imagen. De esta manera se dispuso, por separado, de un “grid” donde se encontraban ausentes las áreas que necesitaban de desplazamiento, y otros con estas áreas. Posteriormente, por separado, se realizaron pilas de las capas (conocidos como “grid stack”) de los “grids”. A las áreas recortadas, se les realizó una georeferencia como la descrita en el inciso 3a, solo que con menos puntos de control. Después, se unieron las pilas de las áreas que no necesitaban modificación y las de las áreas modificadas. En los espacios que, debido al desplazamiento, quedaron sin valor alguno para los píxeles, se realizó una interpolación de media central, a partir de los elementos aledaños. Finalmente, se expresó nuevamente esta información en formato IMAGINE image con una importación en el software Erdas Imagine 9.2.

3. Clasificación de las Imágenes

a. Establecimiento de campos de entrenamiento

Durante abril y mayo de 2007 se realizaron recorridos en cada una de las dos áreas de estudio, con el fin de registrar campos de entrenamiento. Estos son sitios de localización y coberturas conocidas. Se localizaron áreas con diferentes coberturas (agrícola, pecuaria, bosque, café de sombra, café sin sombra, y poblados) y se registró con GPS la localización de áreas de cobertura homogénea mayores a 400 m² (Esta área equivale a un píxel en la imagen correspondiente a 1999). De cada una se registró:

1. La cobertura del sitio.
2. La exposición (con respecto al cenit).
3. Datos particulares del sitio (nombre de poblados, tiempo transcurrido con la cobertura como se observó, etc.)
4. Identificador de las fotografías tomadas en el sitio.

Estos campos se utilizaron para la clasificación de 2008. Para las imágenes de 2005 se obtuvieron los campos de entrenamiento a partir de la revisión del área en el software Google Earth. Para clasificar las imágenes de 1999 se revisaron fotografías aéreas de 2000, que se adquirieron en INEGI.

b. Clasificación Supervisada

A partir de las cartas vectoriales de INEGI (2000) se realizaron coberturas de los caminos, y, a partir de las mismas imágenes, se digitalizaron poblados y nubes. Estas coberturas se utilizaron como máscaras. En Erdas Imagine 9.2 se ingresaron todos los campos de entrenamiento como firmas espectrales. Éstos se agruparon como:

1. Agropecuario.- Terrenos con monocultivos (principalmente maíz y plátano) o preparados para tal y pastizales (“sabanas” en Miranda (1952)). Esta categoría se ajusta a la sugerida por la U.S. Geological Survey (Howard, 1991), que incluye en “terrenos agrícolas” a las áreas de cultivo y pastizales (Figura 16).



Figura 16: Ejemplos de superficies clasificadas como agropecuario

2. Suelo desnudo (Terrenos estériles según Howard, 1991).- Son superficies con un notable proceso de erosión de cualquier tipo (Figura 17).



Figura 17: Ejemplo de superficie clasificada como suelo desnudo

3. Cobertura arbórea (Zonas Forestales, según Howard, 1991).- Superficies cubiertas de árboles en distintas densidades. (Distintos tipos de selvas y bosques reportados por Miranda, 1952). Aquí se incluyen los cultivos de café de sombra (Figura 18).



Figura 18: Ejemplo de superficie clasificada como cobertura arbórea

Para tener la certeza de que las firmas espectrales fueran suficientemente distintas entre sí, se realizó un análisis de separabilidad, que da a conocer la distancia estadística entre las firmas. Se utilizó el algoritmo de divergencia transformada (ERDAS, 2001), con el que se calculó el mejor promedio de separabilidad. Los valores que se obtuvieron estuvieron dentro de un rango de magnitudes entre 0 y 2000.

- a. Dentro del rango de 0 a 1700 se consideró que las firmas de los campos de entrenamiento no eran suficientemente distintas entre sí, por lo que se desecharon.
- b. En un rango de 1701 a 1900 se consideraron como suficientemente distintas para clasificar.
- c. Se consideró una diferencia estadística ideal para los campos que presentaran valores entre 1901 y 2000.

Una vez depurados los campos, se realizó una clasificación supervisada. En las imágenes donde las había, se eliminaron de la clasificación las áreas cubiertas por nubes, con la máscara elaborada para este fin. Posteriormente, con el uso de ArcGis se agruparon las diferentes categorías en sus respectivas clases mediante una reclasificación. Después, se realizó la generalización de las clasificaciones, se suavizaron las esquinas de los polígonos y se respetó la ocurrencia igual de dos celdas. Este proceso se repitió cinco veces, que fue el número observado de repeticiones que dan como resultado una clasificación donde la menor superficie representada por un polígono equivale a 4 píxeles (1600 m² en 1999 y 400 m² en 2005 y 200). El resultado de la quinta generalización se consideró como la clasificación final. A partir de estas clasificaciones finales, mediante álgebra de mapas, se incorporaron los elementos de las máscaras de caminos y poblados a las clasificaciones, lo que resultó en las cinco clases con que se trabajó:

1. Agropecuario
2. Suelo Desnudo
3. Cobertura Arbórea
4. Poblados
5. Caminos.

4. Verificación de las imágenes

Sobre una clasificación preliminar se establecieron puntos con ubicación aleatoria. Durante abril y mayo de 2008 se hicieron recorridos por las áreas de estudio durante el cual se registró la cobertura correspondiente a los puntos establecidos. (Sólo se visitaron aquellos que tenían una accesibilidad posible de acuerdo a las limitantes de tiempo de que se dispuso para esta actividad, que en las imágenes 19 y 20 se observan en azul). Debido a esto, en Cacaohatán se verificaron 110 puntos, y en Jitotol 116 (Figuras 19 y 20).

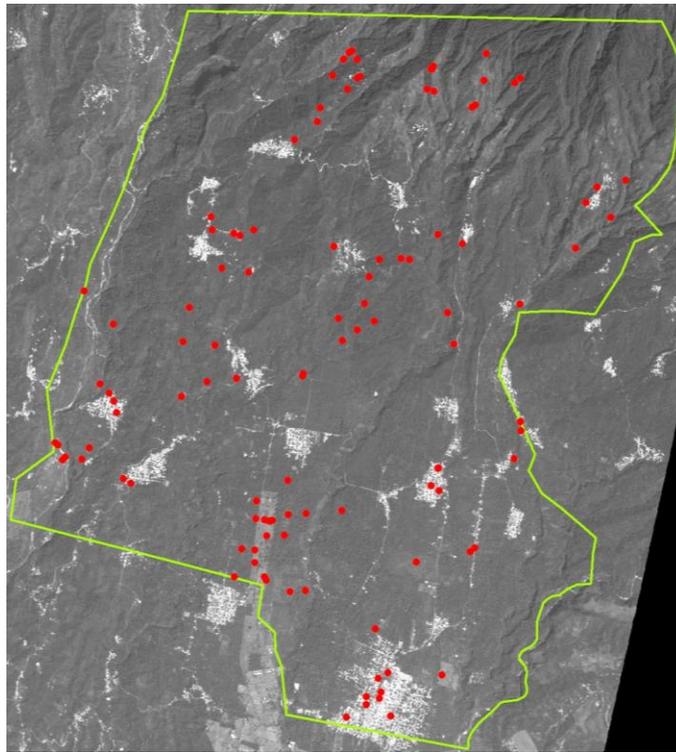


Figura 19: Distribución de los puntos de verificación visitados en Cacahoatán

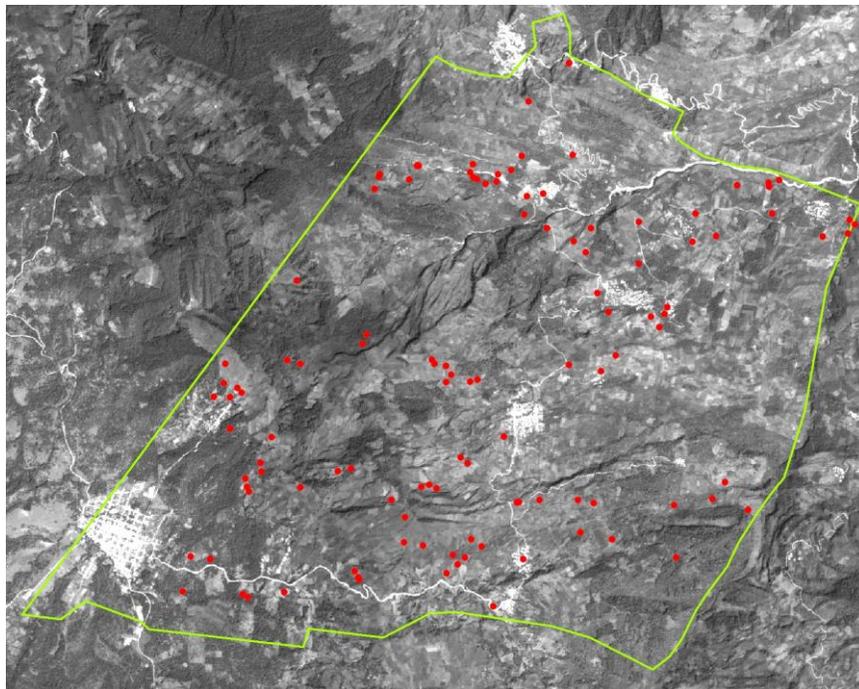


Figura 20: Distribución de los puntos de verificación visitados en Jitotol

Esta información se utilizó directamente para verificar las clasificaciones correspondientes al 2008. Para las imágenes previas se utilizaron los mismos puntos que se revisaron en campo, pero se emplearon las imágenes de Google Earth (para 2005) y fotografías aéreas (para 1999). Posteriormente, esta información se comparó en matrices de confusión. A partir de estas matrices, se calculó:

- a. La exactitud calculada (F_m), que son las concordancias entre lo clasificado y lo observado en la verificación, en relación con los puntos muestreados.

$$F_m = \frac{\sum X_i}{\sum X_{ij}} * 100$$

Donde X_i se refiere al total de aciertos y X_{ij} se refiere al total de puntos verificados (Chuvieco, 1990).

- b. La exactitud real (F) que es la exactitud calculada con umbrales superior e inferior determinados a partir del error de muestreo (ES) con un nivel de probabilidad (z) de 95%. Ésta se refiere a la exactitud del mapa.

$$F = F_m \pm zES$$

$$ES = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

Donde p es el porcentaje de aciertos, q el porcentaje de errores y n el total de puntos verificados (Chuvieco, 1990).

- c. El índice kappa (K). Este parámetro compara el total de puntos muestreados con los aciertos, los errores de omisión y los errores de comisión.

$$K = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

En la ecuación, N se refiere al total de puntos verificados, X_{ii} se refiere al total de aciertos y $X_{i+}X_{+i}$ se refiere al producto de los errores de omisión y comisión.

Los valores en el resultado cercanos al 0 señalan que las concordancias entre la realidad y la clasificación son producto del azar, mientras que los valores cercanos a 1 señalan que las concordancias entre el mapa y la realidad son reales (Chuvieco, 1990).

5. **Comparación de Clasificaciones**

Mediante álgebra de mapas, se compararon las tres fechas entre sí. Los resultados determinaron, por pixel, la cobertura en las dos fechas comparadas, por lo que permitieron conocer la cobertura y la dinámica que ha llevado. Esta dinámica de transición sirvió para observar, junto con los valores absolutos de las coberturas, si existieron o no coincidencias con distintos factores de presión sobre los cafeticultores. Se contemplaron: la variación que ha presentado el precio del café, el cambio del Consejo Mexicano del Café al Comité Sistema Producto Café (como suceso en las políticas de apoyo a los cafeticultores), la aparición de una Sociedad de Solidaridad Social para la venta del café (en Jitotol) y el paso del huracán Stan (en Cacahoatán).

Resultados

Jitotol

Clasificaciones

a) Imagen correspondiente al 18 de marzo de 1999.

Exactitud real: 84.21% ± 6.69%

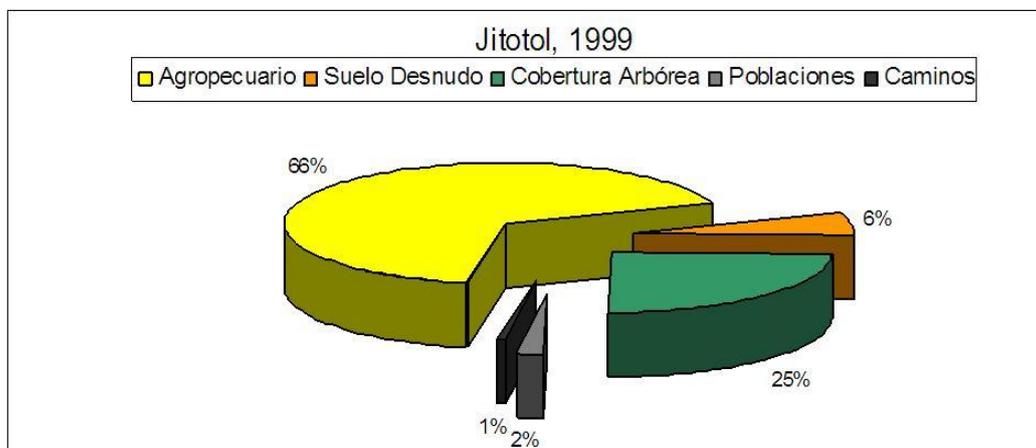
Índice Kappa: 0.6245

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 0 km²

En esta clasificación la cobertura agropecuaria fue mayor. Se observa también un área de gran tamaño de suelo desnudo alrededor de la cabecera municipal (parte inferior izquierda de la figura 21). La superficie con cobertura arbórea, que representa la cuarta parte de la superficie total, se encuentra dispersa y fragmentada por toda el área.

Tabla 8: Coberturas de la imagen del 18 de marzo de 1999.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	46.38
Suelo Desnudo	4.36
Cobertura Arbórea	17.08
Poblaciones	1.41
Camino	0.36



Gráfica 3: Distribución porcentual de las coberturas para Jitotol en 1999

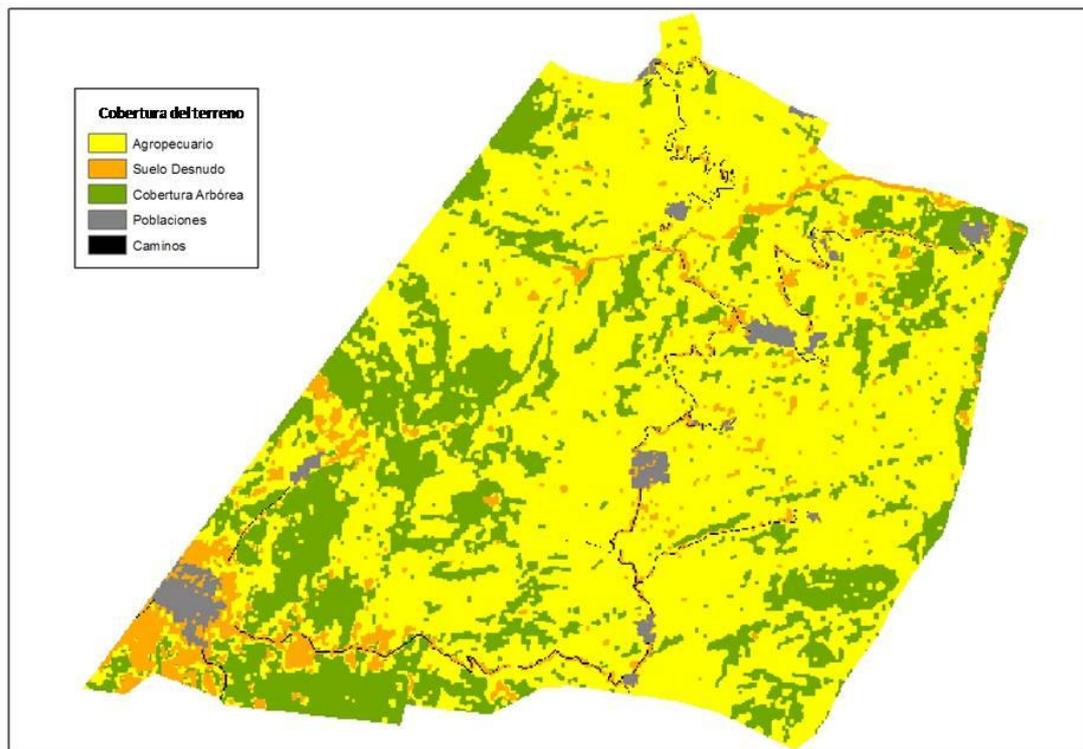


Figura 21: Coberturas en Jitotol, 1999.

