

**PROCEDIMIENTO DE EXTRACCION,  
EDICION Y VALIDACION DE DATOS  
AUXILIARES EN LA COBERTURA  
TERRESTRE EN CHIAPAS.**

---

**Por:**

**Fernando Paz Pellat  
Carlos Omar Cruz Gaistardo  
Daniel Eugenio Chapa Bezanilla  
Jesús Argumedo Espinoza  
Jorge Rosales Rodríguez  
Víctor Manuel Romero Benítez**

*Montecillo, Texcoco, Agosto de 2010*

## **Introducción**

La cobertura terrestre en Chiapas es un impresionante mosaico de cambios en el tiempo y el espacio asociados con factores tanto naturales (incendios, mareas, escurrimientos superficiales) como antropogénicos (deforestación y sobrepastoreo por ejemplo).

Registrar estos cambios es indispensable para tomar decisiones que aumenten la capacidad natural del suelo, la regeneración de los bosques y en general disminuir la degradación de la cobertura terrestre.

Los procedimientos descritos en este documento tienen como meta el obtener un sistema de información sobre el estado detallado en la cobertura del suelo para el estado de Chiapas, priorizando las zonas de bosque conforme a la definición actual de REDD.

Bajo esta definición un bosque es cualquier tipo de vegetación arbórea o arbustivo, mayor de 2 metros de altura, suficientemente cerrado (más de 10% de cobertura). Por otro lado, degradación indica la pérdida de carbono en cualquier tipo de biomasa (aérea, superficial o subterránea) asociada a un cambio histórico del bosque (cerrado a abierto, arbórea a arbustivo, conservado a degradado).

En términos de calidad requerida, el monitoreo de los cambios debe orientarse al máximo detalle, evitando concepciones cartográficas que den privilegio a la excesiva generalización de la realidad. Las exigencias de REDD en este sentido son enfáticas: el área mínima es 1 hectárea.

En el análisis de los cambios de coberturas debe conocerse el valor de certidumbre en la información, el cual será más confiable en la medida en que se disponga de mayor información de campo (por ejemplo, con los levantamientos nacionales efectuados por CONAFOR e INEGI) y mucho más cercana a la realidad cuando los nuevos levantamientos logren privilegiar la recopilación de datos cuantitativos, permanentes y con sentido multiescalar.

Si el fenómeno de degradación no es explicado en términos matemáticos es poco útil cualquier esfuerzo individual o colectivo porque la incertidumbre no solo será enorme sino desconocida, y por tanto el grado de equivocación en cualquier toma de decisión no puede ser a su vez cuestionada ni evaluada con objetividad.

## **Procedimiento general**

Se distinguen cuatro etapas: generación de vectores, edición de polígonos, generación y validación de etiquetas y análisis de información sobre cambios. En este documento se explican las primeras tres etapas.

### **Eta 1. Generación de vectores como primer cubierta de información.**

Las escenas SPOT son seleccionadas para su estudio por un equipo de expertos tanto en manejo de sensores remotos como en trabajo de campo a nivel nacional.

Antes de cualquier corrección, tratamiento o digitalización, cada imagen es minuciosamente fotoidentificada y fotointerpretada.

Se evalúa la nitidez de la toma, la dominancia de color, grado de separación en las bandas, contrastes de tonos y texturas, relación entre la complejidad pixelar y la complejidad fisonómica.

Esta última es apoyada ampliamente con el Inventario Fotográfico de la Comisión Nacional Forestal obtenido en sus Inventarios Nacionales Forestal y de Suelos en el periodo 2004-2010.

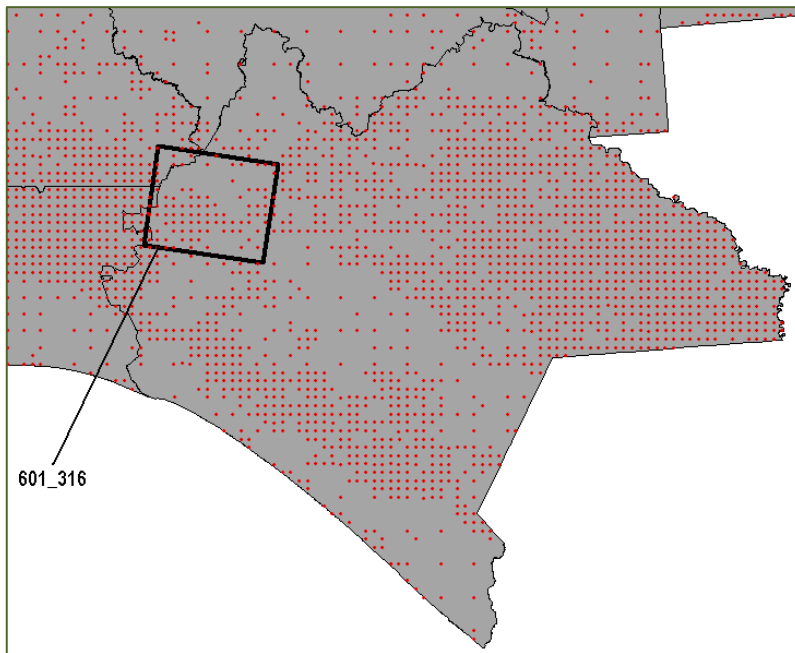


Figura 1. Se representa la ubicación de la imagen 601\_316 donde se encuentra la reserva protegida del Ocote. Los puntos rojos indican la ubicación de los sitios con información de Conafor para Chiapas.

El siguiente paso es fusionar la imagen pancromática con la imagen multiespectral para aumentar la precisión espacial y espectral de los conjuntos Spot. Se detectan las zonas donde por ruido (bruma, nube) o por baja calidad de ortorectificación tiene que ser editada a mano alzada con mayor detenimiento.

Si bien la corrección del histograma es un recurso muy frecuente en el tratamiento de imágenes, es preferible que este paso sea posterior al proceso de fusión. Las áreas de nubes se consideran como sitios sin información excepto si existe otro insumo con fecha similar que brinde la información suficiente para una edición a mano alzada.

Se considera durante el análisis la fecha de toma, debido a que se suelen presentarse diferencias significativas entre los límites de dos frames como consecuencia de periodo estacionales con respuesta espectral diferente o simplemente porque dos frames no son posibles de equalizar por igual. En estas regiones la digitalización a mano alzada es más adecuada.

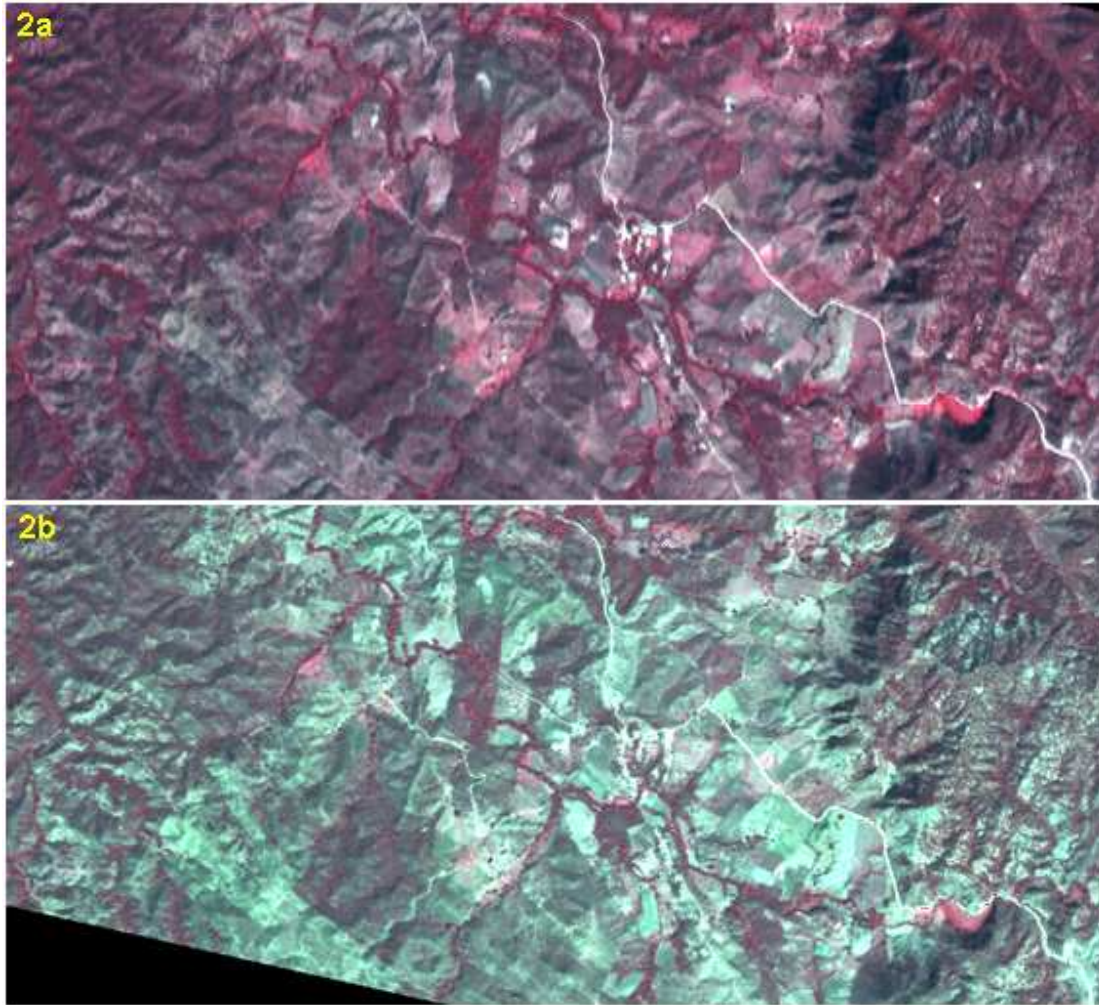


Figura 2. Cintalapa, Chiapas, 15 km al sur de la Reserva del Ocote. Límites entre frames 601\_316 (Fig 2a) y 601\_317 (Fig 2b). Las diferencias son atribuidas a la diferente respuesta espectral conjunta de la vegetación en cada zona (bosque dominante en la primera, vegetación abierta dominante en la segunda), así como a la fecha diferente durante la exposición.

