

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA FORESTAL  
BIANUAL CON FOTOGRAFÍAS AÉREAS DIGITALES EN LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA.

INFORME ACADÉMICO POR SERVICIO SOCIAL

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

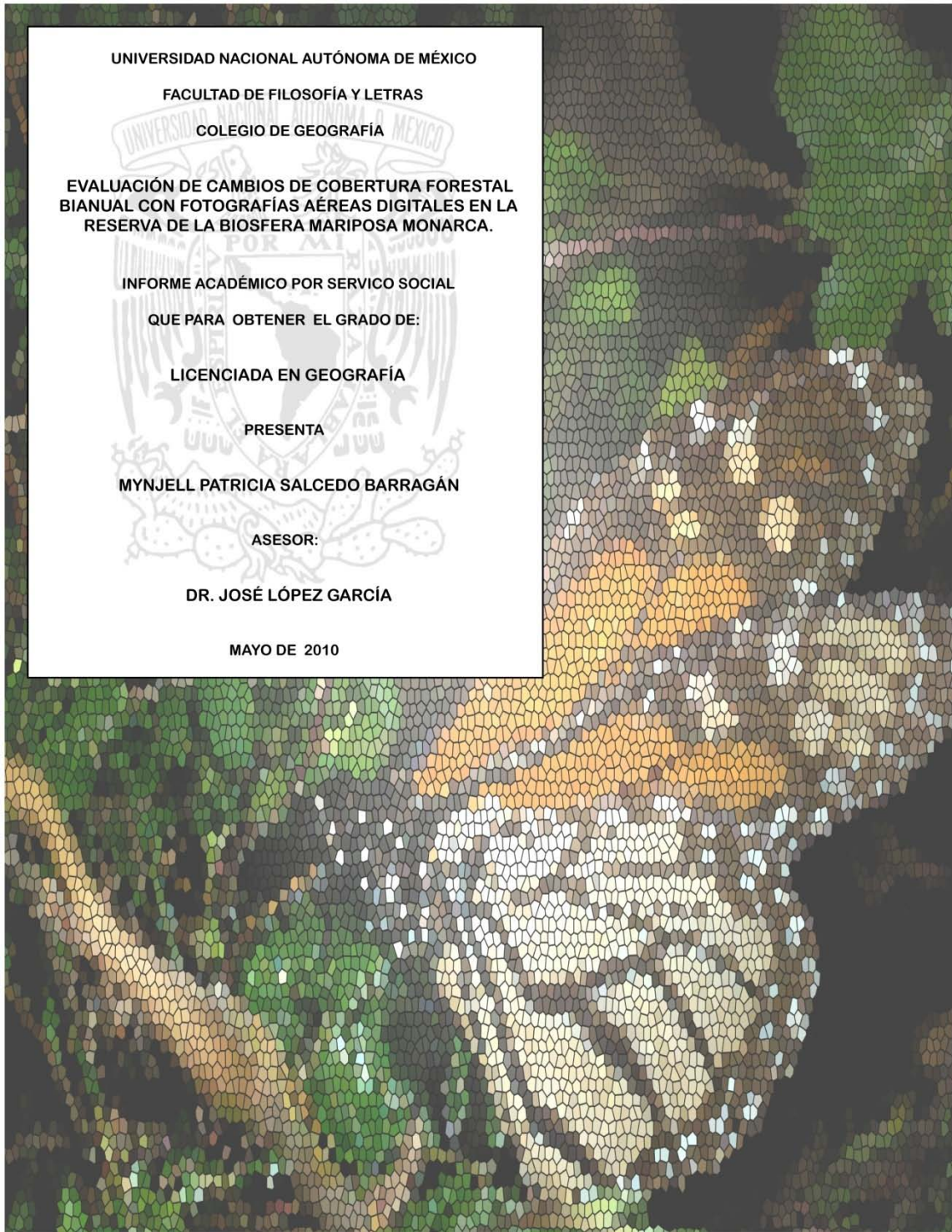
PRESENTA

MYNJELL PATRICIA SALCEDO BARRAGÁN

ASESOR:

DR. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

MAYO DE 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA  
FORESTAL BIANUAL CON FOTOGRAFÍAS AÉREAS  
DIGITALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA  
MARIPOSA MONARCA.**

**INFORME ACADÉMICO POR SERVICIO SOCIAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA

**MYNJELL PATRICIA SALCEDO BARRAGÁN**

ASESOR:

**Dr. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA**

MAYO DE 2010



“Un país, una civilización se puede juzgar por la forma en que trata a sus animales”.

Arthur Schopenhauer.



“Hay cosas que han sido colocadas en nuestras vidas para reconducirnos al verdadero camino de nuestra Leyenda Personal.

Otras surgen para que podamos aplicar todo aquello que aprendimos.

Algunas, finalmente, llegan para enseñarnos”.

La quinta montaña. (Paulo Coelho)

## Agradecimientos

Agradezco a Dios por su gran misericordia y permitirme vivir esta experiencia. Por las lecciones y personas que cruzaste en mi camino, sobre todo por dejar compartir mis presentes con quienes amo.

A mi mamá: Gracias por tu fortaleza, valores y sacrificios para ayudarme a concluir este proyecto de vida. Te amo.

A mi hermano Marco: Gracias por tu compañía, cariño, apoyo y confianza.

A Alex: No tengo las suficientes palabras para agradecerte todo tu amor, apoyo, confianza y por compartir tan maravillosos momentos juntos. Gracias.

Agradezco a mis profesores de la UNAM por los conocimientos compartidos.

Al Dr. José López G. por todo su apoyo, confianza, humildad y por ser un gran ser humano. Al Dr. Enrique Propín F. por sus consejos, dedicación y motivaciones para superarme. Al Mtro. Arturo Sánchez I. gracias por todas sus aportaciones y dedicación, debo confesar que por sus clases de océanos y biogeografía descubrí que estaba en el lugar y la carrera correcta. Al Mtro. Álvaro Vega G., gracias por toda la dedicación, aportaciones, paciencia y por tomarte la molestia de darnos lecciones de SIG's. Al Mtro. José Manuel Espinoza por sus observaciones, dedicación y por ser parte este proyecto.

“Algunos creen que para ser amigos basta con querer,  
como si para estar sano bastara con desear la salud”

(Anónimo).

A mis amigos:

Nohemí Domínguez, Ricardo Llamas, Claudia Márquez, Carolina Dávila, Víctor de la Rosa y Mónica López.

Agradezco su incondicional amistad, consejos y apoyo en todos estos años compartidos, son una gran bendición.

Gracias.

A Faby, Arty y Hazziel. Gracias por su amistad y apoyo.

## Contenido

I. Introducción .....	2
Objetivo.....	3
II. Justificación .....	2
a. Acciones de conservación.....	3
b. Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.....	5
III. Metodología .....	8
Etapa 1.....	8
a. Fotogrametría (trazo de áreas fotointerpretables).....	11
b. Fotointerpretación (polígonos de cambios).....	14
Etapa 2.....	18
a. Sistemas de Información Geográfica (Arc Gis 9.2).....	18
b. Georreferencia de fotografías aéreas digitales.....	22
c. Digitalización de polígonos de cambios.....	25
d. Elaboración de cartografía.....	28
Etapa 3.....	30
a. Presentación de resultados.....	30
b. Exportación de datos y mapas.....	34
IV. Compendio de imágenes fotografías y diapositivas.....	37
V.- Comentarios finales.....	41
VI.- Fuentes de consulta.....	44
VII. Anexos.....	47

## **I.- Introducción.**

El presente trabajo es un informe de las actividades realizadas por servicio social en el proyecto PAPIIT "Evaluación de cambios de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca" con clave IN305707-3, a cargo del Dr. José López García, Investigador Titular "A". Servicio que tuvo lugar en el Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, entidad de mayor trascendencia en el desarrollo de la disciplina geográfica en el país, dicho servicio comprendió el periodo del 8 de febrero al 31 de diciembre del 2009.

Dicho informe se ha dividido en tres etapas que describen tanto las metodologías usadas en la Evaluación de cambios de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca desde 1999 a la fecha, como las actividades llevadas a cabo en el servicio social.

La primera estuvo orientada a la clasificación de fotografías aéreas por líneas de vuelo que comprende el periodo de 1999 a 2009, posteriormente se prosiguió con la comparación estereoscópica de fotografías aéreas para detectar cambios de cobertura forestal. Las superficies delimitadas resultantes se denominaron polígonos de cambios.

La segunda consistió en visualizar y representar cartográficamente la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG), esto agregó una serie de ventajas a los métodos tradicionales de manejo y análisis de mapas impresos, sin dejar de respetar las convenciones que en rigor un mapa debe cumplir. Ello que consistió en la combinación de técnicas de fotointerpretación, modelos digitales, restitución de la información fotointerpretada en la pantalla de una computadora personal y georreferencia de fotografías aéreas digitales.

La tercera estuvo orientada en un análisis estadístico de la información obtenida, mediante elaboración de tablas sobre deforestación, degradación, superficies de cambio y sin cambio de coberturas forestales elaboradas en hojas de cálculo, así como gráficas comparativas entre diferentes años de cambios de cobertura forestal, que designaron de manera resumida y clara los resultados del proyecto.