Tabla 9: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 18 de marzo de 1999.

		Terreno					Errores Comisión	Total
		Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Caminos		
Clasificación	Agropecuario	73	2	9	0	0	11	84
	Suelo Desnudo	0	4	1	0	0	1	5
	Cobertura Arbórea	7	0	13	0	0	7	20
	Poblaciones	0	0	0	4	0	0	4
	Caminos	0	0	0	0	1	0	1
	Errores Omisión	7	2	10	0	0		
	Total	80	6	23	4	1		

b) Imagen correspondiente al 4 de abril de 2005.

Exactitud real: 87.82% ± 5.97%

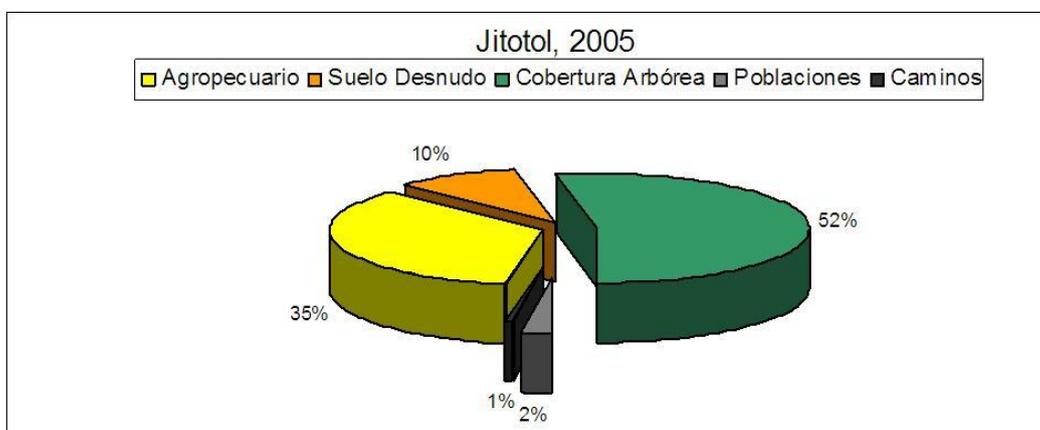
Índice Kappa: 0.7768

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 0 km²

Se observa una dominancia de la superficie bajo cobertura arbórea, que se encuentra distribuida por toda el área, y es menos abundante en la parte noreste. Alrededor de la cabecera municipal se observa una superficie fragmentada de suelo desnudo, que, en su totalidad, ocupa la décima parte de la superficie analizada (Figura 22).

Tabla 10: Coberturas de la imagen del 4 de abril de 2005.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	24.10
Suelo Desnudo	6.66
Cobertura Arbórea	36.99
Poblaciones	1.43
Camino	0.43



Gráfica 4: Distribución porcentual de las coberturas para Jitotol en 2005.

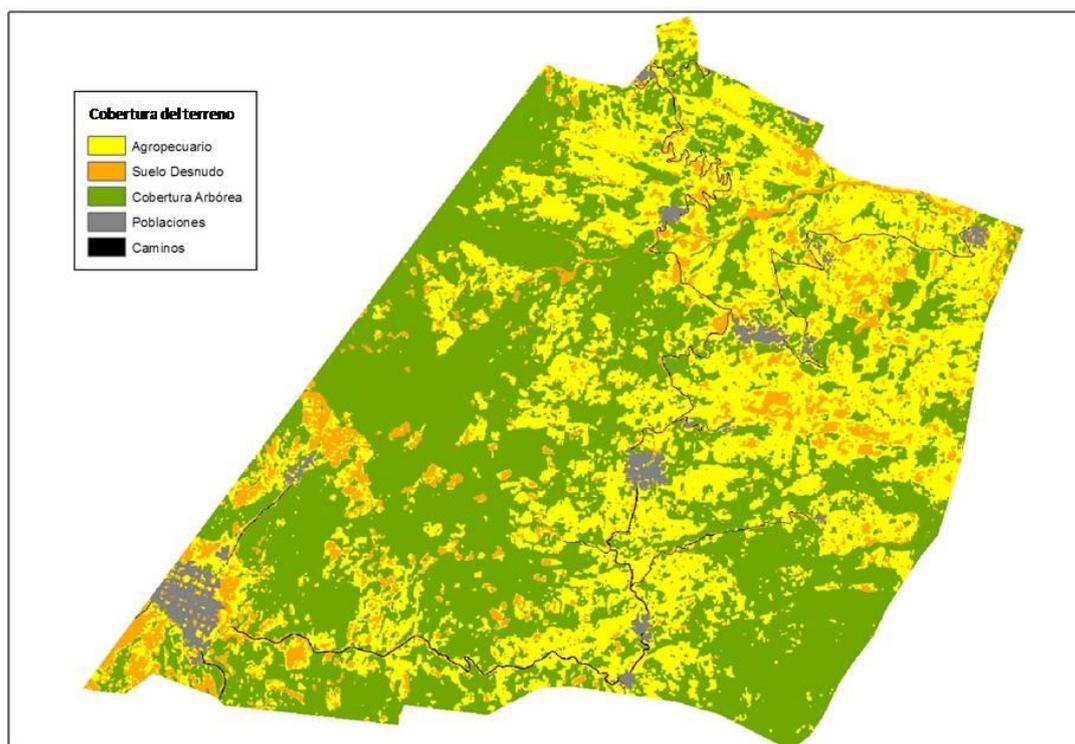


Figura 22: Coberturas en Jitotol, 2005.

Tabla 11: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 4 de abril de 2005.

		Terreno					Errores Comisión	Total
		Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Caminos		
Clasificación	Agropecuario	47	3	1	0	0	4	51
	Suelo Desnudo	0	12	0	0	0	0	12
	Cobertura Arbórea	12	0	36	0	0	12	48
	Poblaciones	0	0	0	4	0	0	4
	Caminos	0	0	0	0	0	0	0
	Errores Omisión	12	3	1	0	0		
	Total	59	15	37	4	0		

c) Imagen correspondiente al 29 de febrero, 2008.

Exactitud real: 88.69% ± 5.78%

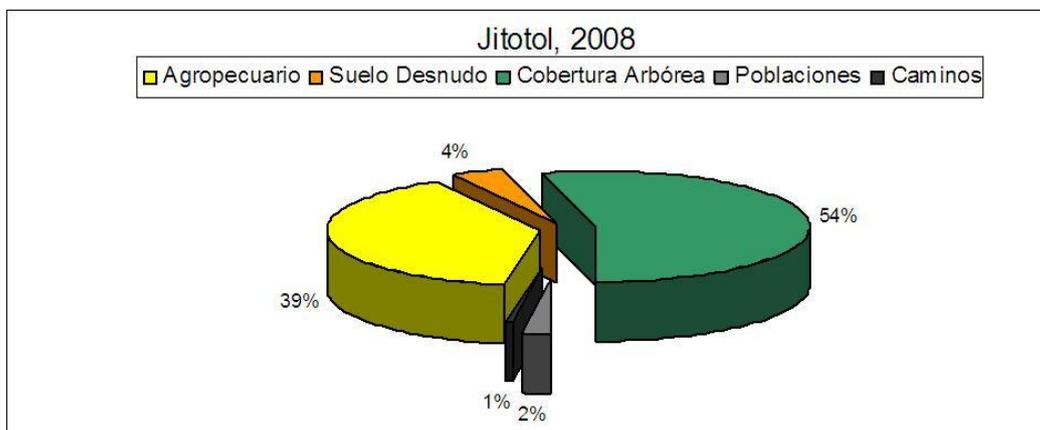
Índice Kappa: 0.7720

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 0 km²

En esta clasificación se observa que en el terreno predomina la cobertura arbórea, distribuido de manera abundante por las partes sur y noroeste del área. Paralelamente a esto, en la parte sur de la región se observa una franja de cobertura agropecuaria que es atravesada en su parte central por una de las principales carreteras del municipio que une dos poblaciones fácilmente obseables (Figura 23).

Tabla 12: Coberturas de la imagen del 29 de febrero, 2008.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	27.22
Suelo Desnudo	2.74
Cobertura Arbórea	37.82
Poblaciones	1.41
Camino	0.42



Gráfica 5: Distribución porcentual de las coberturas del para Jitotol en 2008.

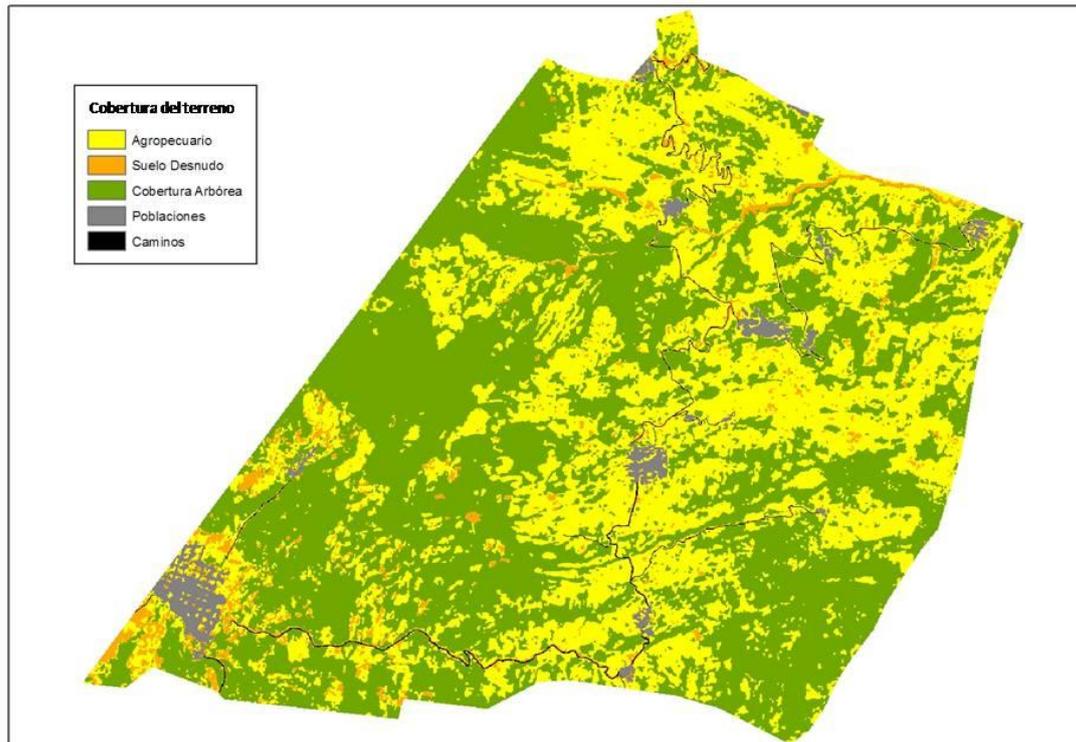


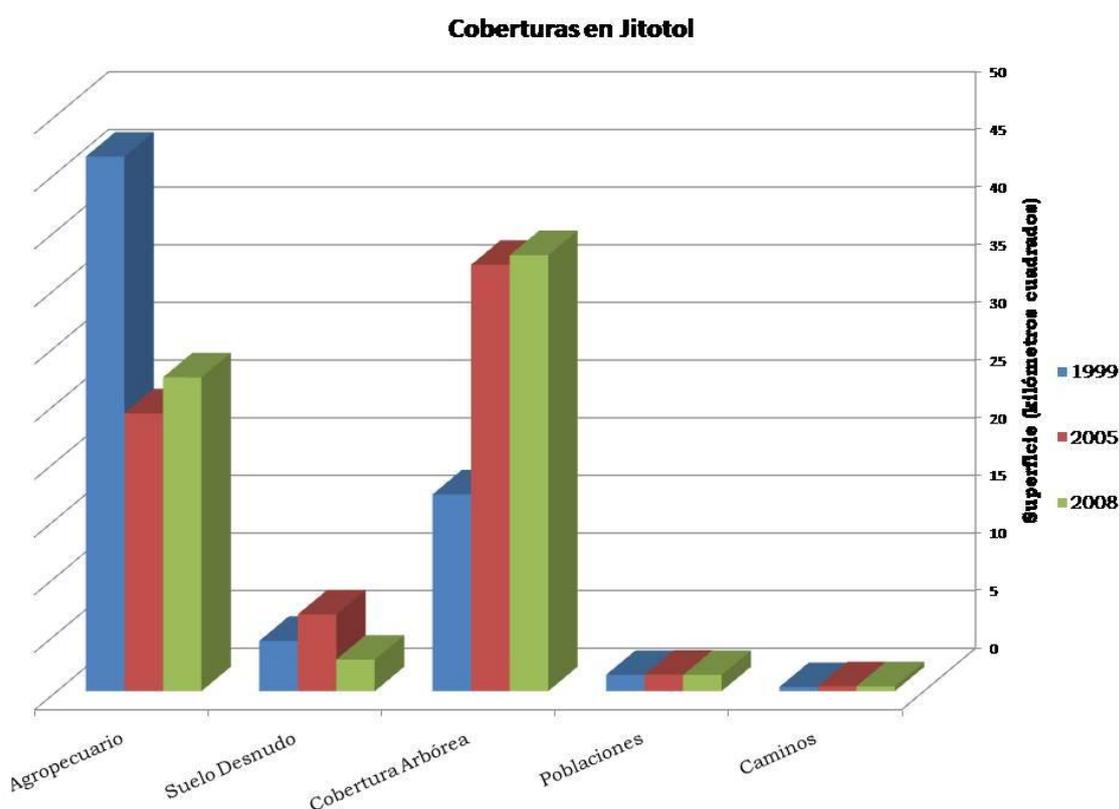
Figura 23: Coberturas en Jitotol, 2008.

Tabla 13: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 29 de febrero, 2008.

		Terreno					Errores Comisión	Total
		Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Caminos		
Clasificación	Agropecuario	53	4	5	0	1	10	63
	Suelo Desnudo	0	3	0	0	0	0	3
	Cobertura Arbórea	4	1	40	0	0	5	45
	Poblaciones	0	0	0	4	0	0	4
	Caminos	0	0	0	0	0	0	0
	Errores Omisión	4	5	5	0	1		
	Total	57	8	45	4	1		

Comparaciones

El cambio mas notable en la cobertura del terreno se da en la categoría de agropecuario, ya que de 1999 a 2005 se redujo su superficie prácticamente a la mitad, incrementándose de manera mas discreta para el 2008 (Gráfica 6). De la superficie clasificada con cobertura agropecuaria en 1999, el 48.32% se clasificó como cobertura arbórea para 2005, y solo el 42.85% de la superficie clasificado como agropecuario nuevamente lo fue en esta fecha (Tabla 14 y gráfica 7).



Gráfica 6: Comparación de coberturas en Jitotol.

Esta conversión se observa también en la dinámica de la superficie clasificada como cobertura arbórea en 2005. En la misma tabla 14 se observa que, de los 37.04 km² de esta cobertura, el 80.27% (13.75 km²) se clasificó como agropecuario en 1999. Sobre esta misma dinámica, el 14.61% de la superficie clasificada como cobertura arbórea en 1999 se clasificó como agropecuario en 2005.

La dinámica de cambio más representativa fue el paso del resto de las coberturas hacia cobertura arbórea. De la superficie clasificada como agropecuario en 1999, el 48.49% se clasificó como cobertura arbórea en 2008. Esta misma situación ocurrió

con el 26.93% de la superficie clasificada como suelo desnudo y el 73% de la superficie clasificada como poblaciones.

Se observa también otro cambio importante, ya que cerca del 40% de la superficie que se clasificó como suelo desnudo en 1999, se transformó a agropecuario en 2005 (Tabla 14 y gráfica 7).