El empleo de sensores multiespectrales como los radiómetros empleados en el COLPOS para el levantamiento de datos sobre reflectancias y que no presentan los efectos de ruido, mejoran potencialmente el detalle de los campos de entrenamiento debido a que las firmas espectrales se vuelven mejor separables.

Para evaluar la separabilidad se emplea la técnica de divergencia transformada, después de haberse comprobado varias técnicas de evaluación.

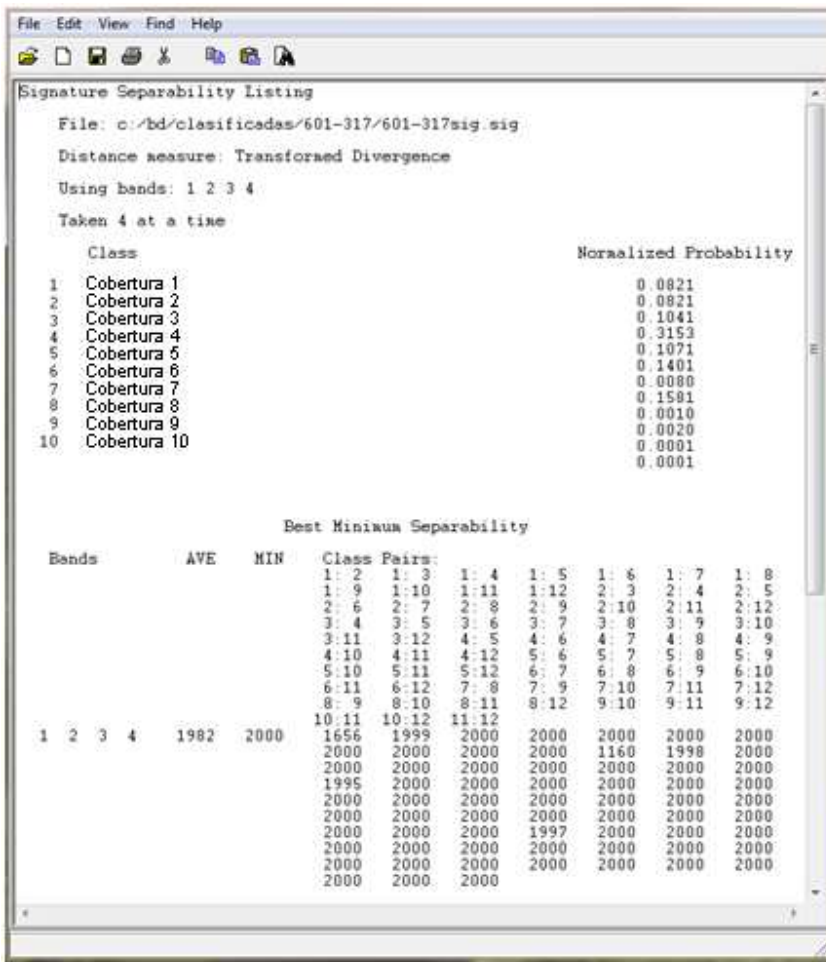


Figura 3. Evaluación de la separabilidad estadística de las clases generadas a partir de las muestras por el método de divergencia transformada. Los valores por debajo de 1900, por ejemplo entre la cobertura 1 y 2 representan los tipos de cobertura terrestre menos separables y también generalmente con la mayor necesidad de edición manual con mayor énfasis en la fotointerpretación directa.

Hasta entonces es posible generar una primera rasterización precursora de la primer vectorización de polígonos y donde el contraste o separabilidad ocurre únicamente en función a las propiedades de respuesta espectral y no necesariamente al contraste real de la fisonomía vegetal. También hasta este momento no hemos resuelto la parte conceptual sobre separación de los diferentes estadios de bosque. Estos serán abordados en etapas de trabajo posteriores. Figura 4.

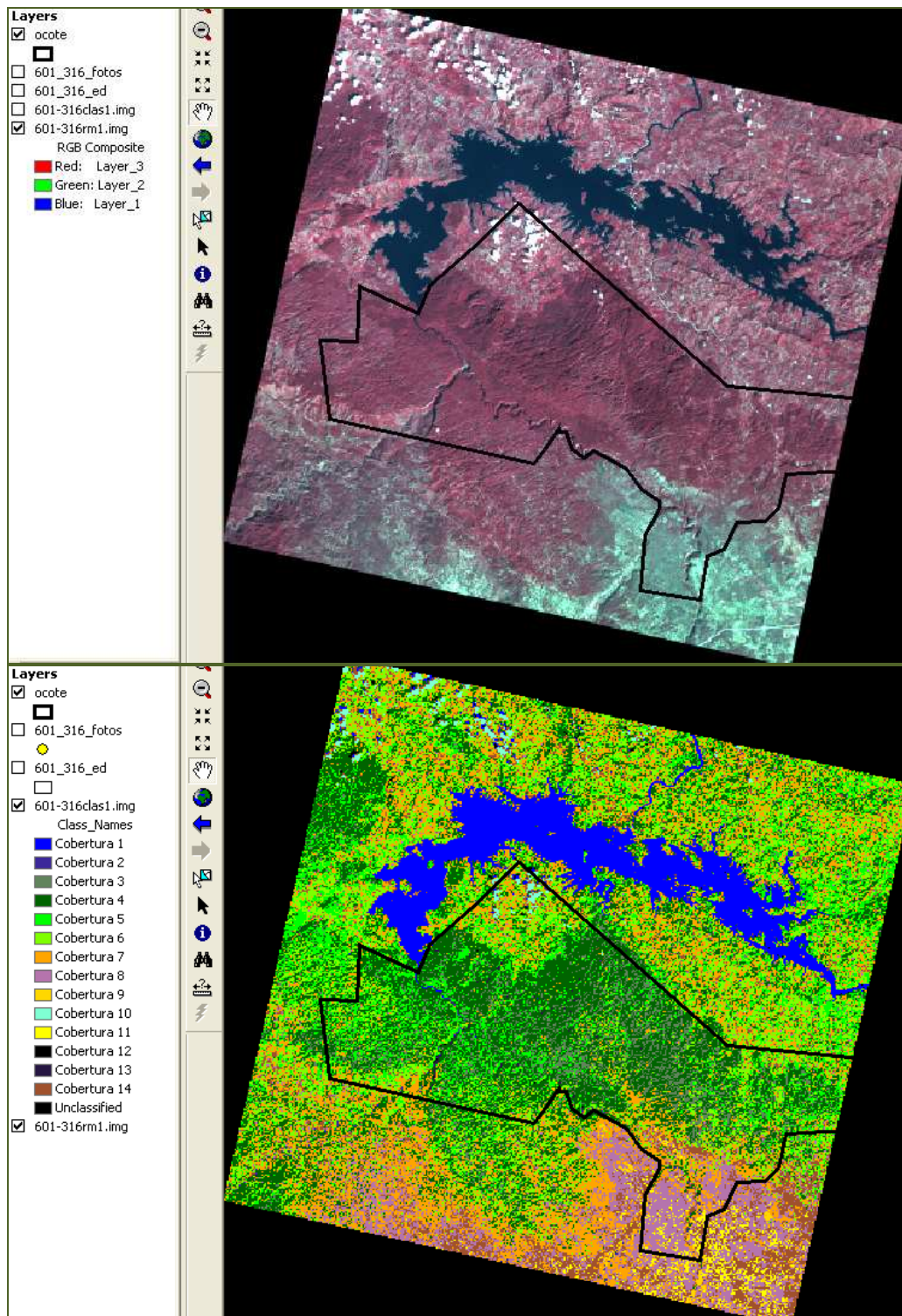


Figura 4. Vista de la primer cobertura generada con los procesos de interpretación, regionalización, y rasterización.

## Etapa 2. Edición de polígonos.

Mediante una escala de observación 1:10,000 es posible detectar los detalles en donde la separabilidad automática no es lo suficientemente consistente, así como las regiones donde no es posible efectuar una separación de polígonos por razones de complejidad en el ecotono o porque el tamaño del polígono es demasiado pequeño para generarse automáticamente.

La siguiente ilustración ilustra en primer plano el resultado de la primer vectorización (5a), en segundo plano (5b) se observa el detalle corregido a mano alzada.