**Objetivo.**

Informar las actividades realizadas durante el servicio social en el proyecto de Evaluación de cambios de cobertura forestal bianual con fotografías aéreas digitales en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.



## **II.- Justificación.**

### **a.- Acciones de conservación.**

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) encargada de detener la degradación del medio ambiente natural del planeta, junto con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), cuya misión es financiar y fortalecer esfuerzos para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en México; apoyan a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) a través del Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (Fondo Monarca)<sup>1</sup>, con un esquema de incentivos económicos de largo plazo para propietarios de tierras en la zona núcleo de la Reserva que conservan sus bosques.

Entre diciembre y junio de cada año, el Fondo Monarca apoya a 32 ejidos, comunidades indígenas y pequeñas propiedades, con aproximadamente 1.8 millones de dólares, fomentando la conservación de 9,933 hectáreas en la zona núcleo de la Reserva. Los incentivos económicos se otorgan bajo dos conceptos: no aprovechamiento y trabajos de conservación (cuadro 1).

Actualmente en 2009 los apoyos cubren la totalidad de ejidos y comunidades por lo que es de esperarse la conservación de los bosques, ya que al terminar los aprovechamientos autorizados en la zona de amortiguamiento, aunado a los pagos por servicios ambientales y conservación tendría a reducir la tala en la región.

---

<sup>1</sup> El Fondo Monarca contribuye en la reducción de la deforestación y degradación forestal, fomentando la participación de los propietarios en la protección del bosque.

## CUADRO 1. Incentivos Económicos.

INCENTIVOS ECONÓMICOS PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE	
No Aprovechamiento	Trabajos de Conservación
En junio de cada año el Fondo Monarca apoya a las comunidades que han conservado su bosque y que poseen permisos de aprovechamiento (permisionarios) cancelados al decretarse la ampliación de la Reserva (noviembre de 2000).	Cada diciembre, se otorgan apoyos económicos por realizar actividades de conservación en la zona núcleo. Este apoyo se otorga a cambio del compromiso de las comunidades de conservar sus bosques a través de actividades de vigilancia, prevención de incendios, manejo de cuencas, y conservación y restauración de suelos.

Elaborado por Mynjell Salcedo, basado en FMCN, 2007.

Para autorizar los pagos existe un Comité Técnico que incluye a representantes de las comunidades agrarias, WWF, el FMCN, gobiernos estatales y personas con conocimientos sobre la región, tanto de organizaciones académicas como de organizaciones de la sociedad civil. En cada ciclo de pago anual se hace una evaluación que sirve para estimar qué predios cumplieron sus compromisos de no aprovechamiento y realizaron actividades de conservación. La Dirección de la RBMM de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)<sup>2</sup> participa en la validación del cumplimiento de los compromisos de conservación.

El criterio principal para que los predios participantes reciban los incentivos económicos, es la conservación del arbolado. Con este fin, el Fondo Monarca requiere de una evaluación periódica de los cambios en la cobertura forestal, con base en la interpretación de fotografías aéreas digitales.

---

<sup>2</sup> La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ANP) administra actualmente 173 áreas naturales de carácter federal que representan más de 25,250,963 de hectáreas.

## b. Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) es un Área Natural Protegida emblemática para México, cubre 56 259 hectáreas. Se encuentra al límite de los estados de Michoacán y Estado de México, sus coordenadas extremas comprenden los 19° 59'42" y 19° 18'32" latitud Norte; 100° 09'54" y 100°06'39" longitud Oeste. Comprende los municipios de Ocampo, Angangueo, Aporo, Senguio, Zitácuaro y Contepec, Michoacán; Donato Guerra, Villa de Allende, Temascalcingo y San José del Rincón, Estado de México (INE, 1996) (figura 1).

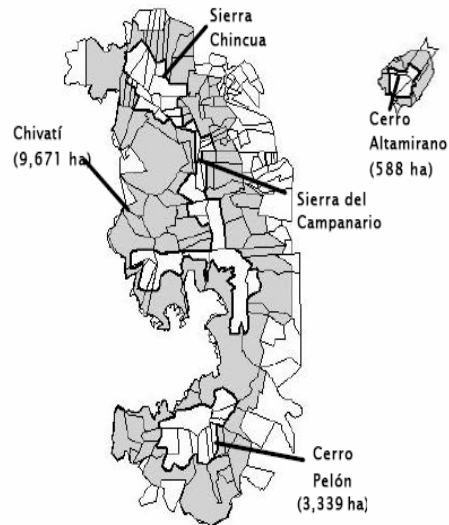
Pertenece a la Provincia Fisiográfica del Eje Volcánico Transversal y está conformada por la zona núcleo con 13,554.07ha de superficie (bosques donde hiberna la Monarca) y la zona de amortiguamiento 42,704.97ha (en donde puede haber aprovechamiento forestal sostenible), cuya función es reducir las presiones humanas sobre el hábitat de hibernación de la mariposa (López, 2007) (Figura 2).

**Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.**



Fuente: WWF, 2005.

**Figura 2. Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.**



Fuente: WWF, 2005.

La inmigración de la mariposa Monarca (*Danaus plexippus L.*), durante la época de invierno en los bosques de Oyamel (*Abies religiosa*) del centro occidente mexicano, es un fenómeno natural ancestralmente conocido por los pobladores de la región, transmitido de una generación a otra por medio de la comunicación oral e incorporado en la memoria colectiva y la historia local. Los Purépechas que habitaron la zona antes de la llegada de los españoles, la consideraron el “*alma de los muertos*” e interpretaban su llegada como *el anuncio de la visita de los difuntos*, por coincidir su arribo con los días primero y dos de noviembre (día de muertos en México). Los Mazahuas y Otomíes la asociaron a los ciclos de producción agrícola llamándola “*la cosechadora*”, por ser durante esa etapa de las labores de cultivo cuando la Monarca visitaba sus tierras y porque al inicio de la preparación de la siembra se retiraban de ellas; ambos mitos siguen estando presentes en el pensamiento de esos pueblos indígenas (SEMARNAT, 2001).

Los primeros intentos de protección del Área, obedecieron únicamente a objetivos de conservación por el interés de los hábitos migratorios de la mariposa monarca. Posteriormente, una mejor percepción de que la mariposa es el componente crucial de un sistema biológico complejo, determinó que su protección y conservación requería de la preservación de los ecosistemas en su conjunto (INE, 1996).

La reserva fue decretada como Área Natural Protegida en 1986 (Diario Oficial de la Federación, 1986). Sin embargo, fue hasta el año 2000 (Diario Oficial de la Federación

2000), tras varias modificaciones al decreto original, que los límites de la reserva toman su forma actual, teniendo algunas ligeras modificaciones en las Zonas Núcleo Chincua-Campanario-Chivati en noviembre de 2009 (Diario Oficial de la Federación 2009).

La región, donde se localiza la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, representa un reto para la conservación del patrimonio natural por sus singulares características físicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas y biogeográficas, pero especialmente porque, año con año, en ella se completa el ciclo migratorio de millones de Monarcas que, con el inicio de la primavera, salen de los sitios de hibernación y reproducción de las latitudes templadas para dispersarse y poblar los hábitats septentrionales de primavera y verano, de donde nuevamente en el otoño, después de realizar un largo viaje en el que recorren más de tres mil kilómetros, a través de su ruta migratoria desde Canadá, pasando por los Estados Unidos de Norteamérica llegando a la Sierra Madre Occidental se establecerán de nuevo en sus sitios de hibernación (SEMARNAT, 2001).

La región de la Mariposa Monarca está igualmente representada por una gran diversidad de especies de fauna silvestre. Se han reportado en la Reserva la presencia de 198 especies de vertebrados, de los cuales 132 corresponden a las aves y 56 a mamíferos, 4 anfibios y 6 reptiles. El Eje Neovolcánico es considerado como una zona importante de endemismos, tanto de flora como de fauna silvestre, por lo que la Reserva juega un papel significativo en la conservación de estas especies. De forma también importante, la Reserva alberga especies que se encuentran en diferentes categorías de protección además de la mariposa Monarca bajo protección especial (*Ibíd.*).

### **III.- Metodología.**

Para la evaluación de cambios de cobertura forestal bianual, la metodología empleada es la estructura central, la cual, debido a la combinación de técnicas y herramientas de fotogrametría- sistemas de información geográfica (SIG), se dividió principalmente en tres etapas que diferencian las actividades empleadas en cada caso. El propósito fue dar a conocer los cambios periódicos de cobertura forestal, dicha metodología permite ser empleada no sólo en la zona de la RBMM, sino también en aquellas donde se persigan los mismos propósitos de evaluación.

#### **Etapas 1**

Para el estudio del medio geográfico, la fotogrametría y fotointerpretación han sido dos herramientas de gran utilidad para analizar pares estereoscópicos con el uso de un aparato denominado estereoscopio, que permite producir imágenes virtuales en tercera dimensión. La palabra estereoscopia se deriva de dos palabras griegas, *stereos* y *scopeo* que significa “ver de sólido” (Caire, 1977).

La fotografía está catalogada como herramienta científica. Es el elemento indispensable para realizar la labor fotogramétrica. De esta manera, las fotografías aéreas tienen el propósito de proporcionar ciertas informaciones de objetos considerados aisladamente o pertenecientes a determinados conjuntos, como es la superficie del espacio geográfico (Caire, *op. cit.*).