Del resto de las coberturas, de 1999, a 2005 el 35.69% de la superficie clasificada como suelo desnudo se mantuvo sin cambio. El 80.27% de la cobertura arbórea y el 75.68% de los poblados mantuvieron este patrón (Tabla 14 y gráfica 7).

De 2005 a 2008, la superficie de cobertura arbórea se incrementó en prácticamente 1 km². Sin embargo, se observa que el 23.13% de la superficie clasificada como agropecuario en 2005 cambió a cobertura arbórea en 2008. Esta misma situación se observa con el 20.64% y el 3.17% de las superficies clasificadas como suelo desnudo y poblados, respectivamente, en 2005. La suma de las superficies de otra cobertura que cambiaron a cobertura arbórea es cercana a los 7 km². Aquí se observa que el incremento total de superficie de cobertura arbórea es de 1 km² y que cerca de 7km² cambiaron de otras coberturas a cobertura arbórea. La aparente contradicción sucede por que mas de 5km² de cobertura arbórea en 2005 cambiaron a agropecuario en 2008. El kilómetro cuadrado restante son convesiones de otras coberturas a cobertura arbórea. Esto representa el 14.86% de la superficie de cobertura arbórea del 2005 (Tabla 16 y gráfica 9).

En el caso de los caminos, debido a que se utilizó la misma cobertura en las tres fechas, los cambios no son representativos. Las variaciones que se observarán en las diferentes tablas son debido a los distintos procesos a que fueron sometidas las clasificaciones, tanto para su asignación a las clases como en las comparaciones entre fechas.

Esta información se concentra en las tablas 15 a 16, que comparan la dinámica entre dos fechas. Sobre el eje horizontal se encuentra la clasificación en la fecha anterior mientras que en el eje vertical están las correspondientes a la fecha posterior. Las clasificaciones están expresadas en km² y son relativas, con respecto al total de la superficie clasificada bajo la misma categoría. Las columnas rotuladas con el símbolo de porcentaje (%) corresponden a la proporción, para la fecha indicada, de la superficie clasificada con esa cobertura. Para cada cobertura, los porcentajes absolutos se aprecian, sobre las columnas en el caso de la fecha anterior y sobre las filas en el caso de la fecha posterior. Con **negritas** se resaltan los valores de la superficie sin cambios entre ambas fechas. Por ejemplo, en la tabla 15, para la

categoría cobertura arbórea se clasificaron en esta categoría 14.09 km² en ambas fechas. Esta superficie es el 37.27% de esta cobertura en 2008, cuyo total (37.80 km²) se encuentra en el extremo derecho de la fila; y el 82.26% de esta cobertura en 1999, cuyo total (17.13 km²) se encuentra en la parte inferior de esa columna.

Tabla 14: Comparación de coberturas para Jitotol entre 1999 y 2005.

		Superficie (Km ²) en 1999															Total (Tot)	% Coberturas 2005
		Agropecuario (Ap)	% 2005	% Ap 1999	Suelo Desnudo (SD)	% 2005	% SD 1999	Cobertura Arbórea (CA)	% 2005	% CA 1999	Poblados (Pob)	% 2005	% Pob 1999	Caminos (Cam)	% 2005	% Cam 1999		
Superficie (Km ²) en 2005	Ap	19.82	81.79	42.85	1.75	7.20	39.77	2.50	10.33	14.61	0.16	0.66	11.23	0.01	0.02	1.24	24.23	100.00
	SD	3.91	60.53	8.45	1.57	24.25	35.69	0.87	13.41	5.05	0.11	1.76	8.04	0.00	0.05	0.81	6.46	100.00
	CA	22.35	60.35	48.32	0.87	2.36	19.92	13.75	37.13	80.27	0.06	0.16	4.30	0.00	0.00	0.23	37.04	100.00
	Pob	0.16	11.35	0.36	0.19	13.38	4.43	0.01	0.71	0.06	1.07	73.72	75.68	0.01	0.84	2.89	1.45	100.00
	Cam	0.01	2.40	0.02	0.01	2.01	0.20	0.00	0.23	0.01	0.01	2.44	0.74	0.40	92.93	94.83	0.43	100.00
	Tot	46.25		100.00	4.39		100.00	17.13		100.00	1.42		100.00	0.42		100.00	69.61	

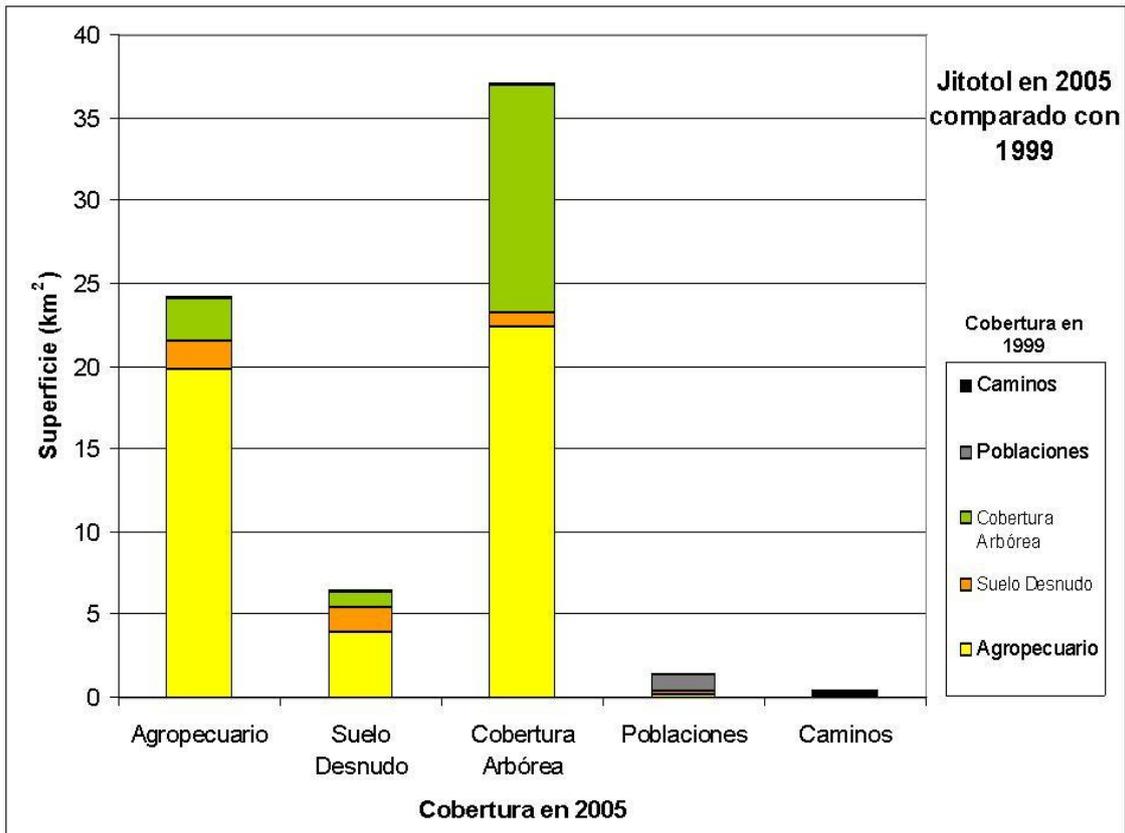
Tabla 15: Comparación de coberturas para Jitotol entre 1999 y 2008.

		Superficie (Km ²) en 1999															Total (Tot)	% Coberturas 2008
		Agropecuario (Ap)	% 2008	% Ap 1999	Suelo Desnudo (SD)	% 2008	% SD 1999	Cobertura Arbórea (CA)	% 2008	% CA 1999	Poblados (Pob)	% 2008	% Pob 1999	Caminos (Cam)	% 2008	% Cam 1999		
Superficie (Km ²) en 2008	Ap	22.39	82.10	48.38	2.09	7.67	47.84	2.60	9.52	15.16	0.19	0.69	13.30	0.01	0.02	1.39	27.28	100.00
	SD	1.30	48.11	2.81	0.88	32.63	20.17	0.43	15.86	2.50	0.09	3.34	6.38	0.00	0.05	0.36	2.70	100.00
	CA	22.45	59.38	48.49	1.18	3.12	26.93	14.09	37.27	82.26	0.08	0.22	5.93	0.00	0.01	0.60	37.80	100.00
	Pob	0.13	9.48	0.29	0.21	14.97	4.86	0.01	0.93	0.08	1.04	73.49	73.69	0.02	1.13	3.90	1.42	100.00
	Cam	0.01	2.52	0.02	0.01	2.13	0.20	0.00	0.19	0.00	0.01	2.40	0.70	0.38	92.76	93.75	0.41	100.00
	Tot	46.29		100.00	4.38		100.00	17.13		100.00	1.42		100.00	0.41		100.00	69.61	

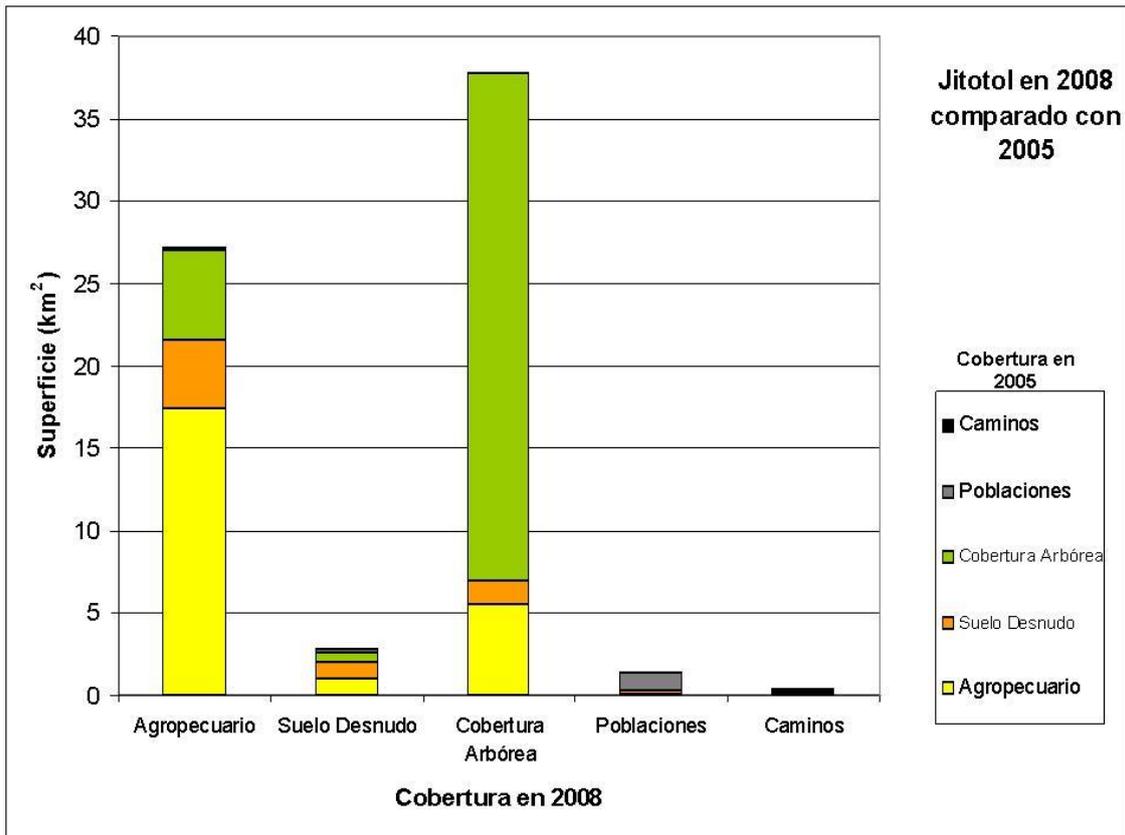
Tabla 16: Comparación de coberturas para Jitotol entre 2005 y 2008.

		Superficie (Km ²) en 2005															Total (Tot)	% Coberturas 2005
		Agropecuario (Ap)	% 2008	% Ap 2005	Suelo Desnudo (SD)	% 2008	% SD 2005	Cobertura Arbórea (CA)	% 2008	% CA 2005	Poblados (Pob)	% 2008	% Pob 2005	Caminos (Cam)	% 2008	% Cam 2005		
Superficie (Km ²) en 2008	Ap	17.43	64.05	72.30	4.10	15.08	61.27	5.49	20.19	14.86	0.19	0.68	12.90	0.00	0.00	0.00	27.21	100.00
	SD	0.96	34.54	3.98	1.07	38.51	15.97	0.63	22.71	1.71	0.12	4.23	8.19	0.00	0.00	0.00	2.78	100.00
	CA	5.57	14.74	23.13	1.38	3.66	20.64	30.81	81.48	83.35	0.05	0.12	3.17	0.00	0.00	0.00	37.81	100.00
	Pob	0.14	10.07	0.59	0.14	10.06	2.12	0.03	2.29	0.09	1.08	76.80	75.39	0.01	0.78	2.51	1.41	100.00
	Cam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.35	0.43	98.85	97.49	0.43	100.00
	Tot	24.10		100.00	6.70		100.00	36.96		100.00	1.44		100.00	0.44		100.00		

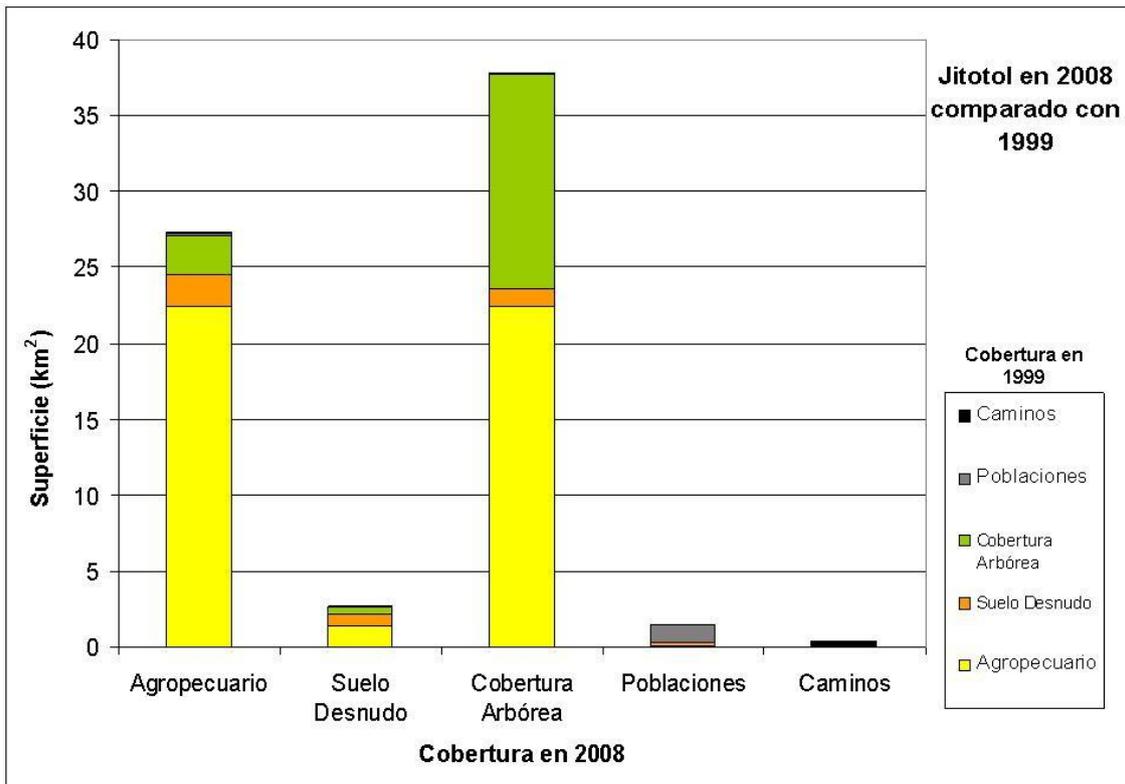
En las gráficas 7 a 9, se esquematiza la dinámica de la cobertura entre dos fechas. Las barras completas representan la superficie, en km² en la fecha posterior. Los colores que las componen representan la cobertura a la que correspondió esa superficie en la fecha anterior. Así, por ejemplo, en 2005 hubo cerca de 25 km² de superficie con cobertura agropecuaria, mientras que solo cerca 20 km² mantuvieron esa cobertura desde 1999. El resto cambiaron de otras coberturas, que fueron suelo desnudo y cobertura arbórea principalmente (Gráfica 7).