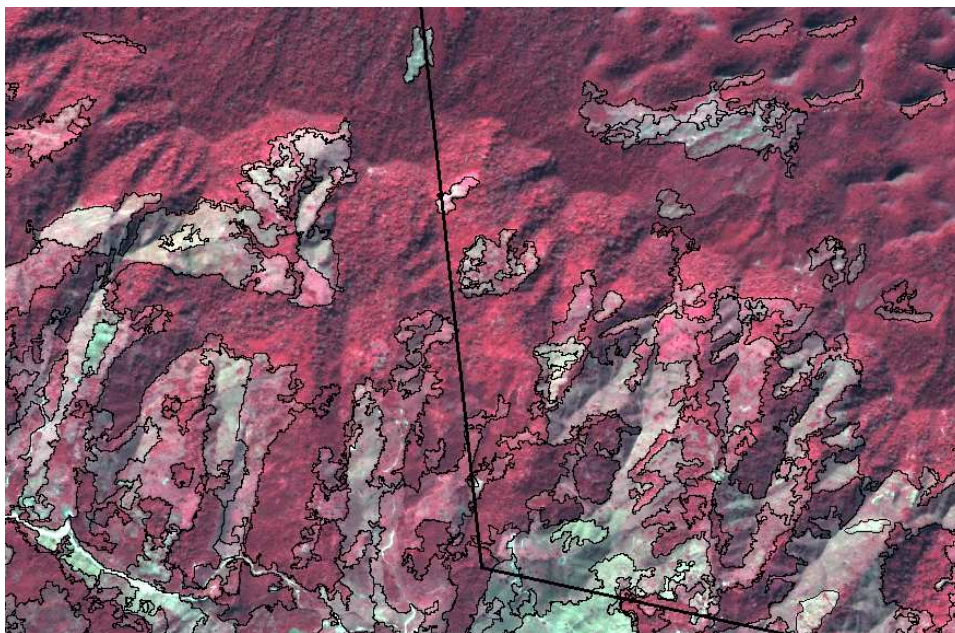
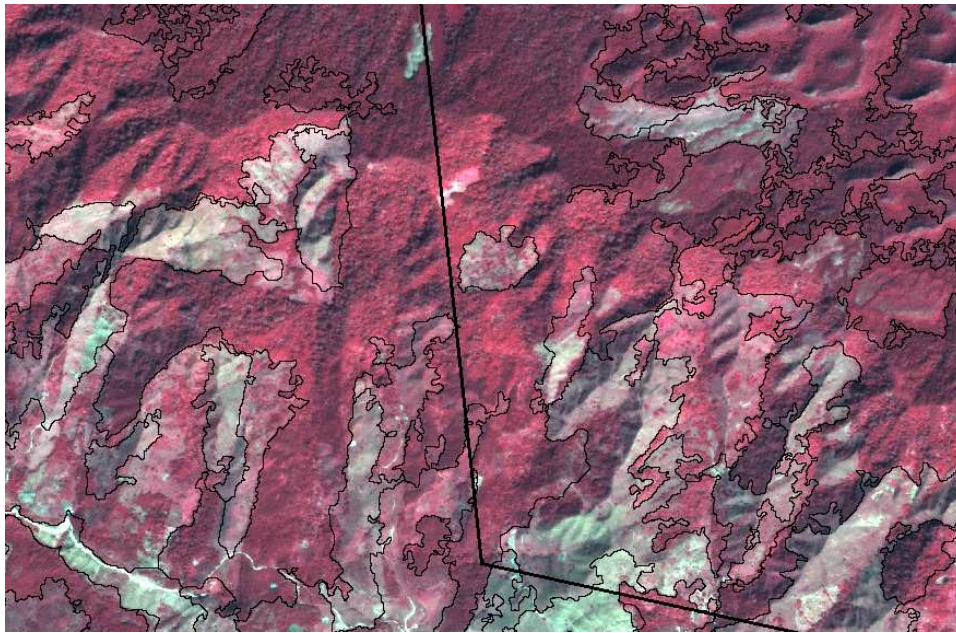


Figura 5. Cubierta original de polígonos (arriba) y cubierta resultante (abajo) después de incrementarse hasta cinco veces el número de polígonos. También se han unido en este proceso los polígonos con separabilidad innecesaria. La línea negra más gruesa indica el límite de la zona de reserva del Ocate.

La edición de polígonos es efectuada bajo un formato de cobertura tipo ArcCoverage, con precisión doble y reiterados procesos de reconstrucción topológica. En promedio el número de polígonos obtenido es de 25,000/frame.

Un proceso posterior consiste en generar el contorno de los polígonos en edición. Si bien es cierto que el píxel de cada imagen es originalmente un cuadrado, la forma cartográfica se vuelve más legible a medida que esta forma se suaviza, sin embargo, esto conlleva a una pérdida (mínima pero continua) de información. Por esta razón se ha tomado la opción de generar dos cubiertas:

- a) La más fiel, en forma de escalera que refleje el límite más cercano al contraste entre polígonos y que disminuya la incertidumbre asociada a un proceso de interpolación manual.
- b) La más legible, la suavizada que apoye la percepción de los cambios de una manera más rápida que la anterior.

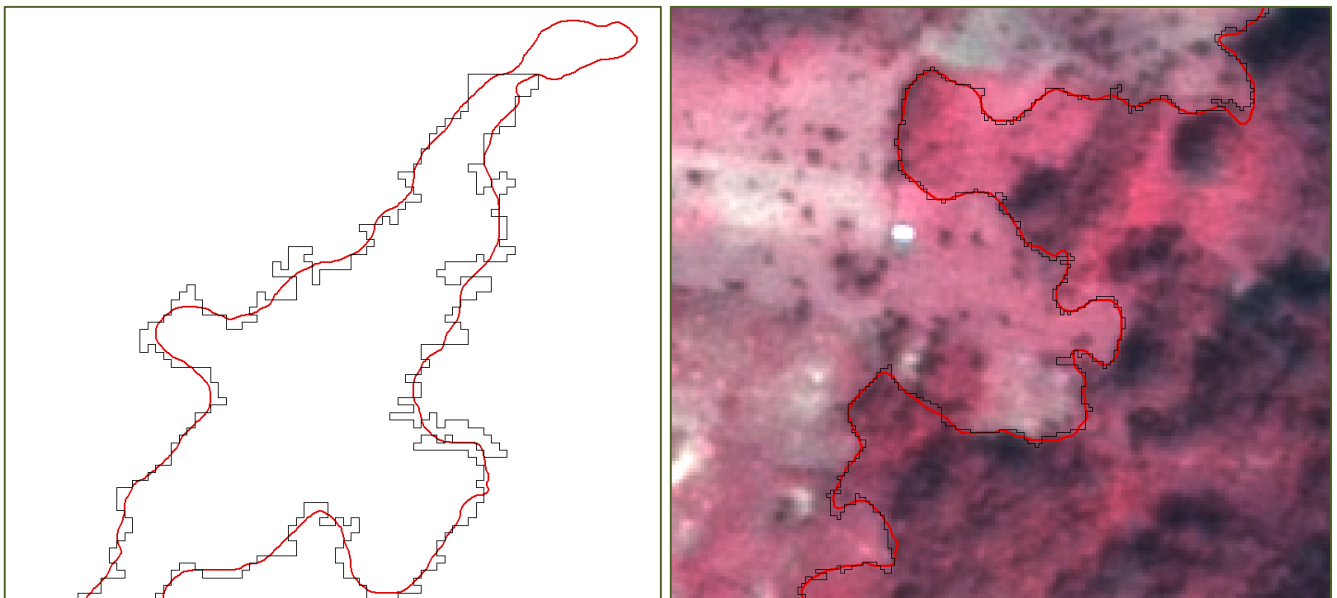


Figura 6. La línea quebrada en color negro en ambos ejemplos indica el detalle de la primer cobertura generada antes de la segunda etapa de edición. La línea de color rojo muestra el terminado que pueden tener al final del proceso de edición a través de procesos mixtos de suavizado automático y suavizado manual vía comparación directa contra imagen de satélite.

A continuación se une la cobertura de parcelas generadas en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales (PROCEDE) y se procede a editar con mucho mayor detalle las diferencias internas de cada parcela o ejido unido al frame original.

Hasta este momento la tabla de atributos solo guarda un número consecutivo para identificación pero aun no contienen las etiquetas que describen la cobertura de suelo. Es importante definir que hasta esta etapa el tamaño mínimo de representación cartográfica es de 1 ha. Cualquier proceso geométrico estará orientado a mantener este nivel de detalle.