La ciencia o arte de realizar mediciones con base en fotografías, a fin de determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados como son: tamaño, forma y posición, recibe el nombre de Fotogrametría.

Mientras que en la fotogrametría se estudian los aspectos métricos, en la fotointerpretación se da especial interés al aspecto cualitativo de dichas fotografías. La fotointerpretación se define como el arte de analizar imágenes fotográficas, a fin de identificar elementos por reconocimiento y deducción (Caire, en preparación).

Con base en lo anterior, la evaluación de cambios de cobertura forestal con fotografías aéreas en la RBMM utilizando métodos estereoscópicos representa una técnica precisa, confiable y práctica. En este proyecto, se aplicaron las técnicas convencionales de

fotogrametría y fotointerpretación a fotografías aéreas digitales de alta resolución (30 cm pp).

La toma de fotografías aéreas ha sido el principal insumo para la evaluación del cambio de densidad de cobertura forestal en la reserva. El primer estudio de este tipo comparativo se realizó con fotografías aéreas analógicas (1971 y 1984) y digitales (1999), realizando una igualación de escalas para la comparación. Entre 1999 y 2006, la toma de fotografías se realizaba en los primeros meses del año (23 y 24 de enero de 1999, 10 de marzo de 2001, 22-23 de febrero de 2003). Un caso atípico fue el año de 2005 que por efectos de nubosidad se realizó el vuelo en dos etapas (el 80 % del vuelo el 10 de enero de 2005 y el 4 de abril de 2005 el 20% restante). El vuelo completo de 2006 se realizó entre el 2 y 3 de marzo (López, 2007).

Durante los primeros meses de 2007, hubo muchos contratiempos que impidieron que se realizara totalmente el vuelo aéreo. Las condiciones meteorológicas fueron atípicas para este año y se presentó un adelanto de la temporada de lluvias ocasionando que el número de días despejados se redujera considerablemente en marzo y mucho más en abril, también se presentaron problemas relacionados con el permiso del vuelo y la disposición de aviones. En febrero de 2007, paralelamente al proyecto de evaluación de 2006-2007, la Coordinación del Fondo Monarca solicitó a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) imágenes satelitales SPOT5. Este tipo de imagen se había utilizado en 2006 para hacer un análisis de cambio de cobertura 2005-2006 en toda la Reserva. Sin embargo, por la calidad de las imágenes del 2005, los resultados no fueron satisfactorios. En esta ocasión, las imágenes fueron requeridas con mayor calidad y esto permitió su procesamiento. Para el 6 abril del 2007, sólo se realizó la línea de vuelo más problemática que es la zona de mayor nubosidad (línea 7, con 63 fotos).

Ante la imposibilidad de completar el vuelo y la disponibilidad de imágenes SPOT5, se optó por realizar el análisis de cambio de densidad de cobertura forestal 2006-2007 utilizando imágenes SPOT5 de 2006 y 2007 y fotografías aéreas 2006. Para el año de 2008, el levantamiento de fotografías aéreas se realizó el 7 y 15 de marzo, y para 2009 se realizó el 18 de febrero del mismo año (*ibíd.*).

Como actividad de servicio social, para el material fotográfico de los años 1999, 2001, 2003, 2005, 2006, 2008 y 2009 se realizó un arreglo por líneas de vuelo para cada año, de acuerdo con la clave inscrita en la parte superior central de cada fotografía. Se

elaboraron los diferentes índices de vuelo, asociados a su base de datos en Excel, lo que facilitó el manejo de la información.

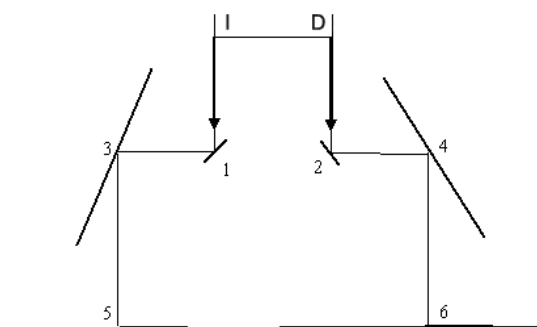
La compilación y el control por año de líneas de vuelo y así como la utilización de folders de diferentes colores asignados a cada año junto con la anexión de la lista de claves en cada uno de ellos permitieron un acceso rápido al material de trabajo.

Teniendo como antecedente, los trabajos e informes de evaluación de cambios de cobertura forestal en varios periodos, se llevó a cabo una identificación visual comparativa de fotografías aéreas entre los años 2003 y 2009, con base a rasgos del relieve (ríos, elevaciones, depresiones, carreteras y poblados).

Una vez identificadas y separadas las fotografías de ambos años, fue necesario trazar áreas fotointerpretables para el año 2009. Los instrumentos ópticos más simples para observar elementos del relieve o geográficos en tres dimensiones son los estereoscopios. El utilizado en este proyecto para el trazado a áreas fotointerpretables fue un estereoscopio de espejos marca Will & Son.

En la figura se ilustra un estereoscopio de espejos o de reflexión, el cual contiene dos espejos oculares (1) y (2), y dos espejos objetivos de mayor tamaño (3) y (4); las fotografías se colocan en la base del estereoscopio, (5) y (6) (Figura 3).

**Figura 3. Esquema de un estereoscopio de espejos.**



Fuente: Caire J, 1977.

Tanto los espejos oculares y objetivos derechos, como los izquierdos guardan una posición paralela y están encontrados para reflejar la imagen con un ángulo de 45° con respecto a la horizontal. Estos espejos van montados en una armazón apropiada que se coloca sobre una mesa. La capacidad de profundidad estriba en que ha sido aumentada



la base estereoscópica, o sea la distancia entre los espejos oculares en “n” veces a la distancia entre los espejos objetivos, designados en la figura por 3 y 4 (Caire, 1977).

El material utilizado para marcar áreas fotointerpretables consistió en tener un estereoscopio de espejos, fotografías aéreas impresas a escala 1:10 000, acetatos, cinta adherible, regla, marcadores indelebles un poco de alcohol y algodón en caso de hacer correcciones necesarias por un mal trazo. Fue importante una correcta utilización de los instrumentos para la fotointerpretación; ya que de ello dependió continuar con los estándares de calidad.

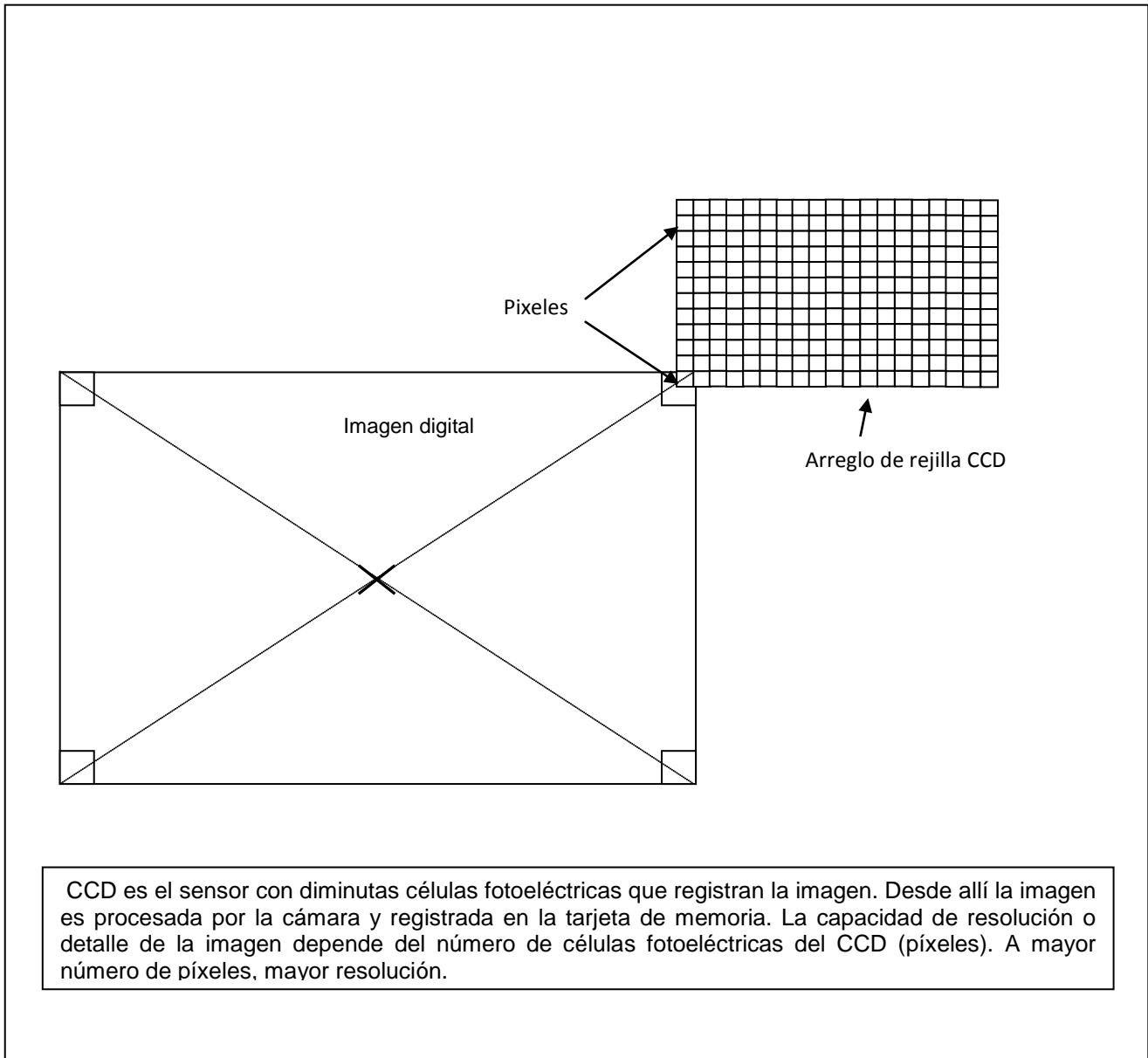
#### **a. Fotogrametría (trazo de áreas fotointerpretables).**

El proceso para marcar áreas fotointerpretables consistió en los pasos siguientes:

1.- A cada fotografía aérea impresa, se le colocó un papel acetato que cubrió toda la fotografía adherido con pequeños trozos de cinta adhesiva en los extremos superiores, lo que permitió marcar con plumón indeleble los puntos principales y áreas útiles fotointerpretables.