Gráfica 7: Comparación de coberturas en Jitotol entre 1999 y 2005.



Gráfica 8: Comparación de coberturas en Jitotol entre 2005 y 2008.



Gráfica 9: Comparación de coberturas en Jitotol entre 1999 y 2008.

Cacahoatán

Clasificaciones

a) Imagen correspondiente al 8 de abril de 1999.

Exactitud real: 76.92% ± 8.09%

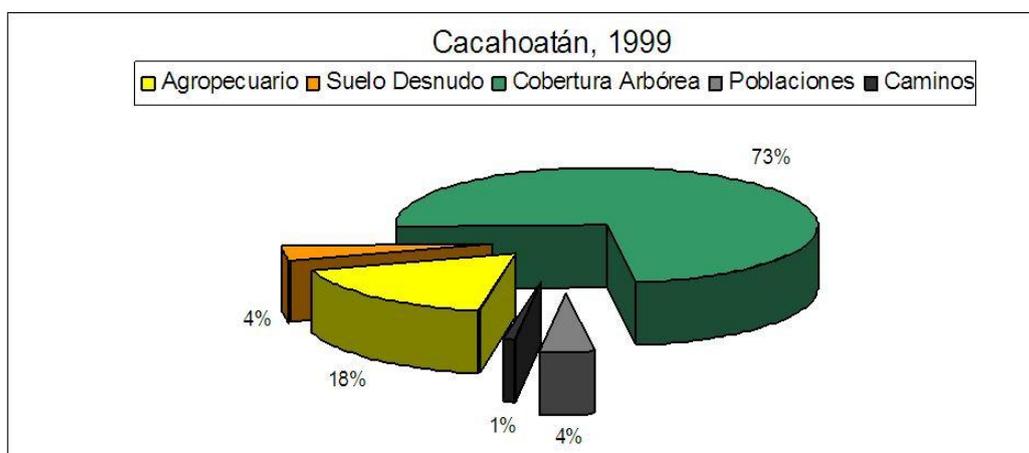
Índice Kappa: 0.6353

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 4.46 km²

En esta clasificación se observa una mayoría de superficie con cobertura arbórea y ésta representa casi tres cuartas partes del total del área (Gráfica 10). Conforme la altitud se incrementa (tendencia hacia el norte de la región), se definen zonas agropecuarias o cobertura arbórea en polígonos continuos mas grandes, mientras que en la parte sur, hacia la cabecera municipal, que es Cacahoatán (población en la parte inferior de la figura 24) se encuentra mas fragmentada la cobertura.

Tabla 17: Coberturas de la imagen del 8 de abril de 1999.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	21.88
Suelo Desnudo	4.74
Cobertura Arbórea	90.11
Poblaciones	5.11
Camino	1.02



Gráfica 10: Distribución porcentual de las coberturas del Cacahoatán en 1999.

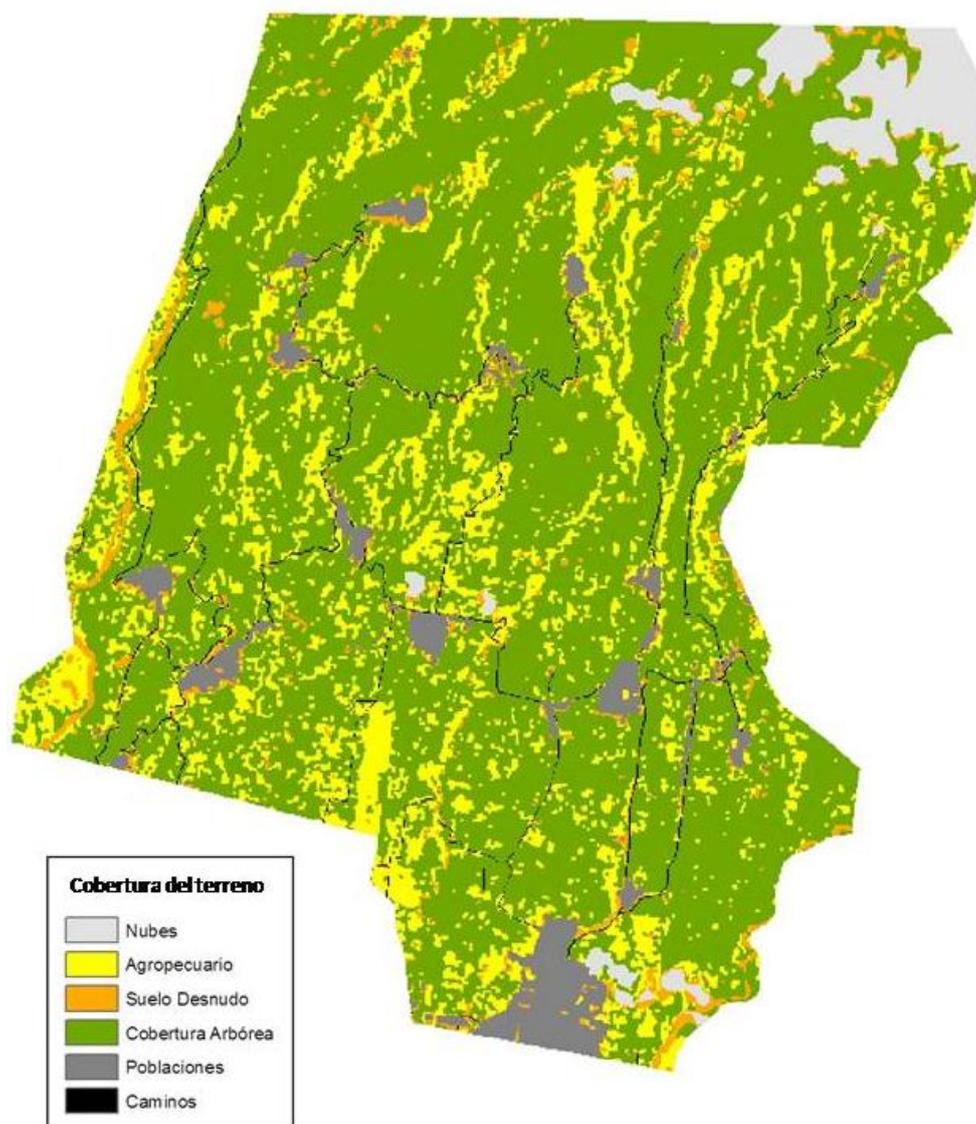


Figura 24: Coberturas en Cacahoatán, 1999.

Tabla 18: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 8 de abril de 1999.

	Terreno						Total
	Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Caminos	Errores Comisión	
Agropecuario	15	0	5	0	0	5	20
Suelo Desnudo	0	2	3	0	0	3	5
Cobertura Arbórea	14	1	44	1	0	16	60
Poblaciones	0	0	0	15	0	0	15
Caminos	0	0	0	0	4	0	4
Errores Omisión	14	1	8	1	0		
Total	29	3	52	16	4		

b) Imagen correspondiente al 27 de febrero de 2005.

Exactitud real: 81.98% ± 7.15%

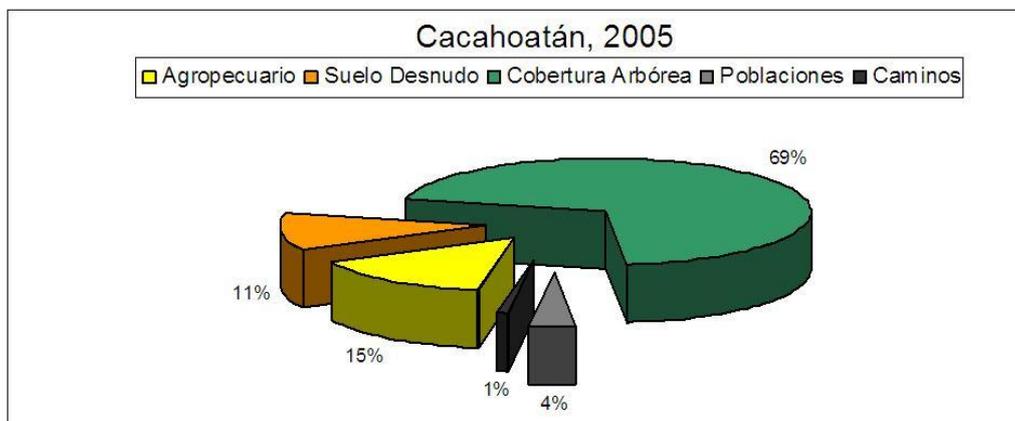
Índice Kappa: 0.7468

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 0 km²

En esta imagen se observan zonas cubiertas de suelo desnudo en la parte noreste del área, que, por ser las las faldas del volcán Tacaná, hace que la altitud se incremente gradualmente. Esta cobertura representa prácticamente la décima parte de la superficie total. Esta imagen es totalmente libre de nubes, la única con esta característica para este municipio (Figura 25).

Tabla 19: Coberturas de la imagen del 27 de febrero de 2005.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	18.89
Suelo Desnudo	13.93
Cobertura Arbórea	88.78
Poblaciones	4.54
Caminos	1.23



Gráfica 11: Distribución porcentual de las coberturas para Cacahoatán en 2005.

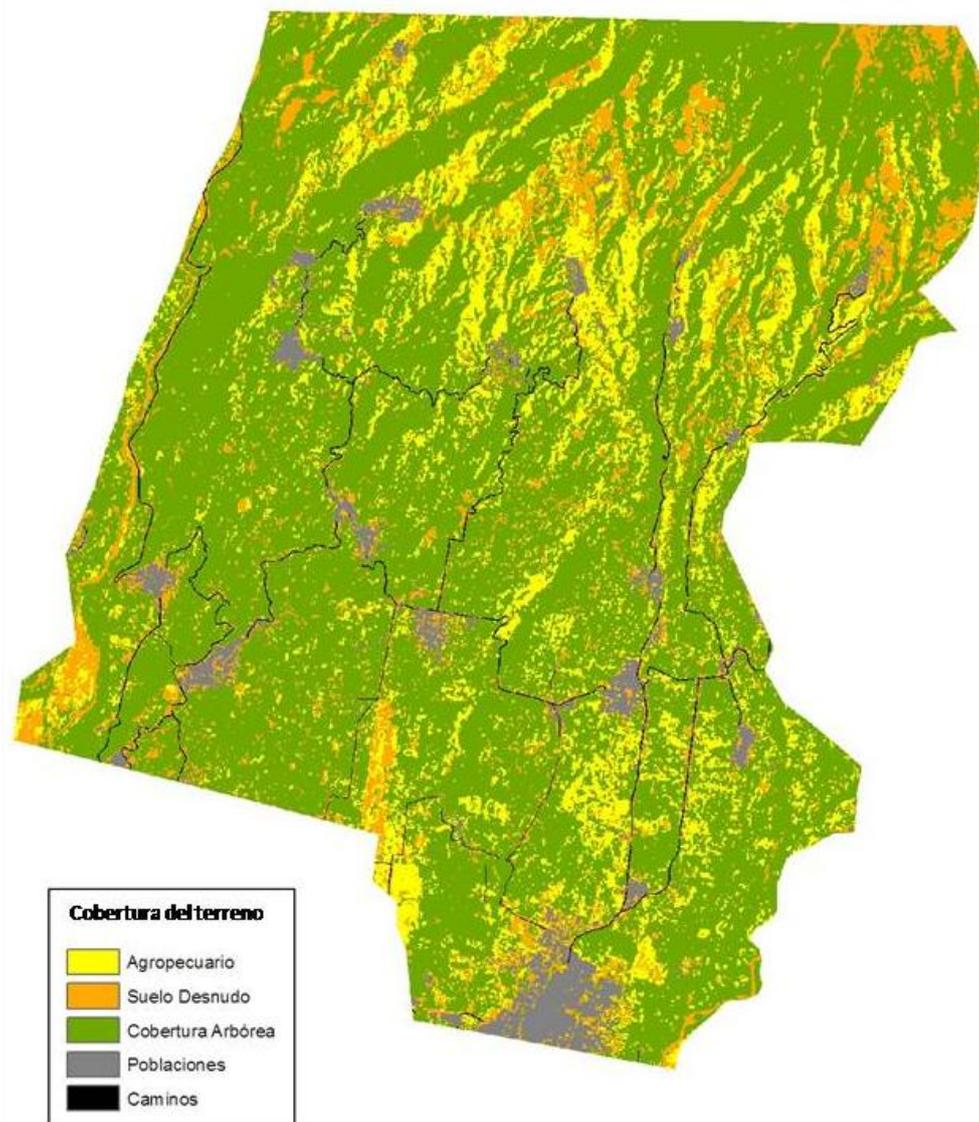


Figura 25: Coberturas en Cacahoatán, 2005.

Tabla 20: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 27 de febrero de 2005.

Clasificación	Terreno					Errores Comisión	Total
	Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Camino		
Agropecuario	7	10	3	0	0	13	20
Suelo Desnudo	0	16	0	0	0	0	16
Cobertura Arbórea	6	0	45	0	1	7	52
Poblaciones	0	0	0	19	0	0	19
Camino	0	0	0	0	4	0	4
Errores Omisión	6	10	3	0	1		
Total	13	26	48	19	5		

c) Imagen correspondiente al 14 de diciembre de 2007.

Exactitud real: 88.69% ± 7.06%

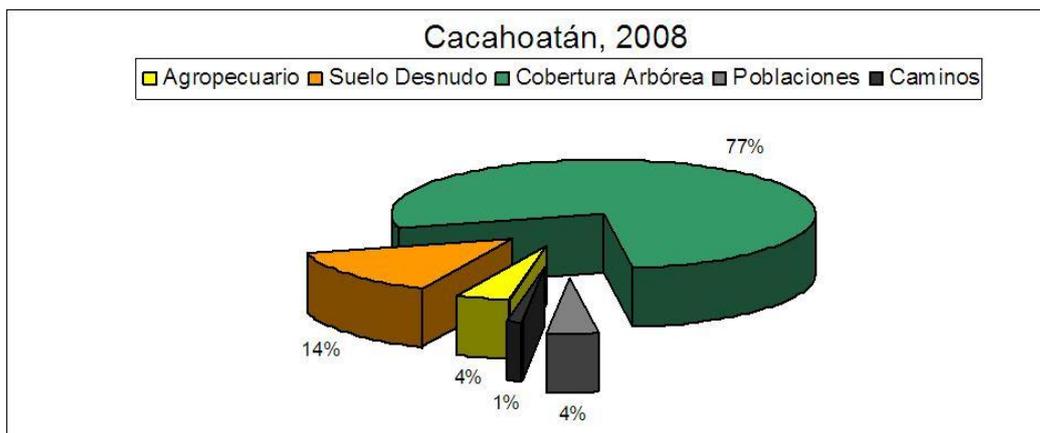
Índice Kappa: 0.7466

Superficie cubierta por nubes en la imagen: 6.94 km²

En esta clasificación, donde más de tres cuartas partes de la superficie están en la categoría cobertura arbórea, se observa un 14% de suelo desnudo. Esto se observa en la parte oeste de la figura 26. Esa es la zona por donde corre el río Coatán, cuyo cauce se incrementó apreciablemente con el paso del huracán Stan, lo cual se observa de manera clara al dimensionar la amplitud de su cauce en esta imagen. La parte norte de la región se encuentra clasificada prácticamente en 2 categorías: cobertura arbórea y suelo desnudo, aparte de los casi 7 km² de nubes.

Tabla 21: Coberturas de la imagen del 14 de diciembre de 2007.

Cobertura	Sup. (km ²)
Agropecuario	5.18
Suelo Desnudo	16.42
Cobertura Arbórea	92.87
Poblaciones	4.63
Camino	1.27



Gráfica 12: Distribución porcentual de las coberturas para Cacahoatán en 2008.