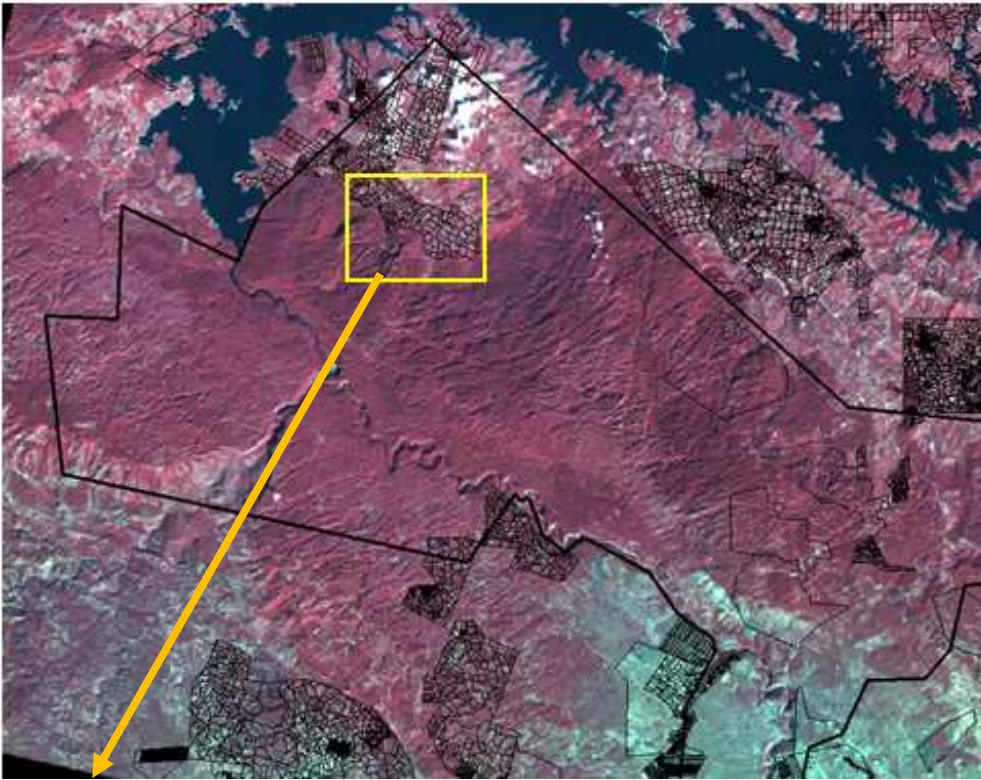


Figura 7a. Vista de las parcelas generadas en PROCEDE y su relación geográfica con la reserva del Ocote, Chiapas. El recuadro amarillo muestra en la Figura 7b el detalle de la fusión entre los polígonos procede y los polígonos generados en la edición cartográfica de cobertura del suelo.

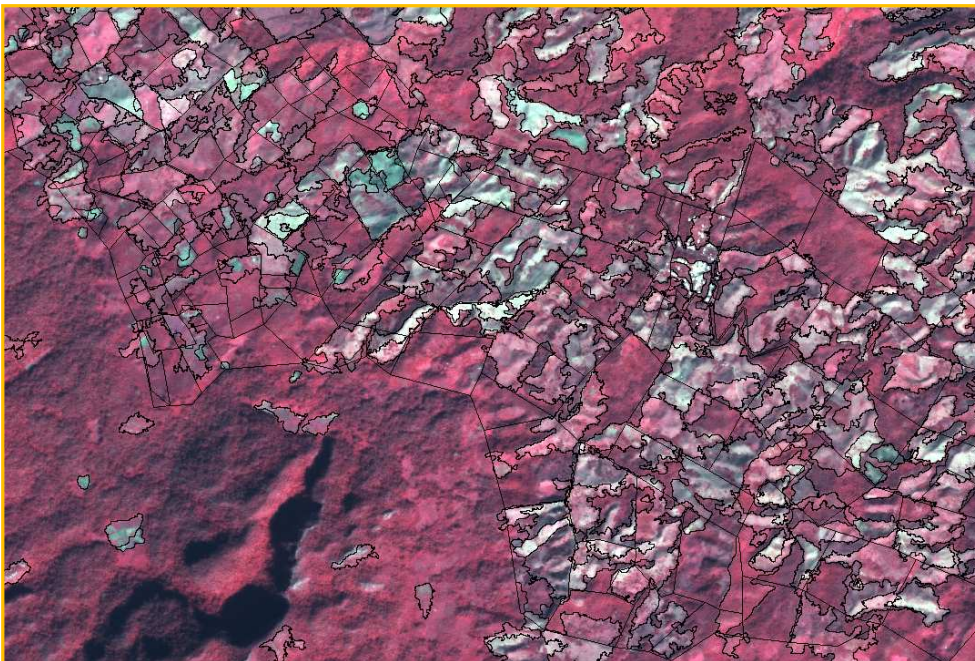


Figura 7b. Cada parcela tiene a su interior una subdivisión por respuesta espectral de la vegetación. Con este proceso el número de polígonos aumentan hasta casi duplicarse. Prácticamente todas las parcelas llegan a tener dos o tres coberturas de suelo delimitadas. Escala 1:20,000.

### **Etapas 3. Generación y validación de etiquetas.**

Es la etapa con mayor tiempo de análisis. Consiste en explotar al máximo la información dura y puntual del sistema de información en proceso. La mayoría de estos datos provienen de dos fuentes: el Inventario Nacional Forestal y de Suelos de CONAFOR 2004-2010 y el Inventario Nacional de Suelos Erosionados de INEGI 2007-2010.

Para el caso específico de la Reserva del Ocote existen 31 sitios de estudio tipo CONAFOR. Un sitio es también llamado Conglomerado de estudio, con tiempo y posición espacial definida por GPS. Para nuestros efectos las variables de mayor interés contenidas en estos conglomerados son las siguientes:

- Diámetro de copa
- Altura total
- Tipo de vegetación y Géneros dominantes de vegetación mayor y menor
- Impacto de la degradación: no perceptible, menor, mayor
- Cobertura vegetal (%)
- Evidencias de incendios
- Biomasa de la capa aérea, superficial (mantillo) y subterránea (suelo) (en kg carbono/m<sup>2</sup>),
- Densidad aparente y pedregosidad del suelo.

Tanto la cuantificación de biomasa, como la densidad aparente y pedregosidad del suelo son el resultado del procesamiento de muestras levantadas en campo por CONAFOR y los procesos de laboratorio por el Colegio de Postgraduados.

Otro de los pasos más relevantes consiste en ordenar el material fotográfico y etiquetarlo conforme a las etiquetas que se atribuirán a cada polígono de cobertura. Se considera prioritario conocer la fecha de captura fotográfica.

Estas etiquetas están construidas sobre la base esquemática siguiente:

Tabla 1. Clases de Cobertura Terrestre en Bosque y No bosque según dominancia del estrato, grado de cobertura, estado de la cobertura y caducidad del follaje.

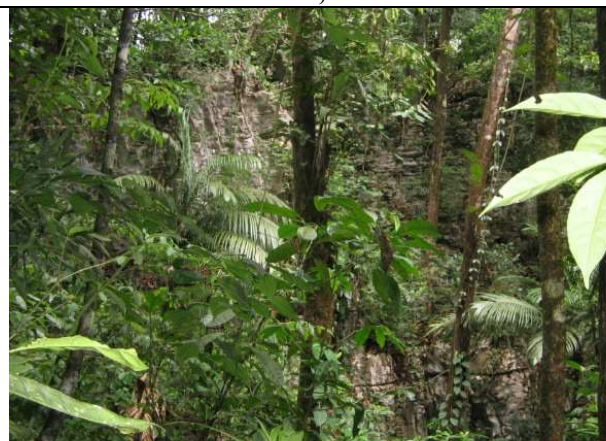
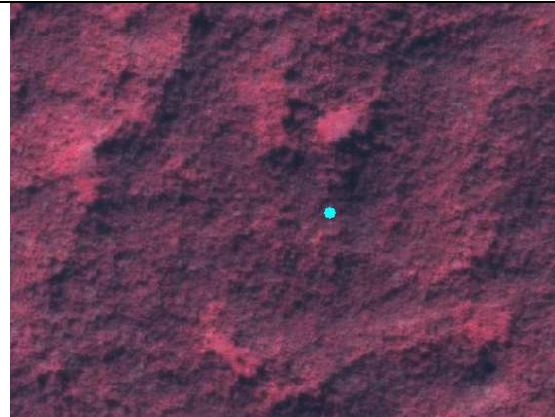
<b>CLASE</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>CADUCIDAD</b>
BOSQUE	ARBOREO	CERRADO	CONSERVADO	PERENNE
	ARBUSTIVO- ARBOREO ARBUSTIVO	ABIERTO	DEGRADADO	CADUCO
PASTIZAL	HERBACEO- ARBUSTIVO	ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO
	HERBACEO	MUY ABIERTO		
SUELO	NINGUNO	SIN COBERTURA	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO
AGRICULTURA	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO		

Después de haber realizado interpretación de imágenes y el análisis de datos duros en los sitios de CONAFOR dentro de la Reserva del Ocote, se detectaron siete etiquetas para bosques y cinco etiquetas para no bosques. A continuación se muestran algunos ejemplos gráficos correspondientes al frame 601\_316 (fotografía panorámica vs imagen de satélite 1:10,000).