2.- Se trazó el punto principal propio de todas las fotografías aéreas, para lo cual se unieron las marcas de colimación o fiduciales. En el caso de las fotografías aéreas digitales, las marcas fiduciales son consideradas al pixel extremo, diametralmente opuesto, considerando que los dispositivos de carga acoplada (CCD) de la cámara no tienen distorsión, funcionan como verdaderas marcas fiduciaras que permiten llevar a cabo el uso de técnicas convencionales de fotointerpretación y fotogrametría, de tal manera, que al intersectar los cuatro extremos de la fotografía se obtiene el punto principal (Figura 4).

**Figura 4. Píxeles extremos y punto principal en la fotografía aérea digital**

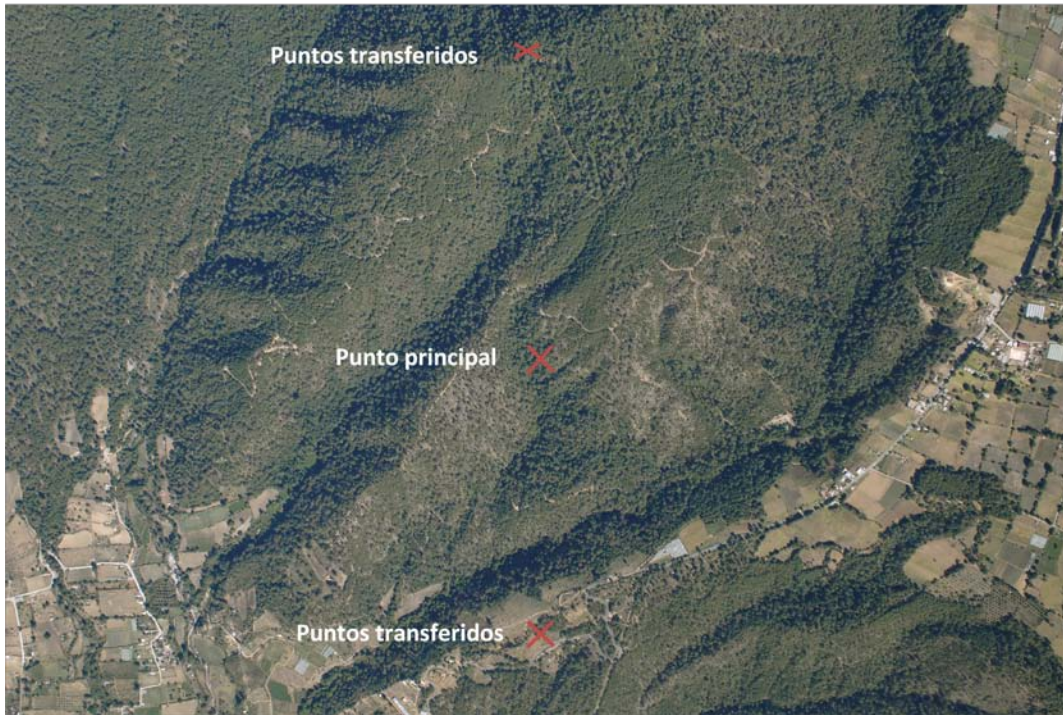


**Elaboró: Mynjell Salcedo Barragán.**

3.-Obtenidos los puntos principales, fueron transferidos a las fotografías contiguas con la ayuda del estereoscopio, aplicando las técnicas convencionales de fotogrametría, a modo que cada fotografía tuviera tres puntos de superposición, a excepción de la primera y la última fotografía que sólo tuvieron dos (Imagen 1).

## Imagen 1. Punto principal y puntos transferidos

DSC2531

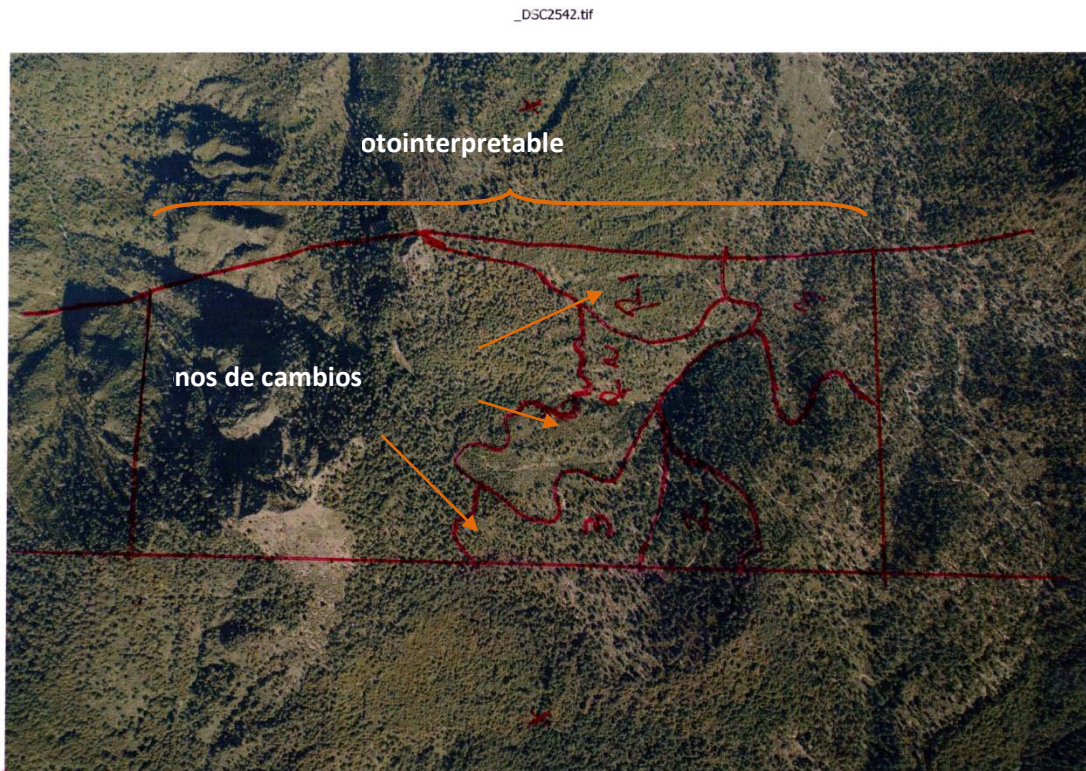


4.- Posteriormente, se trazó una línea perpendicular a la línea de vuelo, la cual fue transferida a la fotografía contigua. En terreno montañoso, la línea transferida no es recta, debido a la distorsión existente en el relieve.

5.-Este procedimiento se realizó para todas las fotografías tanto lateral como longitudinalmente, de manera que se obtuvieron áreas fotointerpretables que correspondieron a la zona de menor distorsión (Imagen 2).

Delimitadas las áreas fotointerpretables se prosiguió a identificar elementos de la fotografía para trazar únicamente los cambios de cobertura forestal observados, denominados polígonos de cambios.