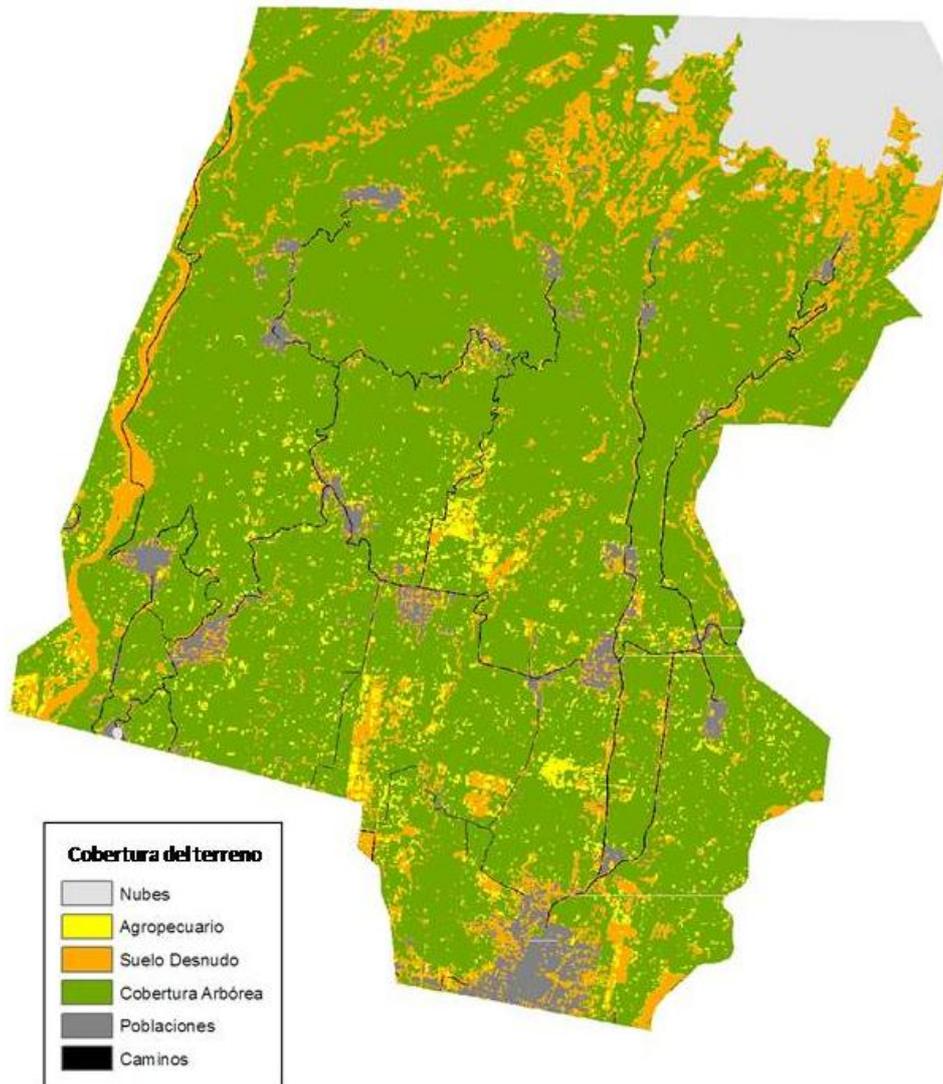


Figura 26: Coberturas en Cacahoatán, 2008.

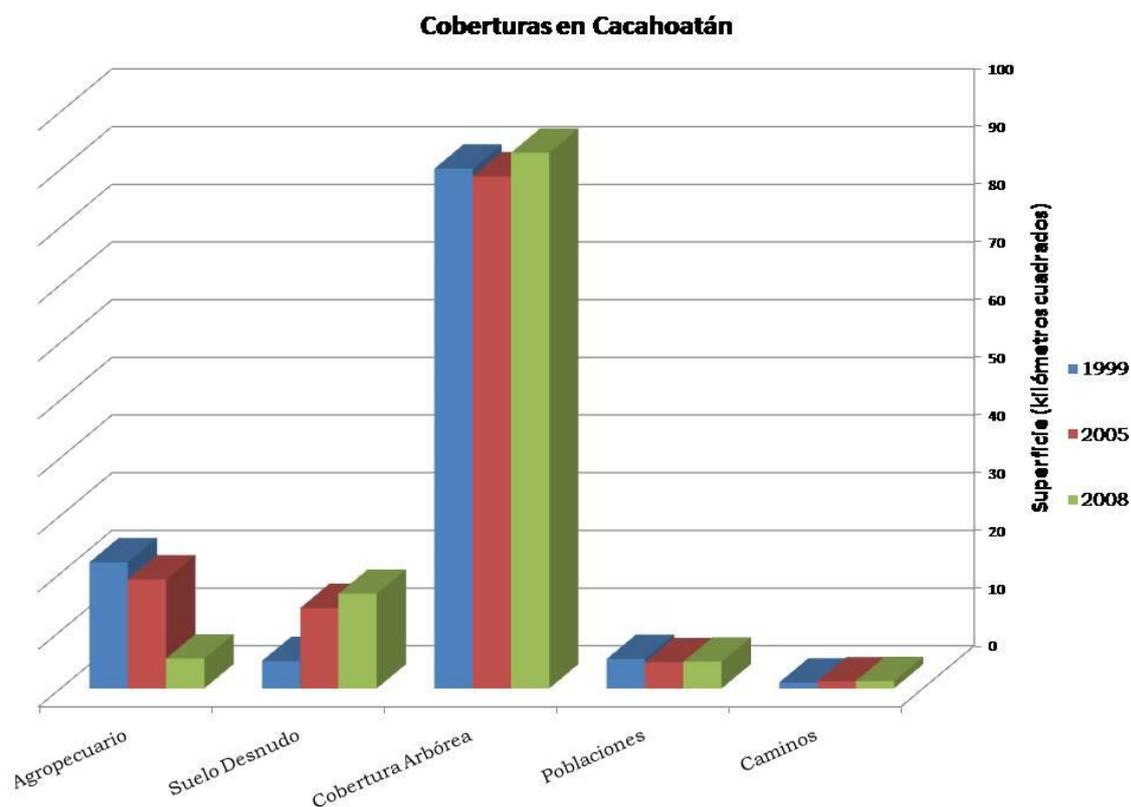
Tabla 22: Matriz de confusión para la clasificación de la imagen del 14 de diciembre de 2007.

	Terreno						Total
	Agropecuario	Suelo Desnudo	Cobertura Arbórea	Poblaciones	Caminos	Errores Comisión	
Agropecuario	7	2	7	0	0	9	16
Suelo Desnudo	0	19	0	0	0	0	19
Cobertura Arbórea	2	6	44	0	2	10	54
Poblaciones	0	0	0	21	0	0	21
Caminos	0	0	0	0	0	0	0
Errores Omisión	2	8	7	0	2		
Total	9	27	51	21	2		

Comparaciones

Entre 1999 y 2008 hay un descenso considerable en cuanto a la superficie clasificada como agropecuario (son aproximadamente 5 km² en 2008 y casi 22 km² en 1999, tabla 24). De esta cobertura en 2008, el 34% (1.69 km²) se clasificó de esta manera en 1999, lo que en este año constituye el 7.72% de la superficie de esta categoría.

Se observa un incremento entre 1999 y 2005 para la superficie clasificada como suelo desnudo, ya que incrementó más del 100% su superficie (Gráfica 13). Pasó de ser el 4% a ser el 11% de la superficie total del área. En contraste con esta dinámica, la cobertura arbórea se mantuvo sin cambios drásticos, ya que fue el 73% del total de la superficie en 1999, el 69% en 2005 y el 77% en 2008. La cobertura agropecuaria representó un decremento en el porcentaje de superficie del total representada, ya que en 1999 era el 18% y, para 2008, solo representaba el 4% del total, lo que reduce su superficie a poco más de la cuarta parte de la superficie que representaba en 1999.



Gráfica 13: Comparación de coberturas en Cacaohatán.

En 2005 se observó que de los 18.32 km² de cobertura agropecuaria, el 65.4% (11.98 km²) se clasificó como cobertura arbórea en 1999 (Tabla 23 y Gráfica 14), por otro lado, el

75% de esta superficie en 2005 se clasificó como cobertura arbórea en 2008 (Tabla 25 y gráfica 16).

En 2008, 15.96 km² de superficie clasificada como cobertura arbórea se clasificaron como agropecuario en 1999 (Tabla 24 y gráfica 15). Esta superficie, por si sola, es casi 3 veces superior a la superficie total clasificada como agropecuario en 2008 (casi 5 km²).

Ahí mismo se observa que, 2.4 km² se clasificaron como suelo desnudo en 1999 y fueron clasificados como cobertura arbórea en 2008. La gráfica 13 indica que el incremento mas drástico en la cobertura de suelo desnudo se da entre 1999 y 2005. Pero, la tabla 25 reporta que el 49.83% de la superficie de suelo desnudo en 2005 (6.5 km²) se clasificaron como cobertura arbórea en 2008. Entonces, mas del 65% de los 16.45 km² de suelo desnudo se clasificaron como otra cobertura en 2005, 3.26 km² eran agropecuario y 7.51 km² eran cobertura arbórea, que representan, respectivamente, el 19.84% y el 45.64% del total de la superficie clasificada como suelo desnudo en 2008.

De la clasificación de agropecuario de 2008, el 34.14% (1.69 km²) tenía esta cobertura en 1999 (Tabla 24 y gráfica 15). Para el suelo desnudo, el 8.64% (1.37 km²) de la superficie se mantuvo igual en este intervalo y para el 79.44% (73.63 km²) de la superficie clasificada como cobertura arbórea sucedió lo mismo. Esta misma tabla indica que, de la superficie calculada como agropecuario en 1999, el 73% se clasificó como cobertura arbórea en 2008. Esta conversión se repitió con el 52.99% y el 11.79% de las superficies clasificadas como suelo desnudo y poblaciones, respectivamente, en 1999.

Las variaciones en cuanto a los caminos no se comentan debido a que sus variaciones se deben a los procesos de clasificación y no a cambios sustanciales en el terreno. Esto se debe a que las clasificaciones se realizaron con la misma máscara para esta categoría en las 3 fechas.

Las tablas 23 a la 25 condensan la información acerca de la dinámica de cambio entre las dos fechas comparadas. Sobre el eje horizontal se encuentra la clasificación en la fecha anterior mientras que en el eje vertical están las correspondientes a la fecha posterior. Las clasificaciones están expresadas en km² y son relativas, con respecto al total de la superficie clasificada bajo la misma categoría. Las columnas rotuladas con el símbolo de porcentaje (%) corresponden a la proporción, para la fecha indicada, de la superficie clasificada con esa cobertura. Para cada cobertura, los porcentajes absolutos se aprecian, sobre las columnas en el caso de la fecha anterior y sobre las

filas en el caso de la fecha posterior. Con **negritas** se resaltan los valores de la superficie sin cambios entre ambas fechas. Por ejemplo, en la tabla 24, para la categoría cobertura arbórea se clasificaron en esta categoría 73.63 km² en ambas fechas. Esta superficie es el 79.44% de esta cobertura en 2008, cuyo total (92.68 km²) se encuentra en el extremo derecho de la fila; y el 84.85% de esta cobertura en 1999, cuyo total (86.77 km²) se encuentra en la parte inferior de esa columna.

Tabla 23: Comparación de coberturas para Cacahoatán entre 1999 y 2005.

		Superficie (Km ²) en 1999															Total (Tot)	% Coberturas 2005
		Agropecuario (Ap)	% 2005	% Ap 1999	Suelo Desnudo (SD)	% 2005	% SD 1999	Cobertura Arbórea (CA)	% 2005	% CA 1999	Poblados (Pob)	% 2005	% Pob 1999	Camino (Cam)	% 2005	% Cam 1999		
Superficie (Km ²) en 2005	Ap	5.42	29.59	24.56	0.70	3.81	14.53	11.98	65.40	13.35	0.22	1.20	4.30	0.00	0.00	0.00	18.32	100.00
	SD	3.34	25.87	15.15	1.06	8.18	22.01	7.62	58.99	8.49	0.90	6.96	17.60	0.00	0.00	0.00	12.92	100.00
	CA	13.04	15.17	59.07	2.64	3.07	54.85	69.63	80.99	77.56	0.66	0.77	12.98	0.00	0.00	0.00	85.96	100.00
	Pob	0.27	5.95	1.22	0.41	9.12	8.62	0.54	11.93	0.60	3.25	71.63	63.66	0.06	1.37	5.51	4.54	100.00
	Cam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	6.50	1.45	1.07	93.50	94.49	1.14	100.00
	Tot	22.08		100.00	4.81		100.00	89.77		100.00	5.11		100.00	1.13		100.00	122.89	
	Tot																	

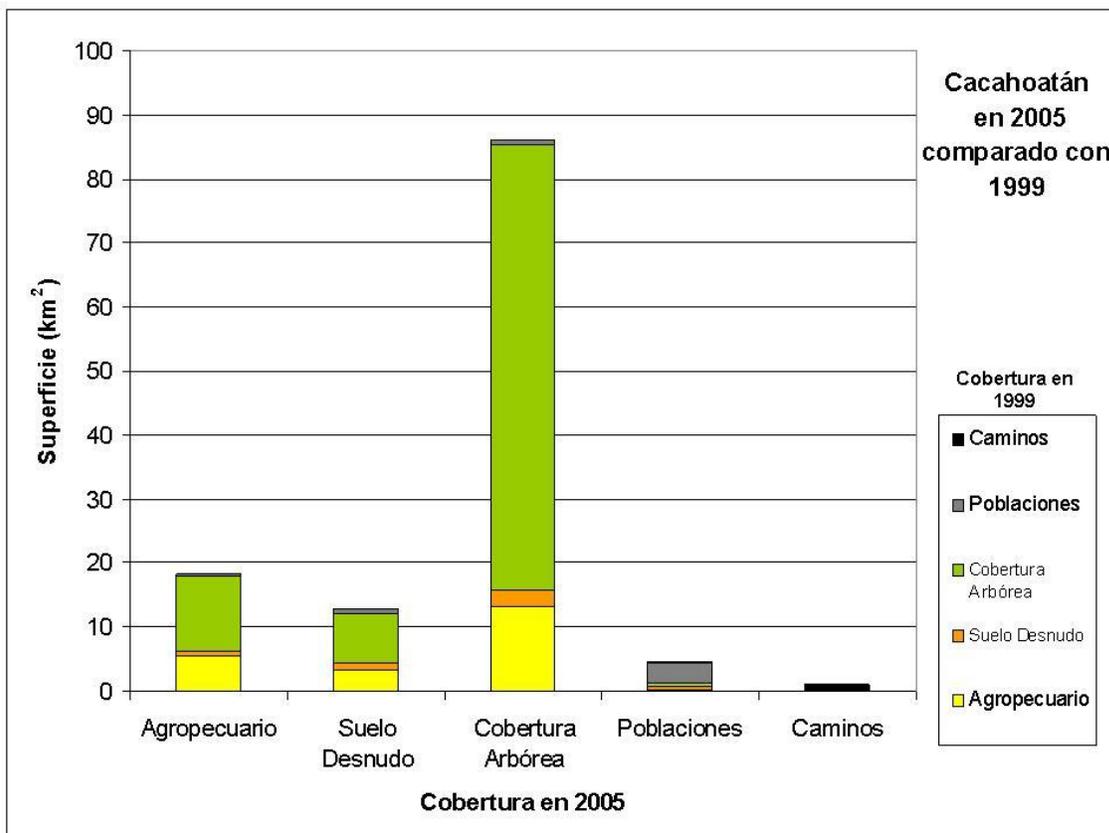
Tabla 24: Comparación de coberturas para Cacahoatán entre 1999 y 2008.