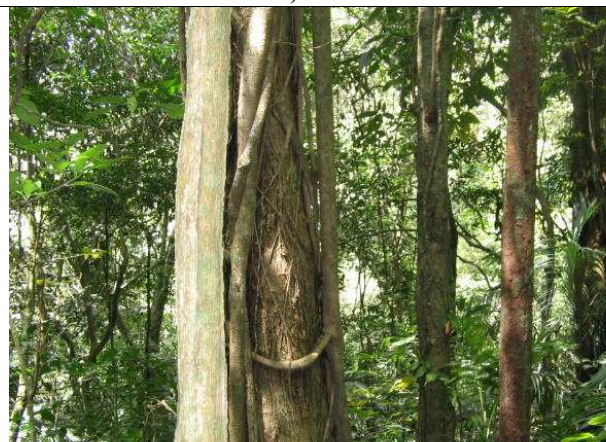
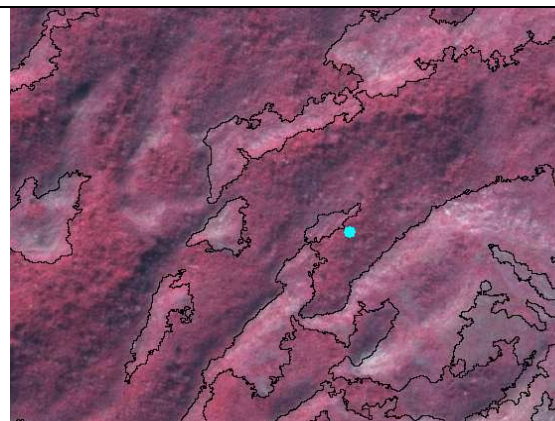
**Bosque arbóreo cerrado conservado perenne.**



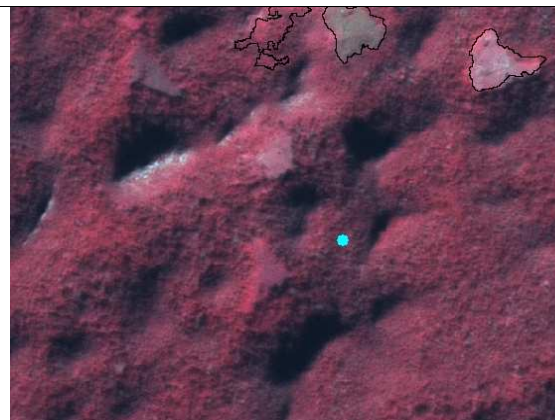
72760. 17 03'47.6" LN, 93 38'50.5" LW



72968. 17 01'48.0 LN, 93 53'04.0" LW



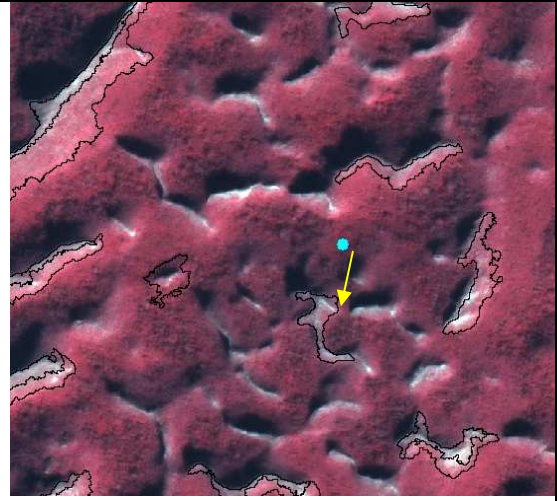
73187. 16 58'1.02" LN, 93 33'34.0" LW



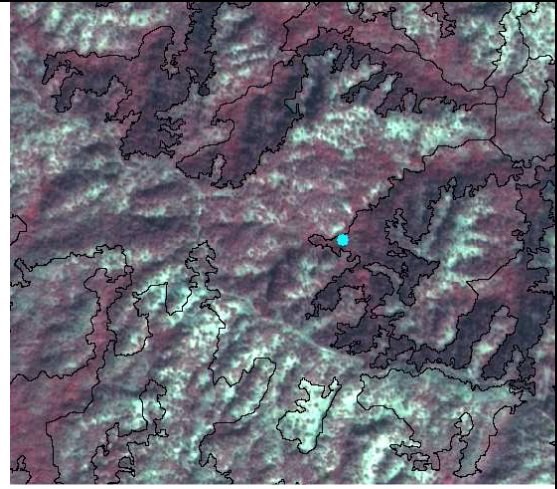
**Bosque arbóreo abierto conservado perenne.**



**73186. 16 57 49.2'' LN, 93 33 58.0'' LW**



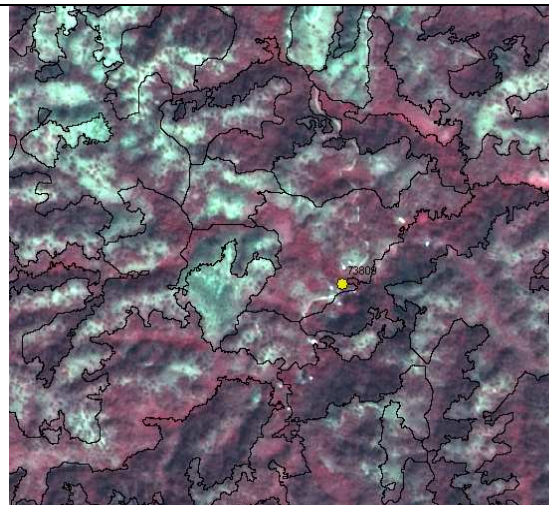
**74015. 16 48 17.1'' LN, 93 53 52.0'' LW**  
Evidencias de incendio natural. Corresponde a la zona de menor impacto.



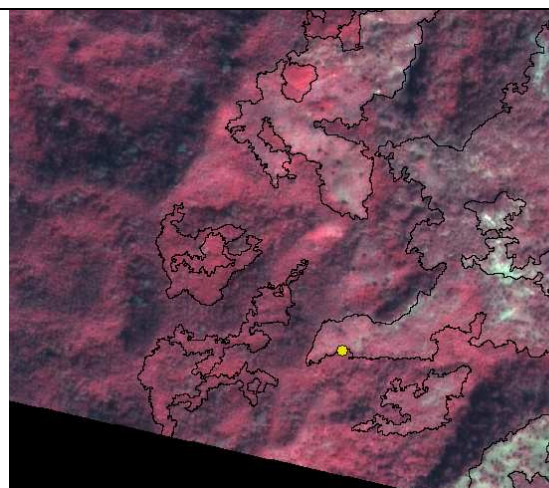
**Bosque arbóreo abierto degradado perenne.**



**73809.**



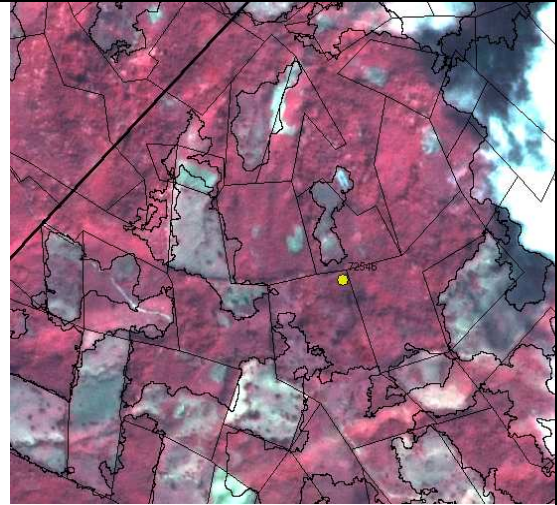
**74014.**



**Bosque arbustivo-arbóreo cerrado conservado.**



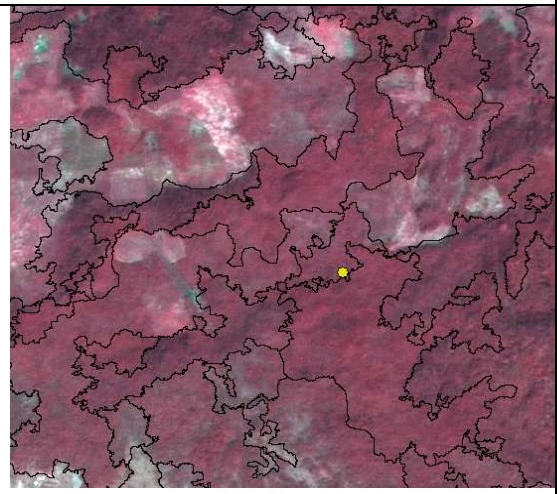
**72546.**



**72970.**



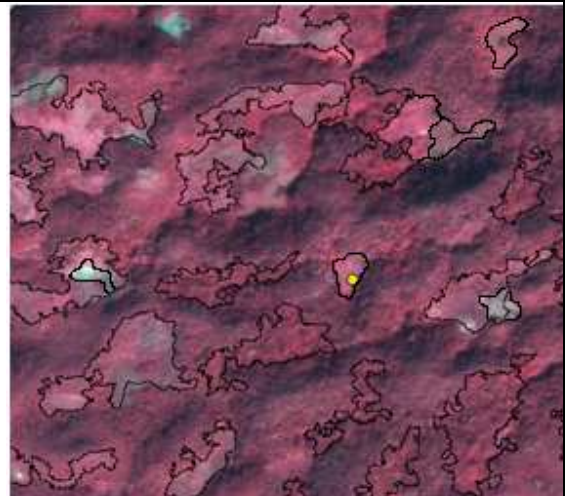
**73609.**



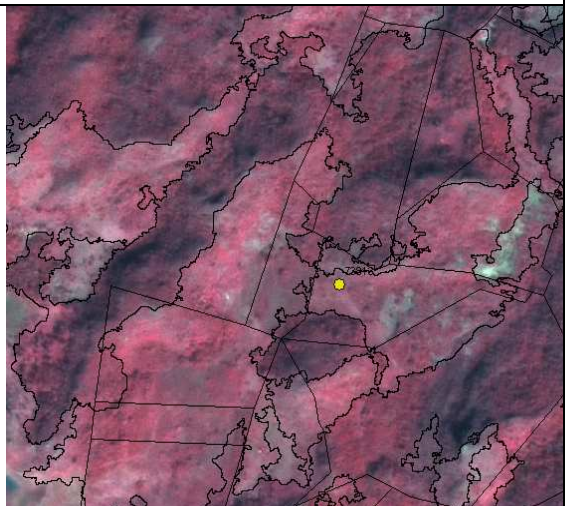
**Bosque arbustivo-arbóreo cerrado degradado.**