**Imagen 2. Delimitación de área fotointerpretable y polígonos de cambios.**



### **b. Fotointerpretación (polígonos de cambios)**

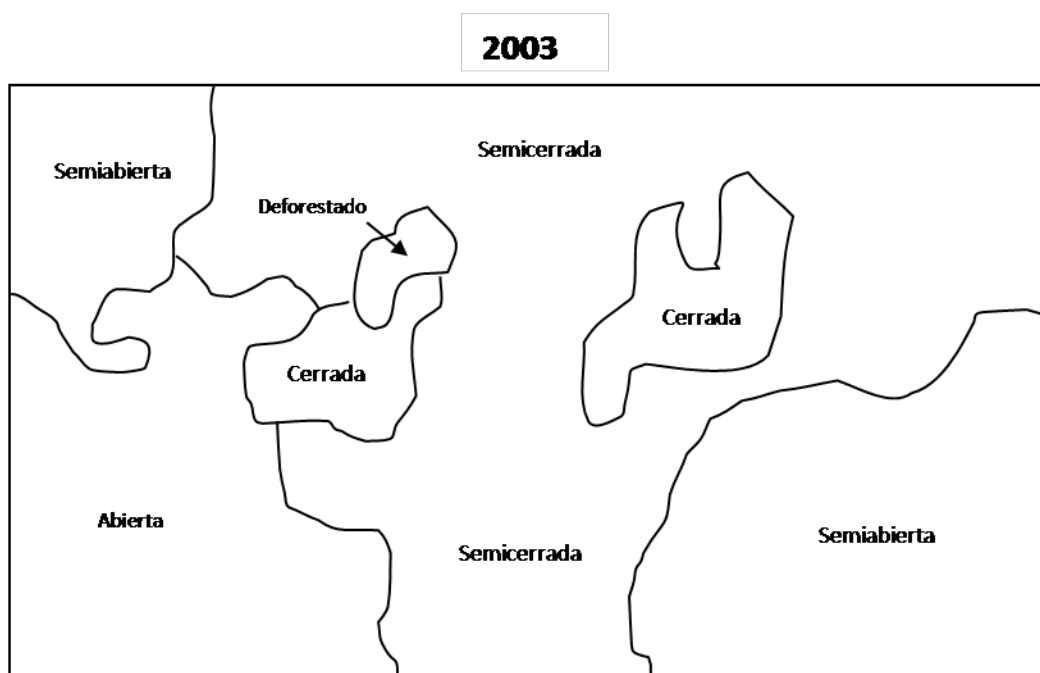
El intérprete utiliza los atributos de la fotografía relacionados con algunos elementos como tonos, textura, formas, tamaño, sombras, etc. El proceso de fotointerpretación incluye las fases de reconocimiento de los elementos del relieve o geográficos de interés (Ejemplo: copas de los árboles), su análisis y clasificación de los mismos. La riqueza informativa de la fotografía permite apreciar o discriminar algunos elementos de acuerdo con las necesidades requeridas en ellas. El desarrollo fotointerpretativo en esta etapa fue realizado por un técnico forestal experimentado, lo que permitió homogeneizar los resultados, bajo un mismo parámetro y criterio.

Cada polígono resultante de la interpretación fue etiquetado con claves correspondientes para separar diferentes niveles de densidad de cobertura forestal. Las claves inscritas de acuerdo con el grado de densidad para 2009 se enumeran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Categorías de cobertura forestal de acuerdo a su densidad.**

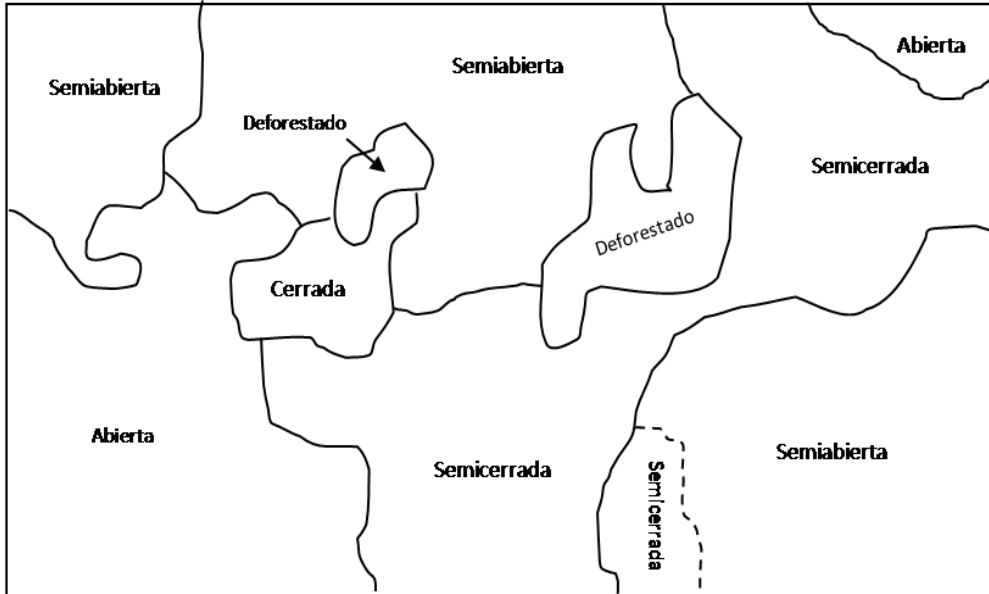
Clave	Categoría	Cobertura
1	Cerrada	>80 %;
2	Semicerrada	55-79 %
3	Semiabierta	30-54 %
4	Abierta	10-29 %
5	Deforestado	Menos de 10%

**Figura 5. Representación de cambios de cobertura visualizada a través de polígonos.**



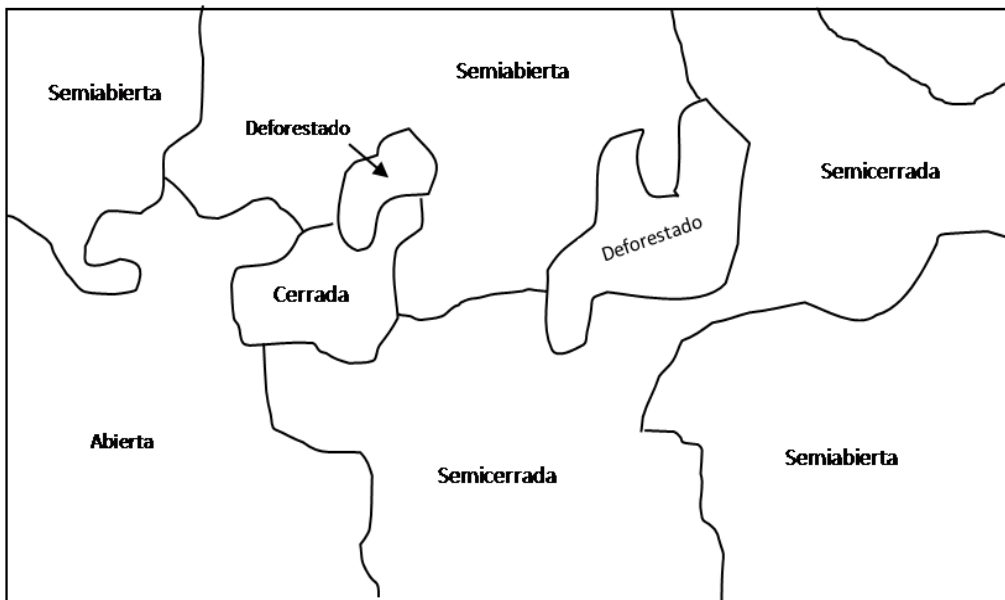
5a.- Estado inicial de cobertura en 2003.

**2009**



5b.- Cambios resultantes en 2009 (periodo 2008-2009).

**2009**



5c.-Fusión de polígonos que comparten límites.

En la figura 5 se representan los cambios resultantes entre los años 2003 y 2009, éstos son identificados por fotointerpretación con base al grado de disturbio de cobertura forestal. En 5a) se indica el estado inicial de cobertura, 5b) son los cambios resultantes para 2009, y 5c) representa la fusión de polígonos que comparten límites.

Esta etapa se finaliza con la incorporación de los polígonos resultantes de la fotointerpretación a un SIG mediante restitución fotogramétrica en pantalla de una computadora personal.



## **Etapas 2.**

### **a. Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 9.2).**

Mientras que los cartógrafos han creado mapas manualmente desde hace miles de años, la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica proveen una herramienta para extender y potenciar la ciencia y el arte de hacer mapas.

La cartografía permite la visualización del espacio geográfico, y el SIG permite la manipulación de la información espacial, la cual utiliza capas que representan un elemento en la superficie terrestre, que en su conjunto y fusión, dan un mejor panorama de las condiciones en un determinado tiempo y lugar.

Ahora bien, visualizar y representar cartográficamente la información en un SIG, agrega una serie de ventajas a los métodos tradicionales de manejo y análisis de mapas impresos, sin dejar de respetar las convenciones que en rigor un mapa debe cumplir. La primera ventaja se refiere a la facilidad de ampliar o reducir la escala de visualización del área de interés, o bien pasar de un nivel de agregación espacial a otro, revelando detalles distintos en cada caso (Longley, 2001, citado en Backhoff, 2005).

La Geografía utiliza a los SIG como enlace para almacenar y manipular información diversa, lo que posibilita analizar patrones, relaciones y tendencias para ser integrados y correlacionados fácilmente con múltiples datos.

Los datos geográficos describen objetos desde un mundo real en términos de: a) su posición respecto a un sistema de coordenadas conocido, b) sus atributos que están conectados con su posición (como es color, costos, pH, incidencia de muertes, etc.) y c) su interrelación espacial con cada uno (relaciones topológicas), las cuales describen cómo en su conjunto son ligados éstos atributos o como pueden viajar entre ellos (Burrough, 1990).

El proceso de representar cartográficamente la información en un SIG, es abierto, se pueden agregar y actualizar permanentemente las bases de datos que le dan origen, a diferencia de los mapas en papel; además como ventaja adicional, vale decir que el usuario en el ambiente de un SIG puede crear de manera interactiva su propia visión del espacio representado (Backhoff, 2005).



De esta manera, los SIG constituyen una herramienta útil para diversas disciplinas y actualmente han tomado gran importancia, ya que su adecuada aplicación ayuda en la mejor toma de decisiones mediante el análisis de información geográfica reduciendo costos y tiempo, además de facilitar el acceso de información a cualquier tipo de usuario

Como parte de la metodología empleada en el proyecto de evaluación de cambios de cobertura forestal se utilizó el software ArcGIS 9.0 para el manejo y análisis de la información geoespacial, la cual es una abstracción o representación de la realidad geográfica.