		Superficie (Km ²) en 1999															Total (Tot)	% Coberturas 2008
		Agropecuario (Ap)	% 2008	% Ap 1999	Suelo Desnudo (SD)	% 2008	% SD 1999	Cobertura Arbórea (CA)	% 2008	% CA 1999	Poblados (Pob)	% 2008	% Pob 1999	Camino (Cam)	% 2008	% Cam 1999		
Superficie (Km ²) en 2008	Ap	1.69	34.14	7.72	0.28	5.57	6.08	2.82	57.04	3.25	0.14	2.92	2.85	0.02	0.33	1.44	4.94	100.00
	SD	3.84	24.22	17.57	1.37	8.64	30.24	9.47	59.72	10.91	1.09	6.84	21.39	0.09	0.58	8.03	15.86	100.00
	CA	15.96	17.22	73.03	2.40	2.59	52.99	73.63	79.44	84.85	0.60	0.64	11.79	0.10	0.10	8.48	92.68	100.00
	Pob	0.32	6.82	1.46	0.46	9.92	10.21	0.70	15.04	0.81	3.15	67.44	62.01	0.04	0.78	3.21	4.66	100.00
	Cam	0.05	3.92	0.22	0.02	1.79	0.48	0.15	12.36	0.17	0.10	8.21	1.97	0.90	73.71	78.84	1.22	100.00
	Tot	21.85		100.00	4.53		100.00	86.77		100.00	5.07		100.00	1.14		100.00	119.36	
	Tot																	

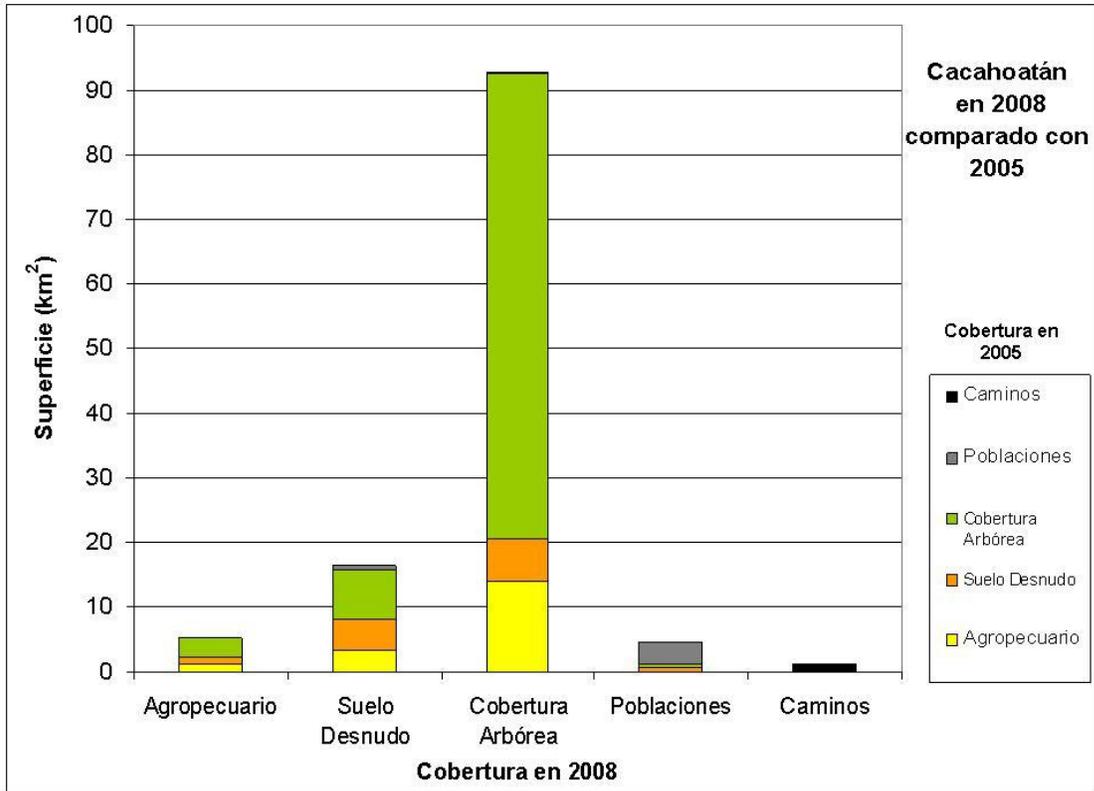
Tabla 25: Comparación de coberturas para Cacaohatán entre 2005 y 2008.

		Superficie (Km ²) en 2005																
		Agropecuario (Ap)	% 2008	% Ap 2005	Suelo Desnudo (SD)	% 2008	% SD 2005	Cobertura Arbórea (CA)	% 2008	% CA 2005	Poblados (Pob)	% 2008	% Pob 2005	Caminos (Cam)	% 2008	% Cam 2005	Total (Tot)	% Coberturas 2005
Superficie (Km ²) en 2008	Ap	1.21	22.86	6.49	0.93	17.70	7.15	3.07	58.25	3.70	0.06	1.18	1.38	0.00	0.00	0.00	5.28	100.00
	SD	3.26	19.84	17.58	4.92	29.91	37.69	7.51	45.64	9.04	0.76	4.60	16.79	0.00	0.00	0.00	16.45	100.00
	CA	14.00	15.09	75.38	6.50	7.01	49.83	72.07	77.71	86.81	0.17	0.18	3.68	0.00	0.00	0.00	92.74	100.00
	Pob	0.10	2.19	0.55	0.70	15.00	5.33	0.37	7.98	0.45	3.44	74.20	76.31	0.03	0.65	2.44	4.64	100.00
	Cam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	6.46	1.84	1.20	93.54	97.56	1.28	100.00
	Tot	18.57		100.0	13.05		100.00	83.02		100.00	4.51		100.00	1.23		100.00	120.39	

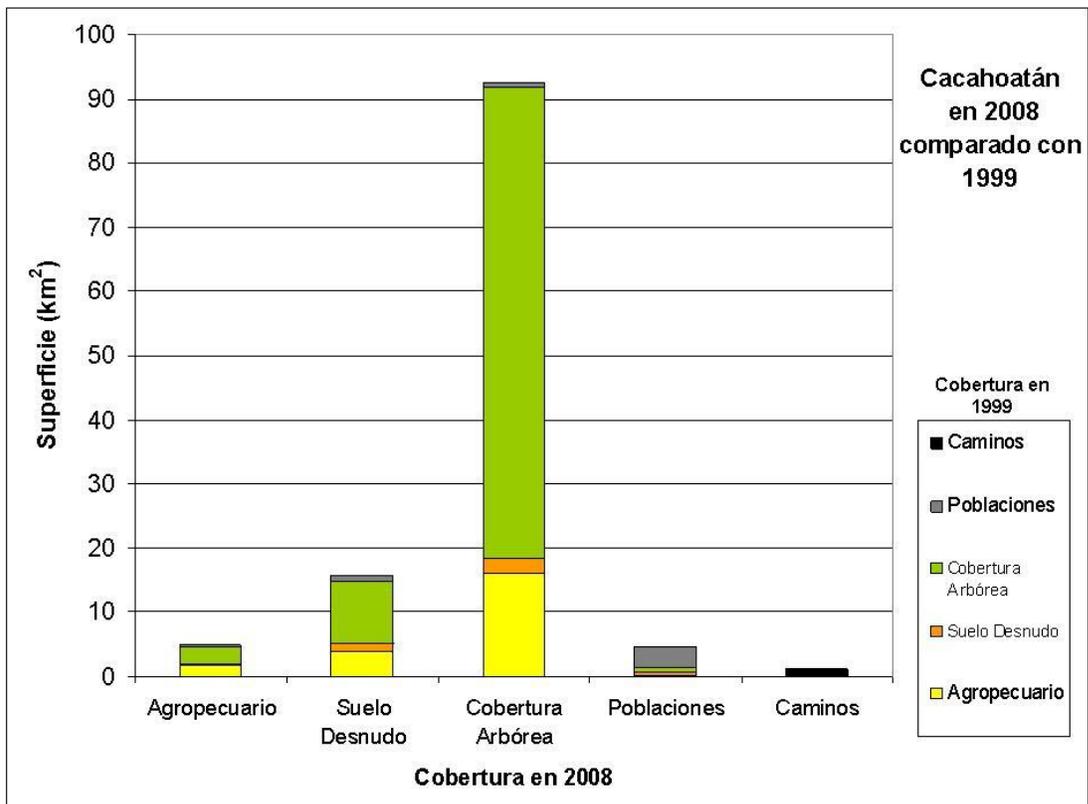
En las gráficas 14 a 16, se esquematiza la dinámica de la cobertura entre dos fechas. Las barras completas representan la superficie, en km² en la fecha posterior. Los colores que las componen representan la cobertura a la que correspondió esa superficie en la fecha anterior. Así, por ejemplo, en 2005 hubo cerca de 20 km² de superficie con cobertura agropecuaria, mientras que solo cerca 5 km² mantuvieron esa cobertura desde 1999. El resto cambiaron de otras coberturas, principalmente, cobertura arbórea (Gráfica 14).



Gráfica 14: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 1999 y 2005.



Gráfica 15: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 2005 y 2008.



Gráfica 16: Comparación de coberturas en Cacahoatán entre 1999 y 2008.

Discusión

Uno de los problemas que no se pudieron superar durante la clasificación de las coberturas vegetales, fue la separación entre bosque natural y café de sombra. Para fines de este trabajo se consideraron dentro de la categoría cobertura arbórea. Blackman *et al*, (2005) evalúa la extensión del café de sombra al cuantificar la superficie forestal en áreas aptas para el café. Howard (1991) expresa los niveles de clasificación que se pueden alcanzar con información adquirida por percepción remota según el United States Geological Service (USGS). En los niveles I y II, que aportan información mediante imágenes de satélite, se puede alcanzar cobertura hasta tipo de bioma (bosques, pastizales, entre otros). Una clasificación se puede afinar al incorporar más elementos. Aun es altamente ambicioso tratar de separar estas dos categorías con los elementos que una imagen SPOT brinda. Una solución que se podría analizar es el robustecer los datos con otros instrumentos. Por ejemplo, Demargne *et al* (2001) complementan una clasificación de imagen SPOT (similar a la de este trabajo) con radar. De esta manera superaron el problema de nubes y alcanzaron a determinar la red de caminos del área, entre otros elementos. Lograr la distinción entre café de sombra y bosque natural es aún complejo con estos elementos.

Dentro de las coberturas que si se pudieron evaluar estuvo la superficie de poblaciones para ambos municipios. Ésta se mantuvo constante en cuanto al porcentaje (2% para Jitotol y 4% para Cacahoatán). En ambas poblaciones se registró un incremento de habitantes en el periodo. En Cacahoatán se registraron 35,738 habitantes en 1995 (INEGI, 1998), 39,033 en 2000 (INEGI, 2005) y 40,975 en 2005 (INEGI, 2005). En Jitotol se registraron 11,403 habitantes en 1995 (INEGI, 1998), 13,076 en 2000 (INEGI, 2005) y 15,005 en 2005 (INEGI, 2005). Aquí se observa que el incremento demográfico no fue suficientemente significativo para reflejarse en el cambio de uso, especialmente en el incremento del área de poblaciones, como lo afirman Narain y Koroluk (1999), Rao y Pant (2001), Aspinall y Justice (2003).

En Jitotol se observó una conversión de suelo agropecuario a cobertura forestal. Esto se contrapone a lo que se revisó reportado para el estado (Castillo *et al*, 1998; Ochoa-Gaona y González Espinosa, 2000; Cayuela *et al*, 2006, y Flamenco-Sandoval *et al* , 2007) que reportan deforestación en distintas tasas, como 1.39% (Castillo *et al* , 1998) o una pérdida de cobertura forestal del 50% entre 1975 y el 2000 (Cayuela *et al*, 2006).

En cualquier estudio de cambio de uso de suelo debe integrarse la información social a niveles de familias (Walker *et al*, 2002). En este caso, el fenómeno de recuperación que se reporta es respaldado por las encuestas que se levantaron en la zona, como parte del proyecto global de investigación, pero que no son un componente de este trabajo. En estas se observó que el 31.2% de los consultados dijeron haber incrementado la superficie dedicada al cultivo de café. También coincide con el surgimiento, en 1996 de UREAFA, que es una sociedad de solidaridad social (SSS) (Jiménez Ferrer *et al*, 1998) que está compuesta por indígenas habitantes de la región. Su principal actividad es la comercialización de café orgánico de sombra. La tendencia de aceptación de la SSS y la conversión de otros tipos de cultivo a café de sombra puede ser un motivo para este cambio, ya que normalmente se relaciona el cambio de uso de suelo con la necesidad de incrementar el ingreso económico (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Velázquez *et al.*, 2003; Li y Gar-On, 2004; Blackman *et al.*, 2005; Verbist *et al.*, 2005; García Campos, 2006; Hemp, 2006; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007) solo que en este caso no causó deforestación.

Aunque las fuentes mencionadas normalmente comparan décadas y este estudio se centra en 9 años, se esperaba que la tendencia hubiera sido proporcional. También se contrapone con lo planteado en la hipótesis. Se observó un mayor impacto atribuible a un suceso a nivel regional, como la formación de UREAFA, que una dinámica global como la caída de los precios (Gráfica 1) o nacional como la inestabilidad de los organismos de apoyo gubernamental (Giovannucci y Juárez, 2006, SAGARPA – FAO, 2007, Juárez, 2007).

Existe un fenómeno parecido al que se observa en Jitotol, reportado por Medley *et al* (1995) para una comunidad en Ohio, Estados Unidos. Ellos, en su estudio, concluyen que los factores más importantes para el tamaño de la superficie dedicada a la agricultura (ellos analizaron granjas) son el equipamiento tecnológico con que cuentan y sus tradiciones familiares. A escala paisajística, observaron que tienen mayor influencia los factores mencionados en conjunto con variaciones a mediana escala en las condiciones físicas de la cuenca hidrográfica que los factores socioeconómicos a nivel regional o las políticas gubernamentales.

LA figura 27 ilustra la comparación entre la superficie clasificada como cobertura arbórea en las distintas fechas, el precio del café, y 2 agentes de influencia, que son la aparición de UREAFA y el cambio del Consejo Mexicano del Café (CMC) al Comité Sistema Producto Café (CSPC). Se esperó que en fechas donde el precio del café fuera alto, la superficie

destinada a su cultivo (en este caso, cobertura arbórea) fuera mayor que las ocasiones en que el precio tuviera valores menores. Se observa que, entre 1999 y 2005, que la superficie de cobertura arbórea prácticamente se duplica, el precio del café llegó a decaer hasta valer la mitad e incrementarse hasta cerca del doble del precio en 1999. Entre 2005 y 2008, en que el precio cayó más del 40%, la superficie se incrementó en menos del 3%.