**73400.**



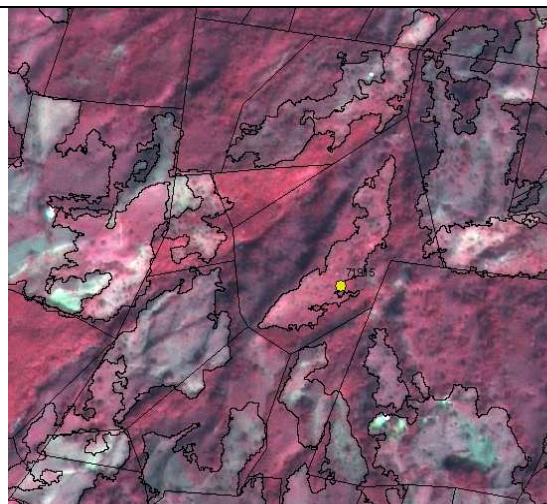
**73813.**



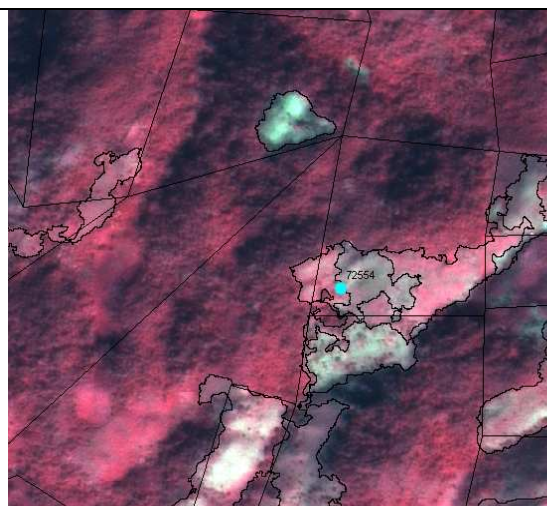
**Bosque arbustivo-arbóreo abierto degradado.**



71915.

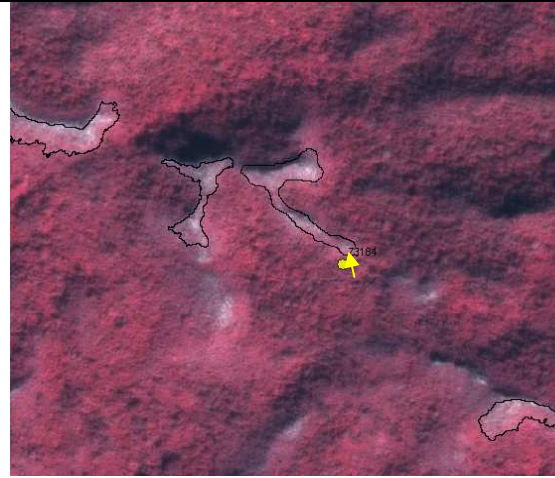


72554.

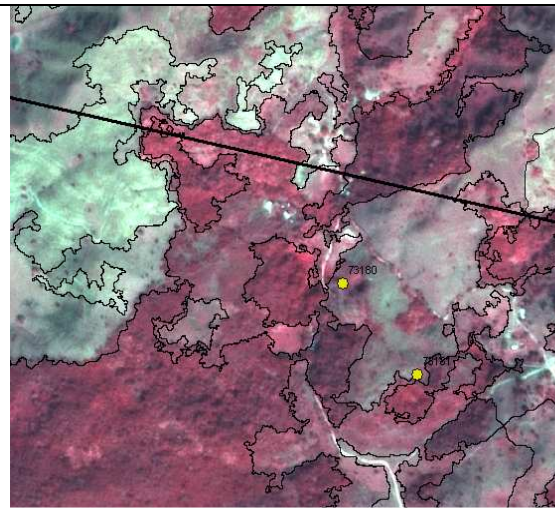




**Bosque arbustivo abierto degradado.**



**73184.**

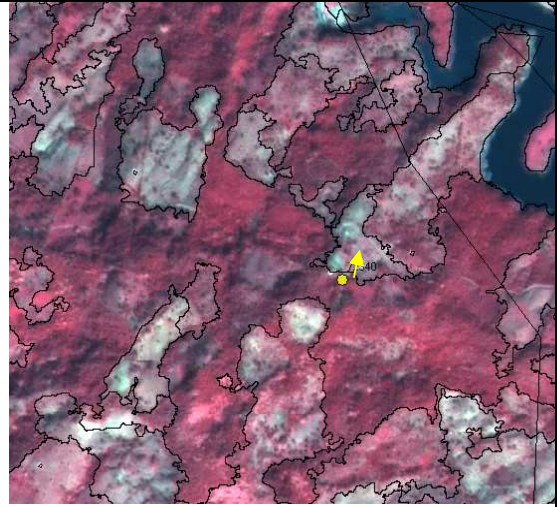


**73180.** Secuencia visible. Bosque degradado-Pastizal-Bosque conservado

**Pastizal con estrato herbáceo-arbustivo abierto.**



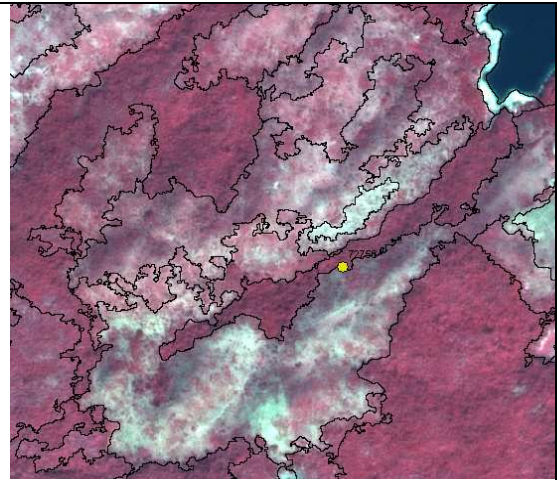
72340.



**Pastizal con estrato herbáceo abierto**



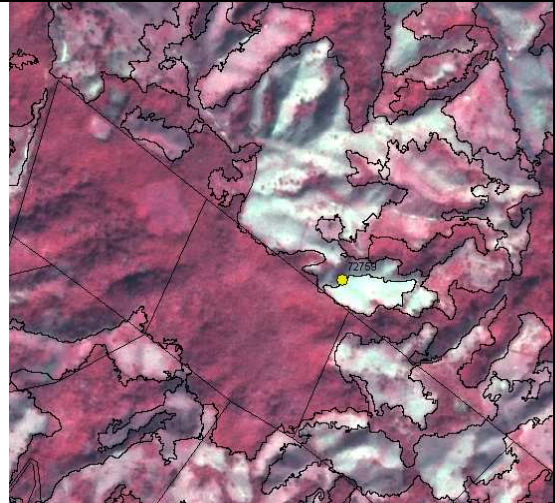
72756.



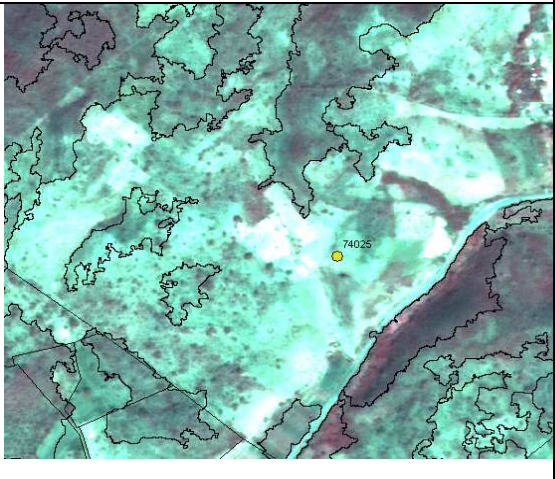
### Pastizal con estrato herbáceo muy abierto



72759.



74025.



La evaluación del estado o condición de la cobertura solo aplica para Bosque. El término NO DETERMINADO indica que no es comparable una evaluación del bosque con otras clases de cobertura porque que el uso del suelo es naturalmente diferente o ha sido modificado profundamente.

Los polígonos de PROCEDE que no corresponden a bosque son identificadas como parcelas agrícolas (Agricultura), como parcelas de agostadero (Pastizal) o suelos sin cobertura (suelo). Sin embargo, este nivel de identificación debe apoyarse a futuro con un trabajo sistemático de campo.

Las etiquetas se generan con mayor cuidado en las zonas de transición altitudinal, de microclima o en las que la degradación dificulta la separación entre comunidades semejantes como un bosque arbustivo abierto degradado y un pastizal con elementos arbustivos, o entre un suelo sin cobertura y un pastizal muy abierto.

Una forma adicional para validar las etiquetas del bosque degradado es atender la distribución de la población. Para ello se representa gráficamente el valor de la población en las localidades de tal modo que se detecten las áreas con mayor presión antropogénica.