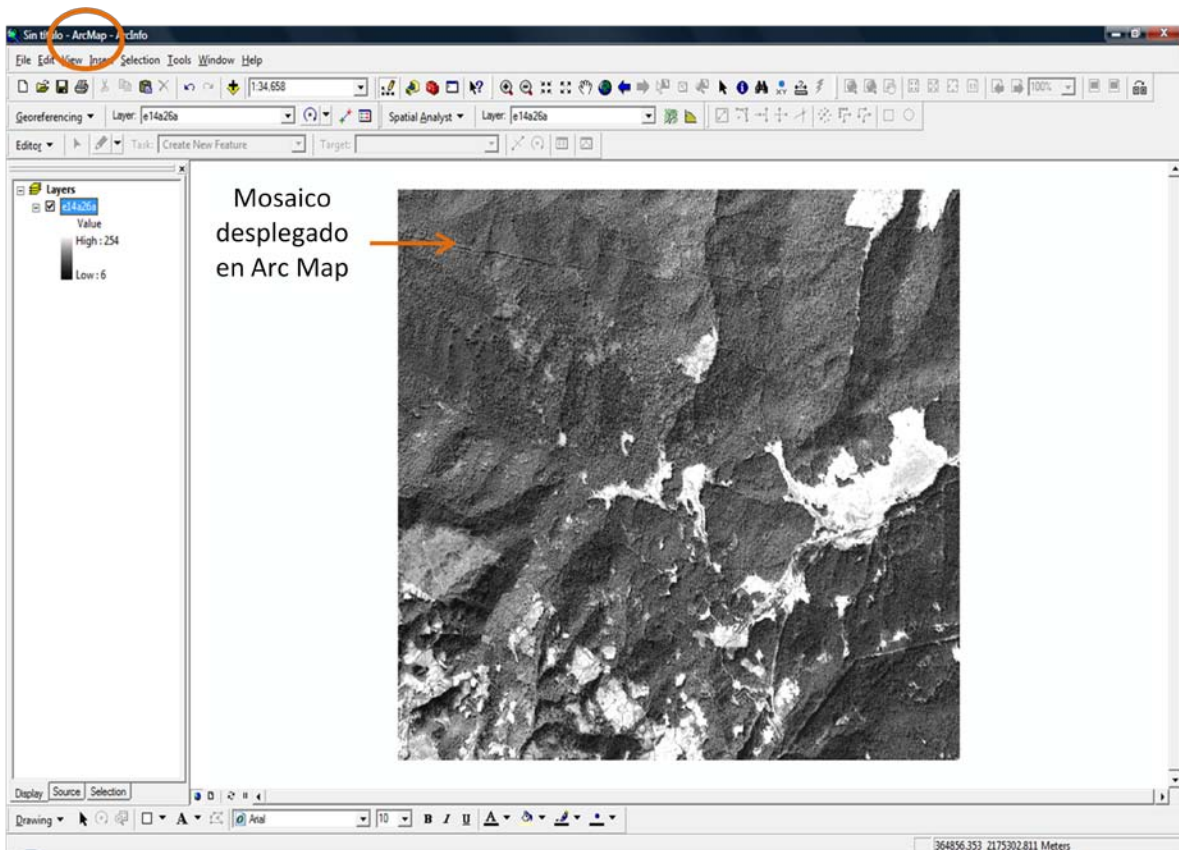
ArcGIS es una colección de varias aplicaciones, entre ellas está ArcMap que permite la entrada de datos, búsquedas estadísticas y geográficas, además de la edición de mapas para su impresión. En ArcMap se logra el despliegue de las diferentes capas de información utilizadas para su manejo (cobertura forestal, red hidrográfica, polígono de la reserva, índices de vuelo, así como las fotografías aéreas digitales y el mosaico ortocorregido), edición, consultas de atributos, análisis espacial, georreferenciación, exportación de mapas, entre otras herramientas. En ella también es posible acceder de manera directa a las aplicaciones de Arc Catalogo y Arc Toolbox.

Arc Catalog es una aplicación para organizar y documentar los datos geográficos. Aquí se permite editar las bases de datos, la transferencia de archivos y acceder mediante la estructura de árbol a todas las carpetas disponibles en el sistema, además admite la conexión con otros folders y de igual manera, accede directamente a las aplicaciones de ArcMap y Arc Toolbox.

Arc Toolbox se usa para el geoprocésamiento; combinar capas de información, manipulación de los datos, definición y transformación de sistemas de coordenadas, y otros. Esta aplicación ayuda a la extracción de polígonos, la intersección de características entre capas, y unir campos entre dos tablas de atributos, etc.

El proceso metodológico consistió en interpretar las fotografías aéreas digitales impresas en papel a escala 1:10000 y una vez verificadas en campo se procedió a la restitución en ArcGIS, ya que permitió la transferencia de la información interpretada en las fotografías aéreas de 2009 mediante digitalización en pantalla, utilizando un mosaico ortocorregido con una resolución de 2 m por pixel, elaborado con fotografías aéreas digitales del año 2003 (Imagen 3).

**Imagen 3. Mosaico ortocorregido utilizado para la restitución de la información fotointerpretada.**



Durante la restitución se igualó la escala promedio para cada fotografía empleando el método de triangulación radial, el cual se realiza ubicando tres puntos (formando un triángulo) en la fotografía impresa (acetato interpretado), que son proyectados a la ortofoto (en pantalla de la PC), para hacer coincidir los puntos y formar un triángulo, por tanto esto implica transferir triángulo por triángulo unificando los cambios de escala entre fotografía y mosaico (Imagen 4).

Imagen 4. El zoom en la ortofoto permite la igualación entre escalas.

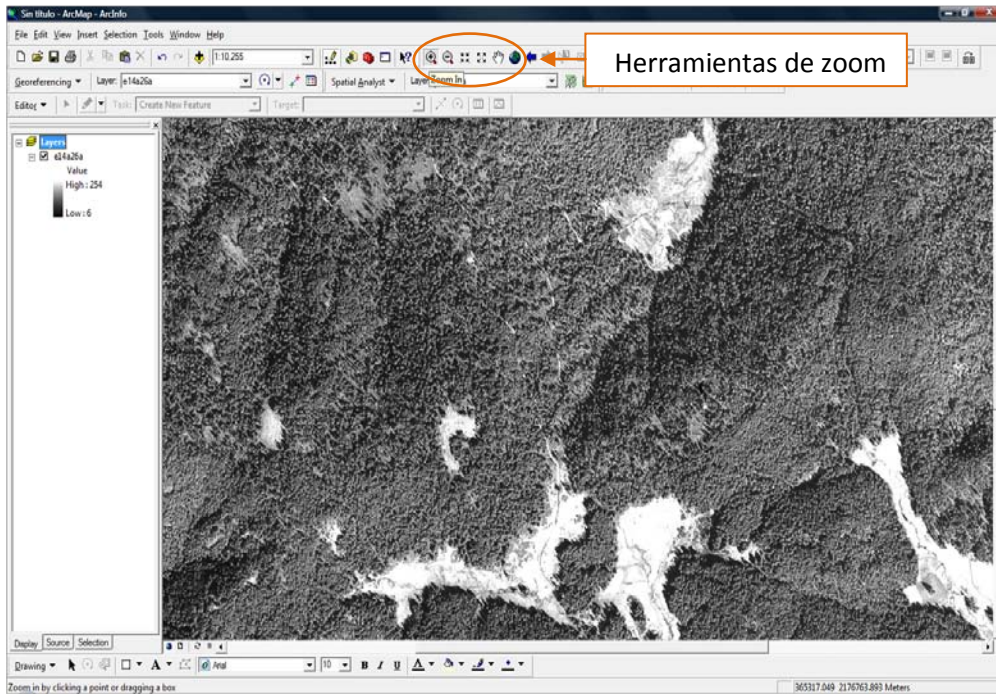
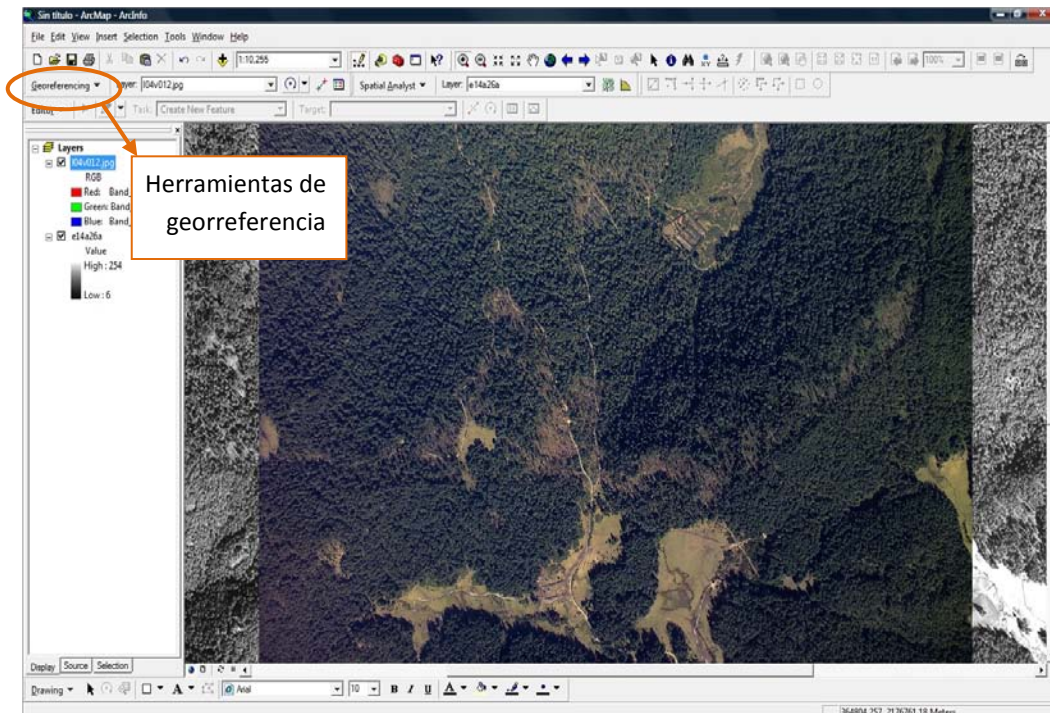


Imagen 5. Georreferenciación de la fotografía aérea digital, con base en el mosaico ortocorregido del 2003.