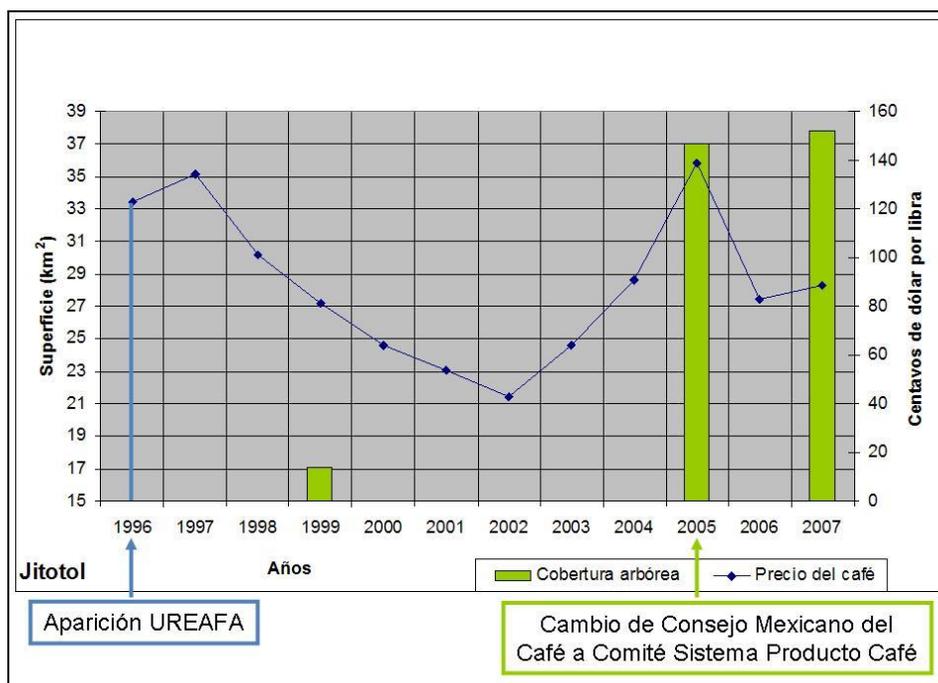


Figura 27: Comparación entre factores de presión y dinámica de la categoría cobertura arbórea en Jitotol. UREAFA.- Unión Regional de Ejidatarios Agropecuarios y Forestales

En el caso de Cacahoatán, la situación que más resalta se presenta con el incremento de Suelo Desnudo entre 2005 y 2008. La región fue azotada por el huracán Stan el 4 de octubre de 2005, 8 meses después del registro de la imagen que se analizó para ese año. Este meteoro se recuerda por haber causado grandes daños. Esto se puede verificar con el incremento en las avenidas de los ríos, que por su arrastre de materiales, se observó en la imagen de 2008 como un incremento en el suelo desnudo. De esta categoría en 2008, durante el 2005, el 24.22% de la superficie era agropecuaria, y el 59.72% tenía superficie forestal. En la dinámica observada entre 2005 y 2008 para la región, se observa que hubo un incremento poco representativo de superficie con esta cobertura. Pero, como se comenta en el apartado de resultados, lo que sucedió es que la conversión de otras categorías a suelo desnudo fue superior a la conversión que se había dado de suelo desnudo a cobertura arbórea. Es por esto que, si se observa simplemente la gráfica 10, el incremento directo en la superficie de suelo desnudo es muy pequeño, pero al analizar

detenidamente la tabla 25 se observa que fueron más de 10 km² los que tuvieron la conversión de otras categorías (mayoritariamente agropecuario y cobertura arbórea) a suelo desnudo. Éste se puede observar a simple vista en la parte oeste de la clasificación de 2008 (Figura 26) con una superficie del cauce del río Coatán muy grande, o a detalle en la siguiente comparación (Figura 28).

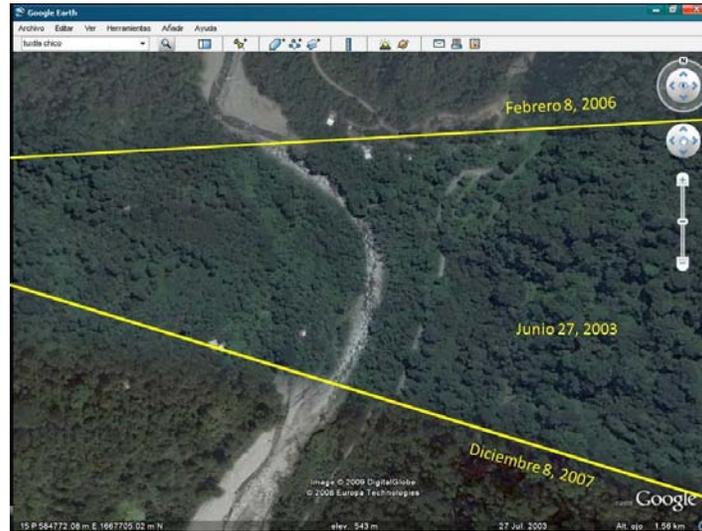


Figura 28: Vista del río Coatán antes (2003) y después (2006 y 2007) del paso del huracán Stan.
(Tomada de Google Earth)

Cacahoatán está integrada con la región de Tapachula, que se reconoce por ser una zona de comercio de café, aparte de ser uno de los 3 puntos reconocidos como entrada de este cultivo al país (Giovannucci y Juárez, 2006). Esto se puede observar en el hecho de que la cobertura forestal se mantiene en altos porcentajes de la superficie general, con una dinámica constantemente estacionaria. Se contrasta con la dinámica de esta cobertura en Jitotol, que es una región alejada de importantes centros de distribución, donde se lleva a cabo el comercio de café. Ahí se ha observado una dinámica para la cobertura forestal cambiante en incremento. Esta relación con los centros de consumo ha sido observada por Chomitz y Gray (1996), Bocco y Mendoza (1999), Lambin *et al* (2001), Seto *et al* (2002), Walker *et al*, (2002), Matthews *et al* (2004), Aspinnall y Justice (2005), Blackman *et al* (2005) entre otros.

Durante el periodo revisado, la superficie del café no ha registrado un cambio superior al 5% (Figura 29). El precio ha registrado incrementos y decrementos de hasta 300%. Se esperó un incremento de la superficie de cobertura arbórea coincidente con las épocas de

precios mayores y un decremento conforme cayera el precio. Sin embargo, esto no se observó.

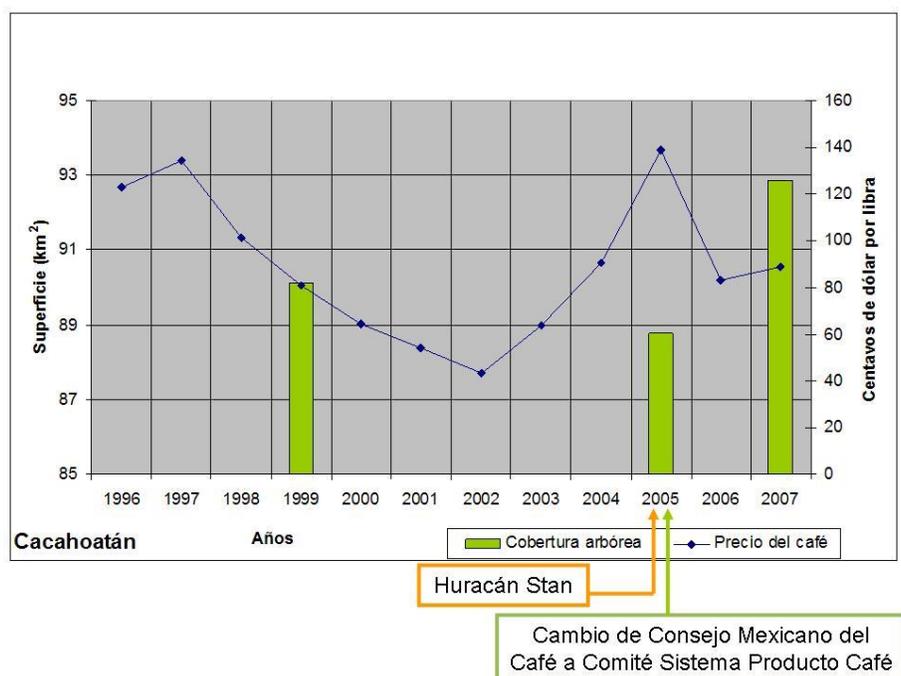


Figura 29: Comparación entre factores de presión y dinámica de la categoría cobertura arbórea en Cacahoatán.

Durante 2005 se dieron sucesos, como el cambio en el organismo oficial de atención a los cafeticultores (el cambio del Consejo Mexicano del Café al Comité Sistema Producto Café) o el paso del huracán Stan. Meteoros o cambios en los organismos de política enfocados al sector son motivos de cambio de cobertura (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Velázquez *et al.*, 2003; Li y Gar-On, 2004; Blackman *et al.*, 2005; Verbist *et al.*, 2005; García Campos, 2006; Hemp, 2006; Reyes Hernández *et al.*, 2006; Upadhayay *et al.*, 2006; Flamenco-Sandoval *et al.*, 2007), que en este caso se observó en variaciones inferiores al 5%.

Conclusiones

1. Para la época que comprende el estudio, se observó una dinámica de cambio en incremento de la cobertura forestal en 220% para el municipio de Jitotol y de incremento del suelo desnudo en 330% para Cacahoatán.
2. Se encontró una coincidencia entre la formación de una Sociedad de Solidaridad Social que se dedica al comercio de café de sombra con el incremento de cobertura forestal en Jitotol.
3. Se encontró una coincidencia entre la ocurrencia de un meteoro (el huracán Stan) y el incremento de suelo desnudo en Cacahoatán, así como la disminución de área agropecuaria y cobertura forestal.
4. No se apreciaron coincidencias entre las variaciones del precio del café o los cambios en los organismos responsables de los apoyos gubernamentales con la dinámica de la cobertura forestal en ninguno de los dos municipios.

Apéndice

Percepción Remota

La percepción remota se refiere a la obtención de información sobre la superficie terrestre sin tener un contacto físico directo con ella. Funciona al procesar e interpretar la energía que es reflejada o emitida. Posteriormente se analiza para aplicar los resultados obtenidos (CCRS, 2007). Es un término ideado a principios de la década de los 60s que inicialmente se refería a la fotografía aérea, el principal sensor de aquel momento (Chuvienco, 1990). Actualmente se usan de manera mayoritaria imágenes digitales. Hoy en día es una fuente de información geográfica que responde a la necesidad de aportar diferentes aproximaciones al análisis de la superficie terrestre (Davis y Simonett, 1990).

En general es un proceso que se puede sintetizar en 7 pasos (Figura 30):

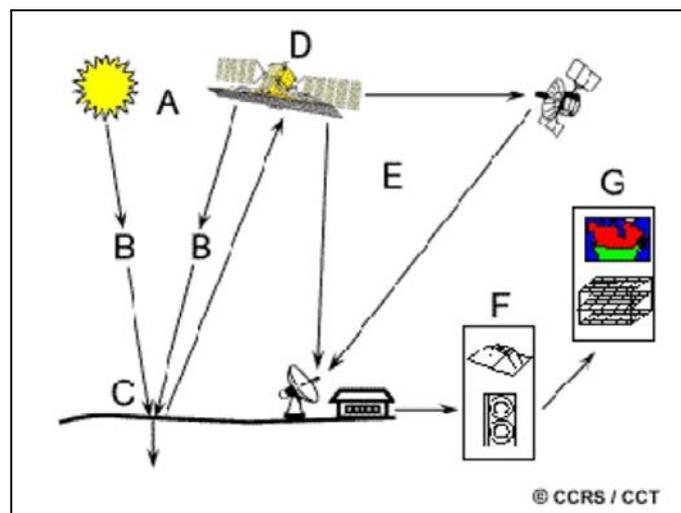


Figura 30: Esquematación del proceso de la percepción remota (CCRS, 2007).

- Emisión de energía.
- Interacción de la energía con la atmósfera. Sucede en 2 momentos, entre el emisor y el objetivo y entre el objetivo y el sensor.
- Interacción de la energía con el objetivo. Su resultado dependerá de las características de ambos.
- Adquisición de la información. El resultado del inciso anterior se registra en el sensor y se almacena.

- e) Transmisión, recepción y procesamiento. Lo captado por el sensor se transmite a una estación que procesará los datos y los expresará en forma de imagen.
- f) Interpretación y análisis. Los datos se interpretan para obtener información sobre el objetivo que recibió la energía.
- g) Aplicación. El objetivo se describe total o parcialmente (CCRS, 2007).

Chuvienco (1990) lo compara con la visión humana. El ojo recibe un haz de luz (d) procedente de los objetos (c), al reflejar la energía de alguna fuente luminosa (a). Esa señal se transmite al cerebro (e) que puede formar imágenes sobre lo que sucede en el entorno (f) para el individuo (g).

La energía que participa en este proceso está en forma de radiación electromagnética. Ésta consiste en la combinación de dos campos perpendiculares que viajan en la dirección en que se desplaza la energía. Uno es eléctrico, con una magnitud que varía verticalmente, y el segundo es magnético, que está orientado de manera horizontal. Al estar ambos constituidos por ondas, se medirán en términos de frecuencia y longitud. Esta propagación genera un espectro electromagnético, que va de las longitudes de onda bajas, como las de los rayos x o gamma, hasta las más largas, como las microondas o las ondas de radio (CCRS, 2007).

Los rayos ultravioleta son la porción del espectro útil para la percepción remota con menor longitud de onda. Posteriormente, también se aprovecha la parte que es visible al ojo humano. En comparación, es una región muy pequeña, tanto en el espectro electromagnético completo como en el intervalo que se aprovecha para este fin. Luego se encuentra el infrarrojo. Éste se puede dividir en dos categorías. La primera es la reflejada y la segunda es la térmica, que es la expresión, mediante calor, de la energía emitida por la superficie de la Tierra. Por último, el sector con longitudes de onda mayores que se aprovechan es el de las microondas (CCRS, 2007).

El espectro puede ser captado por 2 tipos de sensores. Los pasivos aprovechan la energía emitida por una fuente ajena (comúnmente el sol), mientras que los activos son también su emisor de energía (Chuvienco, 1990). Normalmente las imágenes que generan los sensores se componen de unidades de imagen o píxeles, con un valor único de brillo o energía reflejada. Este valor se conoce como número digital. Son valores que pueden ser procesados con computadoras, con los beneficios que esto conlleva, como es el análisis de grandes superficies en tiempos relativamente cortos. Otra forma de expresar la información son las fotografías. Éstas son la imagen perceptible visualmente y se obtienen mediante métodos químicos. Ofrecen un mejor detalle. Su mejor procesamiento es visual, ya que sus números digitales se encuentran en el espectro visible al ojo humano (CCRS, 2007).

Los sensores recogen la información en intervalos de longitud de onda concretos. Normalmente se conocen como canales o bandas. En una apreciación visual, se puede expresar esta información en valores de los 3 colores visibles, dependiendo del brillo relativo de cada píxel. Los sensores deben estar montados en distintos tipos de plataformas, que los sostendrán a cierta distancia del objetivo que se encuentra bajo análisis. Éstas pueden estar sobre el terreno, en aviones, globos, transbordadores espaciales o satélites fuera de la atmósfera terrestre. De esta variedad de posibilidades, los satélites son quienes proveen de una gran cantidad de imágenes usadas actualmente. Éstos poseen varias características únicas que los vuelven muy útiles para la percepción remota de la superficie terrestre (CCRS, 2007).

Los sensores tienen distintos tipos de resolución, que es su habilidad para registrar el detalle de la información de las distintas cubiertas (SEMAR, 2008).

- a) Resolución espacial.- Es la dimensión de la mínima unidad de información en la imagen. Se relaciona con la escala de trabajo y está directamente relacionada con la fiabilidad de la información.
- b) Resolución espectral.- Es la cantidad y ancho de bandas que distingue el sensor. Los hay monoespectrales, como los radares que solo registran una banda, multiespectrales, que registran 2 o más bandas, y los hiperespectrales, que registran simultáneamente centenares de bandas.
- c) Resolución radiométrica.- Es la capacidad del sensor para detectar variaciones en la radiancia. Se expresa en niveles por píxel. Está directamente relacionada con la interpretación de la imagen. En este caso, un píxel mixto representa una señal intermedia entre las coberturas que se encuentran en su espacio.
- d) Resolución temporal.- Es el intervalo de tiempo con que se obtiene la información por parte del sensor. Depende de sus características orbitales y su diseño. Se denomina “ciclo de recubrimiento” al tiempo que tarda el sensor en pasar sobre la misma posición sobre la Tierra (SEMAR, 2008).

Una búsqueda en Internet, realizada en noviembre de 2008 arrojó más de 60 satélites de observación de la tierra. Los principales son: IKONOS, de GeoEye, con una resolución de hasta 0.8 m, disponible en www.geoeye.com; La misma empresa dispone de los sensores OrbView 2, con resolución de 1.13 km y GeoEye 1, con resolución de 0.41 metros. Digital Globe (www.digitalglobe.com) dispone del sensor QuickBird con una resolución de 60 cm y el sensor WorldView – 1, con resolución de 50 cm. El programa LANDSAT, actualmente manejado por la NASA, y disponible en <http://landsat.org/> maneja imágenes de hasta 15 metros de resolución (Landsat 7).