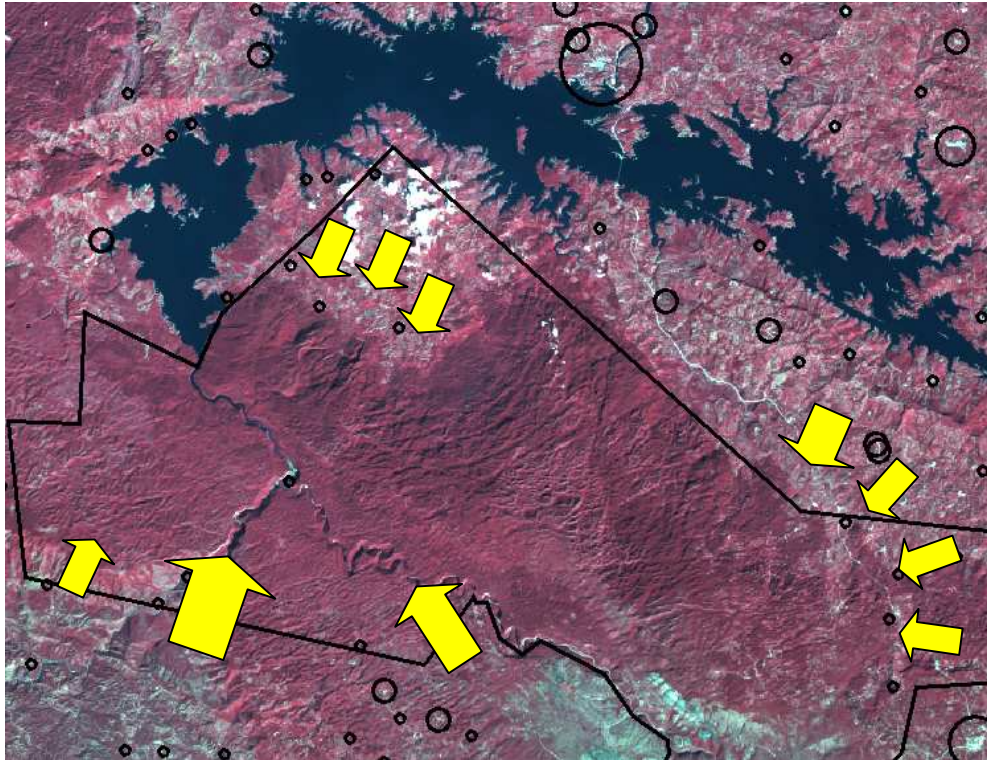


Figura 8. Sentido de la presión humana sobre el estado de conservación de los bosques en la Reserva del Ocote. Los círculos representan mediante su diámetro el tamaño de la localidad.

El procedimiento para etiquetar la tabla de atributos de cada frame consiste en revisar de oeste a este y de norte a sur a una escala de visualización 1:20,000 los diferentes patrones gráficos, relacionarlos con la experiencia propia de campo y contra las evidencias del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de CONAFOR.

Figura 9. Vista de la tabla de atributos que describe la clase, estrato, cobertura, estado y caducidad del follaje en la cobertura terrestre.

Attributes of 603_318_fp									
FID	Shape *	AREA	HECTARES	CLASE	ESTRATO	COBERTURA	ESTADO	CADUCIDAD	
0	Polygon	48325500.306923	4832.55	PASTIZAL	HERBACEO	ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
1	Polygon	97747993.887713	9774.799	CUERPO DE AGUA	NINGUNO	NINGUNO	NO DETERMINADO	NINGUNO	
2	Polygon	23286.432762	2.329	BOSQUE	ARBUSTIVO	CERRADO	CONSERVADO	CADUCA	
3	Polygon	987.612461	0.099	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
4	Polygon	100433.787468	10.043	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
5	Polygon	12221.076313	1.222	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	CERRADO	DEGRADADO	PERENNE	
6	Polygon	261.250729	0.026	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	CERRADO	DEGRADADO	PERENNE	
7	Polygon	23362.830005	2.336	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
8	Polygon	341375.119184	34.138	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
9	Polygon	48945.98152	4.895	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	CERRADO	DEGRADADO	PERENNE	
10	Polygon	16351.730256	1.635	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	CERRADO	DEGRADADO	PERENNE	
11	Polygon	15353.356903	1.535	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	ABIERTO	DEGRADADO	PERENNE	
12	Polygon	53174.343387	5.317	BOSQUE	ARBUSTIVO	CERRADO	CONSERVADO	CADUCA	
13	Polygon	13906.486247	1.391	PASTIZAL	HERBACEO	ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
14	Polygon	15899.274993	1.59	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	ABIERTO	DEGRADADO	PERENNE	
15	Polygon	18018.802937	1.802	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
16	Polygon	378253.846877	37.825	BOSQUE	ARBUSTIVO	CERRADO	CONSERVADO	CADUCA	
17	Polygon	185648.641466	18.565	PASTIZAL	HERBACEO	MUY ABIERTO	NO DETERMINADO	NO DETERMINADO	
18	Polygon	116715.466252	11.672	BOSQUE	ARBUSTIVO-ARBOREO	CERRADO	DEGRADADO	PERENNE	

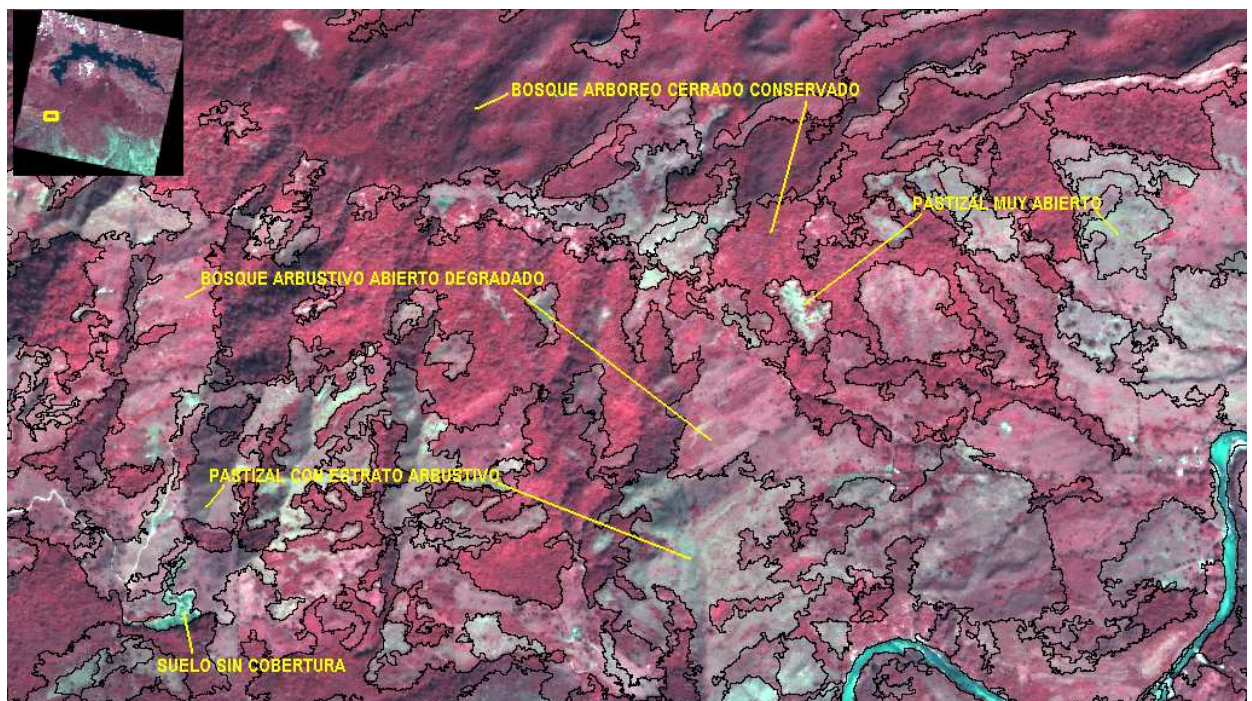


Figura 9. Vista 1:20,000 en una sección de la Reserva del Ocote con las etiquetas de cobertura asentadas en la Tabla 1.

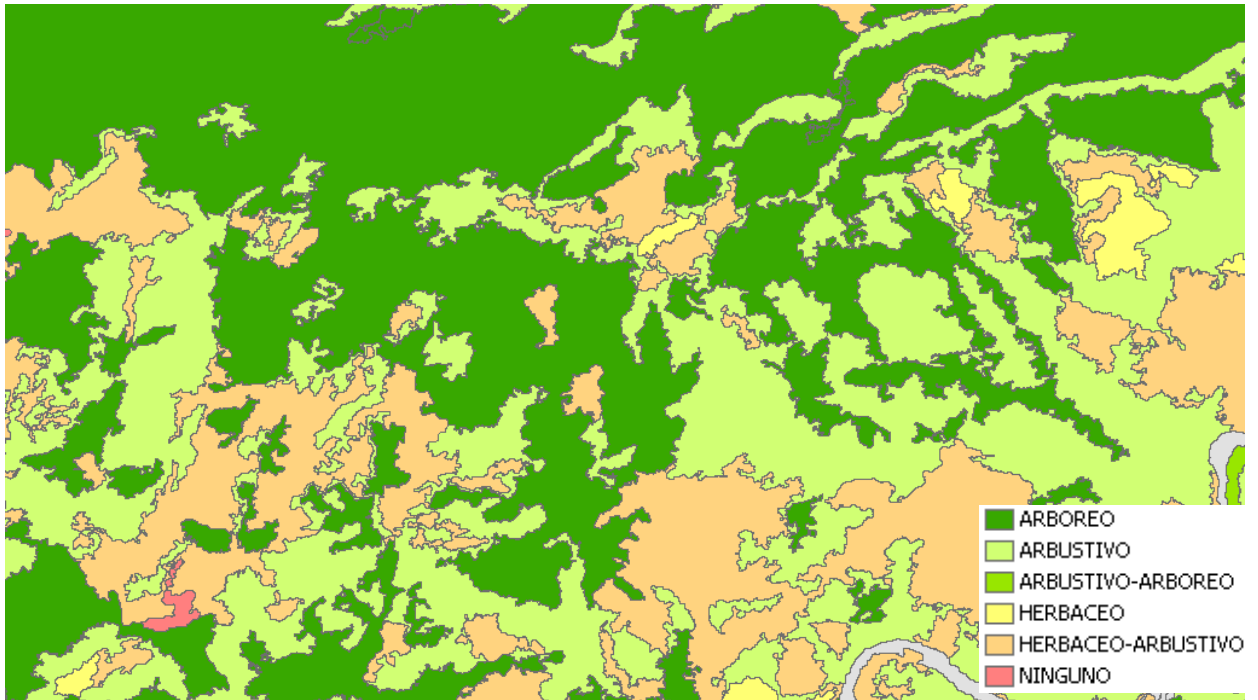


Figura 10. Tipo de estrato dominante en la sección ilustrada en la Figura 9.