## **b. Georreferencia de fotografías aéreas digitales.**

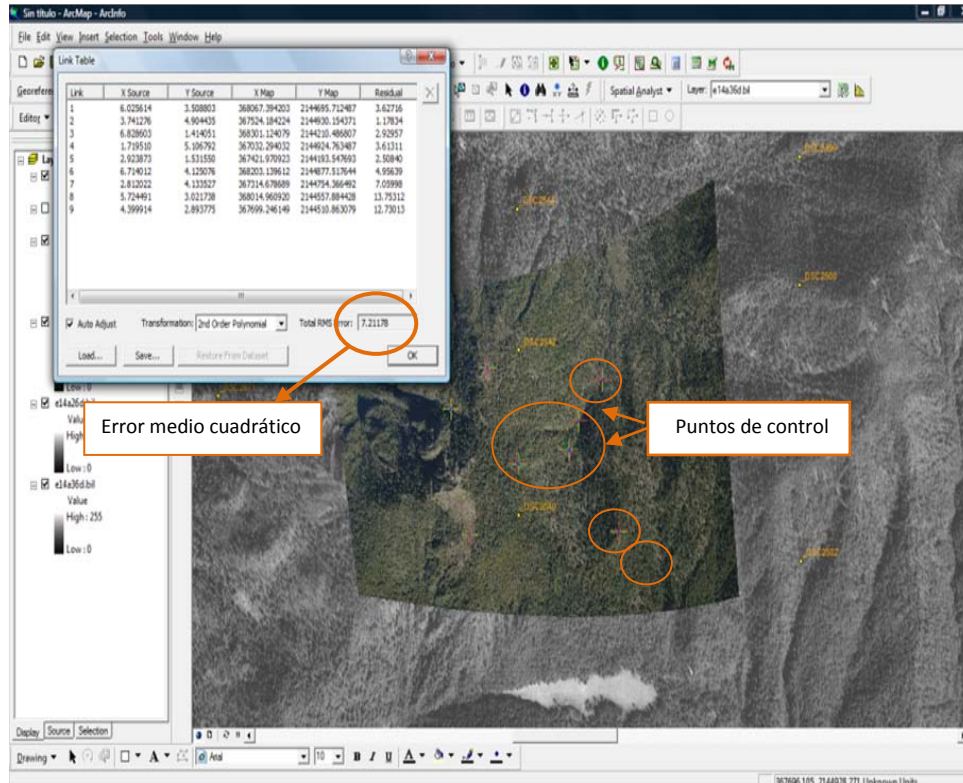
Para poder utilizar las imágenes en un SIG junto a otras capas de información, éstas primero deben ser georreferenciadas. Este procedimiento consiste en asignar a los píxeles que conforman la imagen (rejilla) una coordenada X-Y o Latitud- Longitud, que pasan de un sistema de origen a un sistema de destino. Para ello, se requiere elegir puntos de control conocidos como origen-destino y la aplicación de diversos procesos matemáticos, generalmente polinomios, pueden cambiar de la rejilla el tamaño de cada pixel. (Moreno, 2008).

Con el número de puntos de control adecuado a cada ajuste, el programa calcula el error medio cuadrático, lo que resulta de gran utilidad para detectar los puntos menos precisos. Si un punto de control excede el margen de error, éste puede ser eliminado de la tabla y ser sustituido por uno nuevo.

Con polinomios de primer orden se requiere un mínimo de cuatro puntos, la cual es útil para zonas planas, donde el error promedio para este proyecto no excedió los tres metros. Para el de segundo orden, empleado en zonas montañosas se requirió un mínimo ocho de puntos sin sobrepasar los ocho metros de error. Para un tercer orden se requieren como mínimo diez puntos de control. Raramente se utiliza polinomios mayores del tercer orden, siendo frecuentes los de primero y segundo orden (Imagen 6).



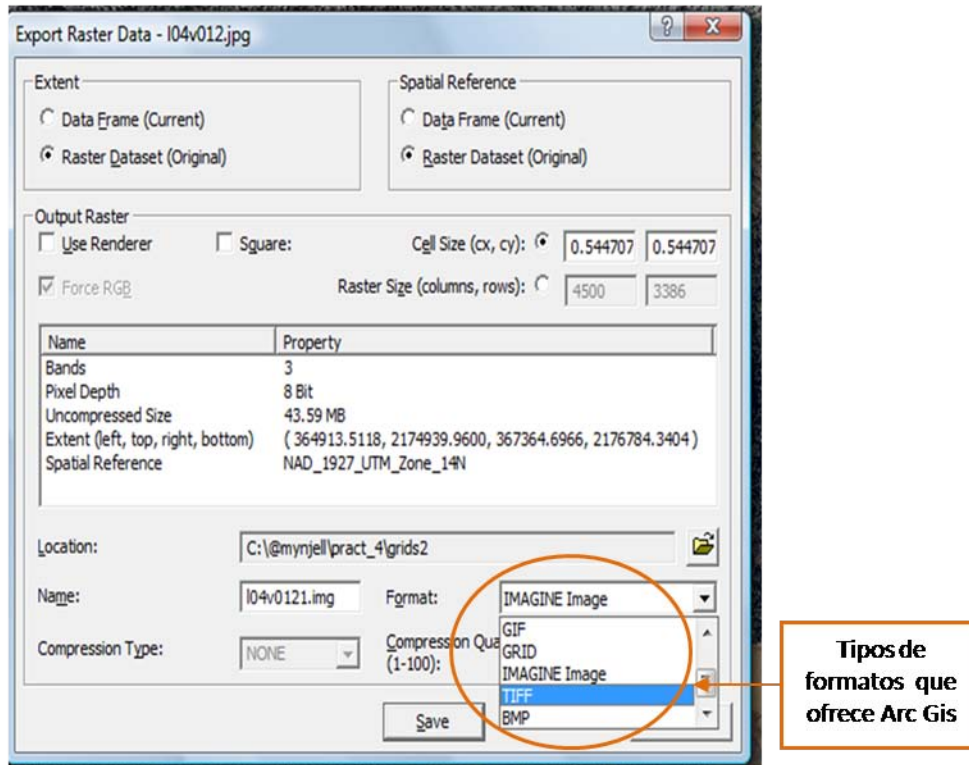
**Imagen 6.- Registro de puntos de control y error medio cuadrático.**



Las técnicas convencionales de fointerpretación como la identificación de elementos como ríos, depresiones, cimas, poblados, carreteras, etc. son utilizadas en el proceso de georreferencia, con base a ello se permite insertar puntos de control lo más preciso posible entre fotografía y mosaico, y así mantener un estándar de calidad en el trabajo.

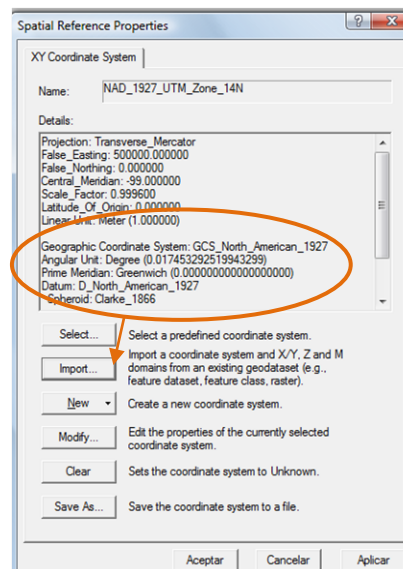
Georreferenciadas las imágenes, son guardadas en formato TIFF (Tag Image File Format). (Imagen 7).Este formato se desarrolló con el objetivo de que fuese fácilmente intercambiable entre plataformas en el momento de iniciarse la comercialización de escáner, lo que se consigue gracias a la utilización de etiquetas (Tags) en la cabecera de la imagen, con directorios de entrada de la imagen (FID), que almacenan, mediante códigos prefijados, los diversos datos necesarios para su interpretación. Los SIG tienen la capacidad de manejar esta información, pero la manipulación de una imagen fuera de este entorno puede hacer desaparecer estas etiquetas (Moreno, *op cit*).