El gobierno mexicano, a través de SEMAR y SAGARPA dispone de la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS), que es una terminal para recibir, almacenar y disponer de imágenes del satélite SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre –satélite para la observación de la Tierra) de el CNES (Centre nacional d'études spatiales –Centro Nacional de Estudios Espaciales) que es la agencia espacial Francesa. Son imágenes con resolución de hasta 10 metros y 4 bandas, disponibles para las instituciones del gobierno federal (SEMAR B, 2008).

Hay parámetros de la superficie que se pueden medir de manera remota, con distintas aplicaciones. Algunos son:

Tabla 26: Parámetros y aplicaciones medibles con percepción remota.

Parámetro	Aplicación
Suelo	
Tipos	Geoquímica, agricultura, silvicultura
Humedad	Hidrología, geoquímica
Erosión	Agricultura, geoquímica
Carbón, Nitrógeno	Geoquímica
Permafrost	Bioclimatología
- Temperatura Superficial	
Terreno	Bioclimatología
Cuerpos de agua internos	Contaminación, climatología
Océanos	Climatología
Hielos	Climatología
- Vegetación	
Tipos	Análisis de recursos, geoquímica, bioclimatología
Composición	Análisis de recursos
Condición	Geoquímica, bioclimatología
- Uso de suelo	Planeación demográfica, Análisis de recursos.
- Nieve	Hidrología
- Radiación	Climatología, hidrología
- Precipitación	Climatología, hidrología
- Fitoplancton	Pesquerías, biogeoquímica
- Turbidez	Contaminación, erosión, geoquímica
- Elevación Superficial	
Terreno	Geomorfología, hidrología, ecología
Océanos	Oceanografía
- Mineralogía de rocas	Geología, edafología

Fuente: Davis y Simonett, 1990

Referencias

- Aspinall, R. y Ch. Justice. 2005. "A land use and land cover change science strategy". Resumen de un taller realizado en el Smithsonian Institution del 19 al 21 de noviembre de 2003, bajo la organización del US Climate Change Science Program (CCSP) Land Use Interagency Working Group (LUIWG). 20 pp.
- AMECAFE (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C.) "Nuestro Café". Portal de difusión de las actividades de AMECAFE. Consultado durante diciembre de 2008 en Internet en: <http://www.nuestrocafe.com.mx/>
- Balduzzi, A. y R. Tomaseli. 1978-1979. "Carta fisionomico-strutturale della vegetazione del Messico". Atti Istituto Botanico Laboratorio Crittogamico della Università Pavia, s.6, XIII:3-43. Escala 1: 4 000 000. *
- Blackman, A.; H. Albers; B. Ávalos – Sartorio; L. Cooks. 2005. "Deforestation and Shade coffee in Oaxaca, México". Key Research Findings. Resources for the Future.
- Bocco, G. y M. Mendoza. 1999. "Evaluación de los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo en Michoacán (1975 – 1995). Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio". Informe Técnico. Proyecto No. 9606042. programa SIMORELOS – CONACYT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales. Instituto de Ecología, UNAM, Campus Morelia. 58 p.
- Castillo, S.; M.A. García-Gil; G. March; I.J. Fernández; J.C. Valencia, E. Osorio; M. y A. Flamenco. 1998. "Diagnóstico geográfico y cambios de uso del suelo en la Selva El Ocote, Chiapas. Informe Final". El Colegio de la Frontera Sur – Fondo Mundial para la Naturaleza WWF – México, Biodiversity Support Program, U.S. AID. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 121 p. anexo cartográfico.
- Cayuela, L.; J.M. Rey Benayas; C. Echeverría. 2006. "Clearance and fragmentation of tropical montane forests in the Highlands of Chiapas, Mexico (1975 . 2000)". *Forest Ecology and Management*. 226. pp. 208 - 218
- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental). 1999. "Medición del interés de los consumidores en el café de sombra mexicano. Evaluación de los mercados de

Canadá, México y Estados Unidos”. Departamento de Comunicación y Difusión Pública el Secretariado. Comisión para la Cooperación Ambiental. 46 p.

CCMSS (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C.). 2008. “Deforestación en México y las políticas de desarrollo”. Red de Monitoreo de Políticas Públicas – CCMSS. Nota Informativa Número 19. Abril 2008. 6 p.

CCRS (Canada Centre for Remote Sensing). 2007. “Fundamentals of Remote Sensing”. Canada Centre for Remote Sensing. Tutorial. Consultado durante enero 2008 en Internet en: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php .

Cervantes-Zamora Y.; S. L. Cornejo-Olguín; R. Lucero-Márquez; J. M. Espinosa-Rodríguez; E. Miranda-Viquez y A. Pineda Velásque. 1990. “Clasificación de Regiones Naturales de México”, IV. 10. 2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 4’ 000, 000. *

Chomitz, K. y D. Gray. 1996. “Roads, Land Use, and Deforestation: A spatial model applied to Belize”. The World Bank Economic Review. Vol. 10 No. 3: 487 - 512

Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, España. 433 p.

CMC (Consejo Mexicano del Café). 2002. “¡Prueba nuestra calidez!”. Consejo Mexicano del Café. Tríptico.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. “Cuencas Hidrológicas”. Escala 1:250 000. México.*

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. “Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO”. Escala 1: 1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1997. “Provincias biogeográficas de México”. Escala 1:4 000 000. México. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. “Subcuencas hidrológicas”. Extraído de Boletín hidrológico. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más

común 1:1 000 000. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología. México. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2004. "Población indígena ocupada según sector de ocupación por municipio, 2002". Datos extraídos de Serrano C., E., Embriz O., A. y Fernández H., P. (coord.). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 2002". INI, PNUD y CONAPO. Primera edición. México, D.F. Escala 1:250 000. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2004. "Población total e indígena y sus características a nivel municipal, 2002". En Serrano C., E., Embriz O., A. y Fernández H., P. (coord.). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 2002". INI, PNUD y CONAPO. Primera edición. México, D.F. Escala 1:250 000. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2004. "Población indígena de 12 años y más, según condición de actividad económica a nivel municipal, 2002". En Serrano C., E., Embriz O., A. y Fernández H., P. (coord.). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 2002". INI, PNUD y CONAPO. Primera edición. México, D.F. Escala 1:250 000. *

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2004. "Lenguas indígenas a nivel municipal, 2002". En Serrano C., E., Embriz O., A. y Fernández H., P. (coord.). "Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 2002". INI, PNUD y CONAPO. Primera edición. México, D.F. Escala 1:250 000. *

CRI (Coffee Research Institute). 2006. "Arabica and Robusta Coffee Plant" Consultado durante diciembre 2008 en Internet en: <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/coffeeplant.htm> .

Davis, F.W. y D. S. Simonett. 1990. "GIS and Remote Sensing". En Longley, P.; M. Goodchild; D. Maguire; D. Rhind. 1990. "Geographic Information Systems". John Wiley & Sons. Primera Edición. 447 p.

Dolman, A.J. y A. Verhagen. 2003. "Land Use and Global Environmental Change" en Dolman, A.J.; Verhagen, A.; Rovers, C.A. "Global Environmental Change and Land Use". Kluwer Academic Publishers. Holanda. 210 p.

- ERDAS. 2001. "ERDAS Tour Guide Capítulo 17 – Clasificación Avanzada". ERDAS, Inc. 42 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. "Primera Revisión del Programa Estratégico Forestal 2025 del Programa Nacional Forestal 2001 – 2006. Informe Final". Preparado por la FAO para la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). México. 31 p.
- Flamenco-Sandoval, A.; M. Martínez Ramos, O. Masera. 2007. "Assessing implications of land – use and land – cover change dynamics for conservation of a highly diverse tropical rain forest". *Biological Conservation*. 138. pp. 131 – 145.
- FNCC (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). 2008. "El Café ¿Qué es?". Consultado durante diciembre de 2008 en Internet en: <http://www.cafedecolombia.com/caficultura/quees.html>
- García Campos, R.R. 2006. "Análisis de la cobertura y cambio de uso del terreno en la región costera norte del Estado de Nayarit utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica." Tesis. Licenciado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. 74 p.
- García, E. – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. "Climas" (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México. *
- García, E. – CONABIO. 1998. "Precipitación total anual". Escala 1: 1 000 000. México. *
- Giovannucci, D. y Ricardo Juárez Cruz. 2006. Análisis Prospectivo de Política Cafetalera. FAO: México. 74 p.
- Grossman, J. 2003. "Exploring farmer knowledge of soil processes in organic coffee systems of Chiapas, Mexico" *Geoderma*. 111. 267 – 287.
- Hemp, A. 2006. "The Impact of Fire on Diversity, Structure, and Composition of the Vegetation on Mt. Kilimanjaro". En Spehn, E; M. Liberman; Ch. Körner. 2006. "Land Use Change and Mountain Biodiversity". Taylo & Francis Group. Boca Ratón, Florida, U.S.A. 51 – 68.

Howard, J. 1991. "Remote Sensing of Forest Resources". Chapman & Hall. 420 p.

ICO. (International Coffee Organization). "About Coffee". Consultado durante junio de 2008 en Internet en http://www.ico.org/coffee_story.asp
B Estadísticas de precios. Consultado en septiembre, 2008

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2003. "Estado de Chiapas." Enciclopedia De los Municipios de México. Gobierno del Estado de Chiapas. Consultada durante enero 2008 en Internet en:
<http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC> Enciclopedia

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1994. Carta topográfica digital escala 1: 50 000 clave D15B53.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1994. Carta topográfica digital escala 1: 50 000 clave E15D41.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1998. "Anuario Estadístico del Estado de Chiapas". INEGI. 488 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Carta topográfica digital escala 1: 50 000 clave D15B43.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Ortofoto digital escala 1: 40 000 clave D15B43e.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Ortofoto digital escala 1: 40 000 clave D15B53b.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Ortofoto digital escala 1: 40 000 clave E15D41e.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Ortofoto digital escala 1: 40 000 clave E15D41f.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. "Anuario Estadístico del Estado de Chiapas". Tomo I. INEGI. 400 pp.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2002. "División Municipal de México, 2000". Obtenido de Marco Geoestadístico Municipal, 2000. Escala 1:250 000. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005.- "Censo Nacional de Población y Vivienda". INEGI. Consultado durante enero, 2009 en <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. "Resultados Preliminares del IX Censo Ejidal". Comunicado Núm. 069/08. Comunicación Social, INEGI. 5 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) – Instituto Nacional de Ecología (INE). 1996. "Uso de suelo y vegetación". Agrupado por CONABIO, (1998). Escala 1:1 000 000. México. *
- INIFAP (Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias) – CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. "Edafología". Escalas 1:250 000 y 1:1 000 000. México. *
- Jiménez Ferrer, G.; M.L. Soto-Pinto; Montoya-Guillermo; Ben de Jong. 1998. "Desarrollo agroforestal y captura de carbono en Chiapas, México: Una experiencia de gestión comunitaria". The World Bank/ WBI's CBNRM Initiative. Consultado durante diciembre 2008 en Internet en: <http://srdis.ciesin.org/cases/mexico-011.html>
- Juárez, R. 2007. "Arreglo Institucional de la Cadena de Café en México". En SAGARPA – FAO (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. "Proyecto Evaluación Alianza para el Campo 2006". SAGARPA – FAO. México. 127 p.
- Lambin, E.; B. Turner; H. Geist; S. Agbola; A. Angelsen; J. Bruce; O. Coomes; R. Dirzo; G. Fischer; C. Folke; P. George; K. Homewood; J. Imbernon; R. Leemans; X. Li; E. Moran; M. Mortimore; P. Ramakrishnan; J. Richards; H. Skanes; W. Steffen; G. Stone; U. Svedin; T. Veldkamp; C. Vogel; J. Xu. 2001. "The causes of land use and land-cover change: moving beyond the myths". Global Environmental Change 11. pp. 261 - 269

- Li, X. y A. Gar-on Yeh. 2004. "Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS". *Landscape and Urban Planning* 69. 335 – 354.
- Maderey-R, L. y C. Torres-Ruata. 1990. "Cuencas hidrológicas" en *Hidrogeografía e hidrometría*. IV.6.1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México. *
- Mannion, A. 2002. "Dynamic World. Land-cover and Land-use change". Arnold. London. 230 p.
- Marín-C, S y C. Torres- Ruata. 1990. "Hidrogeología". IV. 6. 3. Atlas Nacional de México. Vol. II Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM, México. *
- Matthews, H.; A. Weaver; K. Meissner; N. Gillett; M. Eby. 2004. "Natural and anthropogenic climate change: incorporating historical land cover change, vegetation dynamics and the global carbon cycle". *Climate Dynamics* 22. Pp. 461 – 479
- Medley, K.; B. Okey, G. Barrett; M. Lucas; W. Renwick. 1995. "Landscape change with agricultural intensification in a rural watershed, southwestern Ohio, U.S.A." *Landscape Ecology* vol. 10 no. 3. pp. 161 – 176
- Miranda, F. 1952. "La Vegetación de Chiapas". Ed. Del gobierno del estado. Departamento de prensa y turismo. Sec. Autografica. 324 p.
- Monroig, Miguel. 2008. "Ecos del Café". Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Consultado durante noviembre de 2008 en Internet en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/index.htm> .
- Narain, P. y R. Koroluk. 1999. "Land use classification for agri-environmental statistics/indicators". Statistical Commission and Economic Commission for Europe. Commission of the European Communities. Conference of European Statisticians. Joint ECE/Eurostat Work Session on Methodological Issues of Environment Statistics. Ma'ale Hachamisha, Israel. Octubre 11 al 14, 1999. 12 pp.
- Nestel, D. 1995. "Analysis Coffe in Mexico: International market, agricultural landscape and ecology". *Ecological Economics* 15, 165 – 178.

- Ochoa-Gaona, S. y M. González-Espinosa. 2000. "Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico". *Applied Geography*. 20. pp. 17-42
- Perfecto, I., R. Rice; R. Greenberg, M. van der Voort. 1996. "Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity". *BioScience*, Vol. 46, No. 8. September, 1996. pp. 598 - 608
- Rao, K. y R. Pant. 2001. "Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 86. P. 113 - 123.
- Reyes Hernández, H.; M. Aguilar Robledo; J. R. Aguirre Rivera; I. Trejo Vázquez. 2006. "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal - Coy, San Luis Potosí, México". *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Número 59. 27 - 43.
- Rzedowski, J. 1990. "Vegetación Potencial". IV.8.2. *Atlas Nacional de México*. Vol II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México. *
- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. "Divisiones florísticas" en *Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas*. IV.8.3. *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Escala 1:8 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México. *
- SEMAR (Secretaría de Marina). 2008. "Percepción Remota". Consultado durante octubre, 2008 en Internet en: <http://www.semar.gob.mx/ermexs/Temas%20percepcion.html> .
- B. "ERMEXS". Consultado durante octubre, 2008 en: <http://www.semar.gob.mx/ermexs/>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. "Superficie Forestal por Ecosistema y Tipo de Vegetación". Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. Consultado durante diciembre, 2008 en Internet en: http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3 FORESTAL/D3 FORESTAL01/D3 RFORESTA01 01.htm
- Seto, K.; C. Woodcock; C. Song; X. Huang; J. Lu; R. Kaufmann. 2002. "Monitoring land - use change in the Pearl River Delta using Landsat TM". *Int. J. Remote Sensing*. Vol. 23, No. 10. Pp. 1985 - 2004

Soto-Pinto, L.; I. Perfecto; J. Castillo-Hernández; J. Caballero-Nieto. 2000. "Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 80. 61 – 49.

Walker, R.; S. Perz; Caldas, M.; L. Teixeira. 2002. "Land use and land cover change in forest frontiers: The role of household life cycles". *International Regional Science Review*. 25, 2: 169 – 199

Velázquez, A.; E. Durán; I. Ramírez; J. Mas; G. Bocco; G. Ramírez; J. Palacio. 2003. "Land use – cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, Mexico". *Global Environmental Change*. No. 13. 175 – 184.

Vidal-Zepeda, R. 1990. "Precipitación media anual" en *Precipitación*, IV.4.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1 :4 00 000. Instituto de Geografía, UNAM. México *

* Cartografía digital obtenida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad en Internet (<http://www.conabio.org.mx>) durante mayo 2008.