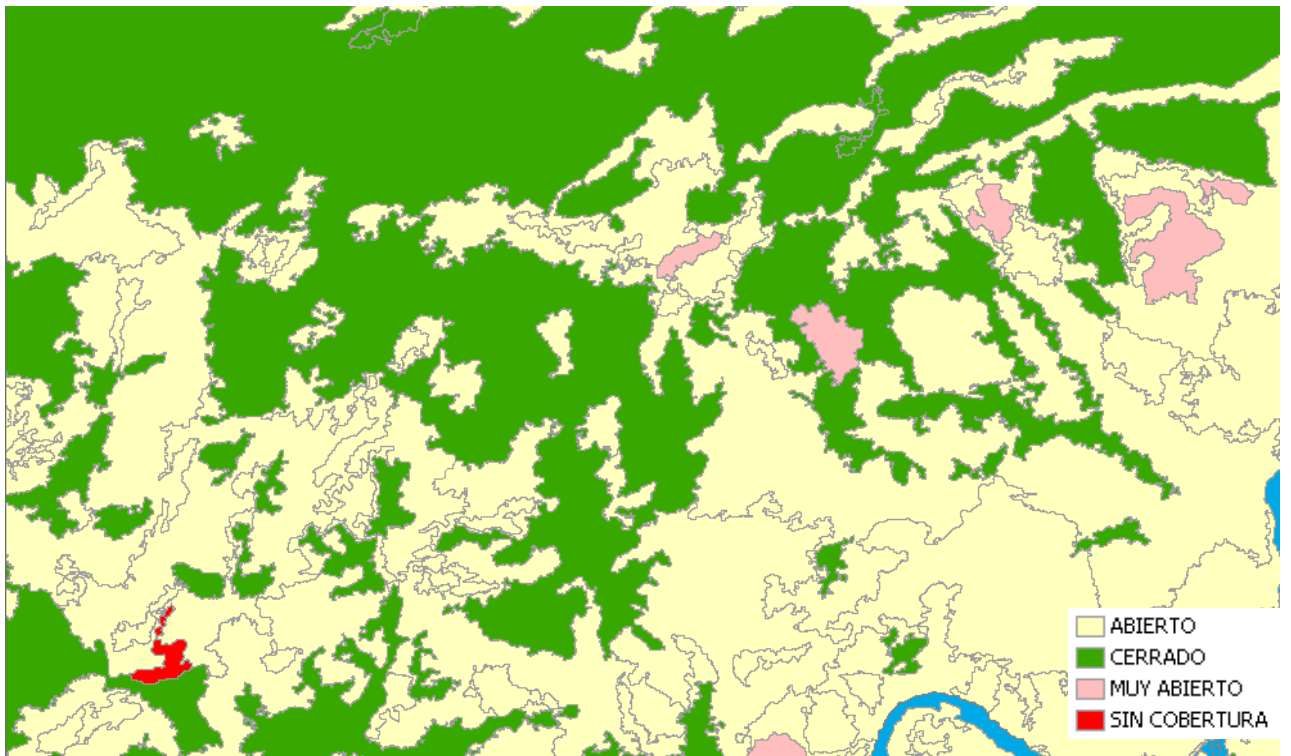
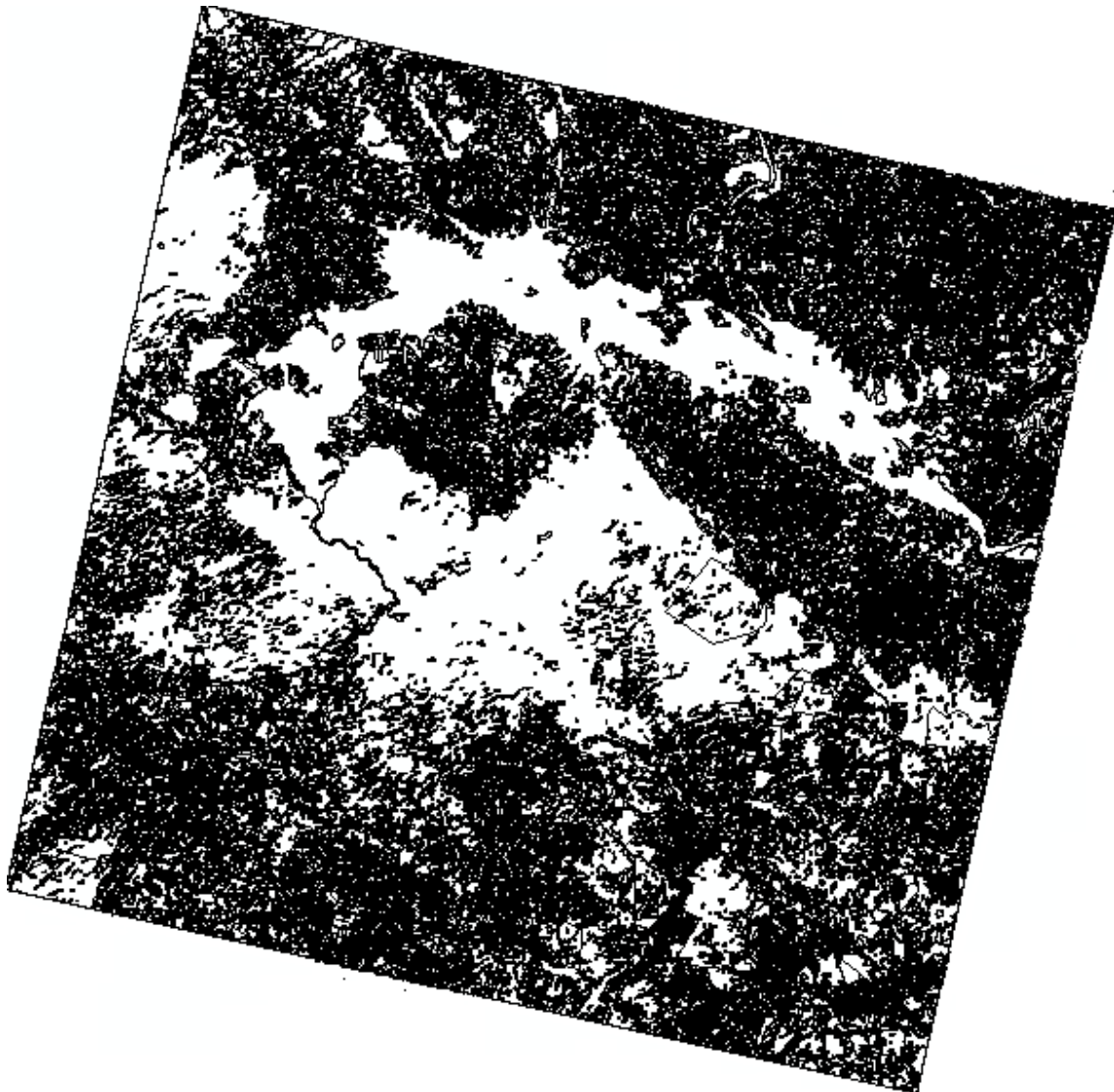


Figura 11. Densidad de la cobertura terrestre en la sección ilustrada en la Figura 9.



Figura 12. Estado o condición de la cobertura terrestre en la sección ilustrada en la Figura 9.

Finalmente, tenemos como resultado alrededor de 50 mil polígonos de bosque y no bosque etiquetados conforme a los criterios y parámetros anteriormente descritos.



Cada uno de estos frames de polígonos son unidos en un solo continuo para generar un plano estatal.

Con el mismo procedimiento incluyendo todos los criterios de diagnóstico son procesadas las imágenes del año 2003, 2007 y 2009 para generar un mapa de cambios y una línea base de degradación.

Actualmente se encuentran en proceso de validación todas las coordenadas obtenidas durante el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009 debido a que las capturas de pantalla del GPS y las coordenadas asentadas en la base de datos guardan algunas diferencias probablemente debidas a redondeo a nivel de décimas de segundo en desplazamiento o porque no están los gps están en diferentes valores de DATUM. Este proceso es importante porque en estos sitios está contenida toda la información disponible sobre pedregosidad, densidad aparente, color, COS y textura del suelo, así como la cantidad de biomasa y CO de la capa de hojarasca y capa de fermentación.



**ESTADISTICOS SOBRE EL ESTADO DE LA COBERTURA TERRESTRE EN LA RESERVA DEL OCOTE, ESTADO DE CHIAPAS. AÑO 2009.**