## Imagen 7. Exportación de imagen en formato TIFF



Guardada la imagen se utiliza como una capa a la cual se le asigna una referencia espacial (sistema de coordenadas) que puede ser elegida entre los predeterminados que el programa presenta, importado de otro archivo, o bien generado como uno nuevo (Imagen 8).

## Imagen 8. Asignación de Referencia Espacia



### a. Digitalización de polígonos de cambios.

El siguiente paso es incorporar las capas vectoriales (de puntos, líneas y polígonos) al módulo de ArcMap, para ello se requiere extraer de la fotografía georreferenciada el área interpretada para digitalizar sobre esta zona (Imagen 9). El proceso de digitalización se lleva a cabo empleando las utilidades que ofrece la barra de herramientas de *Edición*. Las herramientas contenidas en dicha barra permiten abordar diferentes tareas, desde la propia digitalización de los nuevos polígonos de cambios hasta la posterior edición de su geometría y de sus correspondientes atributos contenidos en las tablas de datos asociadas.

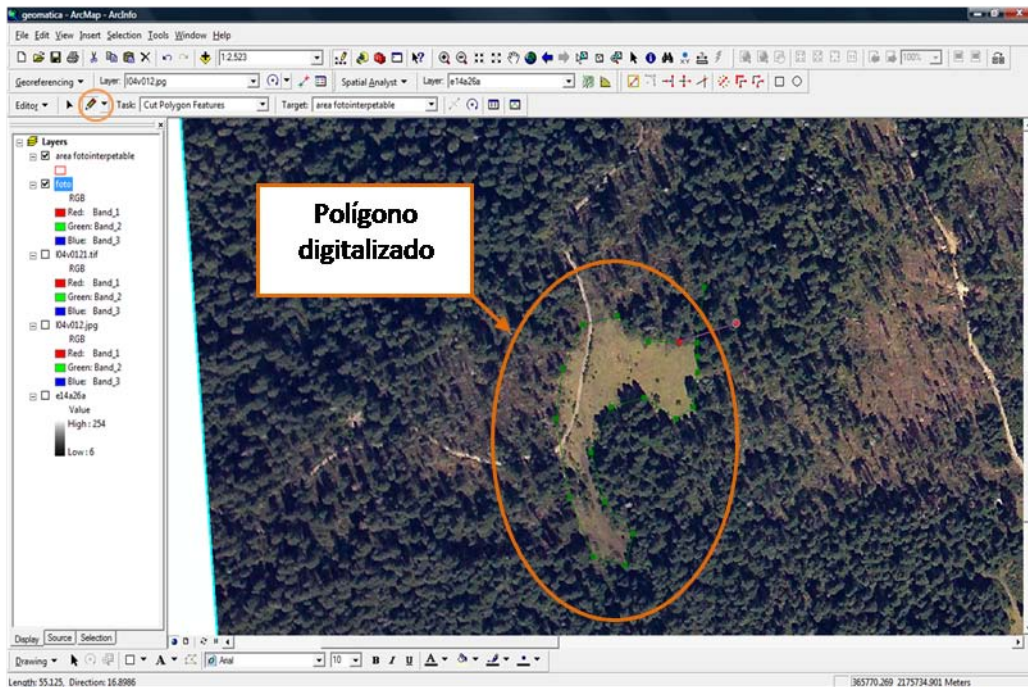
**Imagen 9. Extracción del área fotointerpretable a través de la aplicación Arc Toolbox**



Para digitalizar líneas o polígonos se requiere elegir la herramienta para el trazado de cualquier elemento (*Sketch Tool*), la cual esta representada por un lápiz ubicado en la paleta de herramientas.

La digitalización consiste en situar el cursor en la zona ubicada como cambio y colocar un punto mediante un clic. Será necesario insertar “n” número de puntos requeridos para formar los polígonos y delimitar los cambios que fueron interpretados en las fotografías. (Imagen 10).

**Imagen 10. Proceso de digitalización en un polígono de cambios**



Una de las aplicaciones más prácticas que ofrecen las opciones de edición es la denominada *Snap* o salto de vértice, llamada también ajuste, encaje o captura, que permite hacer coincidir ciertas partes de un elemento con las de otro, ya sean vértices o bordes. Así se puede lograr un ajuste exacto o colindancia entre polígonos de modo que compartan un mismo lado, o ajustar líneas para que converjan en un punto determinado, evitando superposiciones (*overshoots*) o separaciones (*gaps*). (*Ibíd.*)

La aplicación de *Snap* en la actualización de una capa de cambios de cobertura forestal es muy importante, ya que al no ser activada, se incurre en uno de los principales errores



al digitalizar, ya que al no compartir un mismo lado o vértice se producen falsos polígonos que alteran los resultados y la calidad del trabajo, llevando incluso más tiempo la corrección que la digitalización.

Cada polígono digitalizado (Imagen 11) es etiquetado e identificado en su tabla de atributos, algunos datos adicionales pueden ser agregados a su tabla como: área correspondiente del polígono, categoría, estado al que corresponde, etc.

En conjunto todos los polígonos digitalizados forman una nueva capa (layer) de cambios de cobertura forestal (2009), la cual es utilizada para la elaboración de su respectiva cartografía de cambios, así, esta nueva capa (mapa actualizado) permite la generación de nueva información geográfica.

**Imagen 11. Polígono digitalizado**

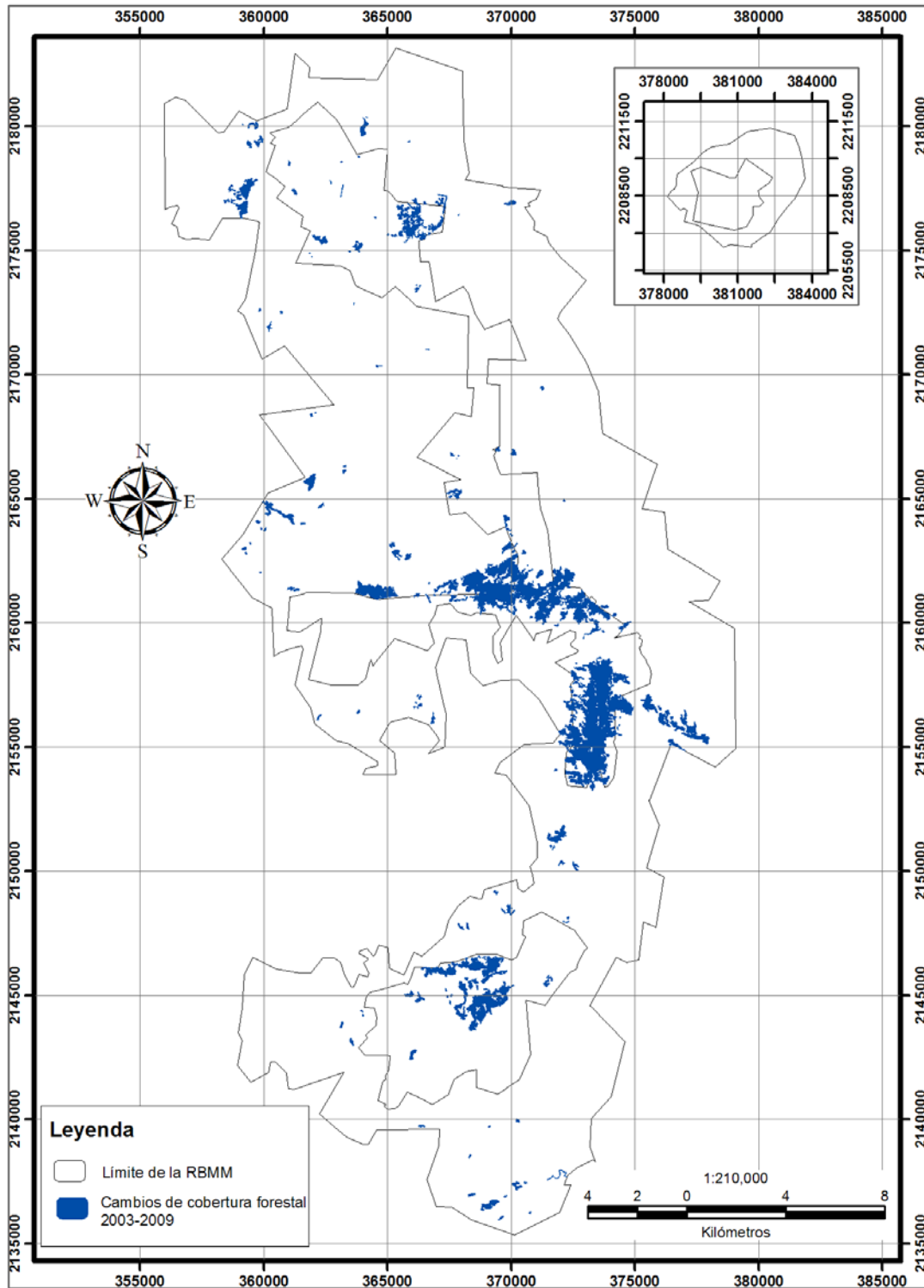


#### **d.- Elaboración de cartografía.**

La fotointerpretación y digitalización dio como resultado el mapa de densidad de cobertura forestal para el periodo que corresponde a 2008-2009. La determinación de los cambios de cobertura por fotointerpretación, permitió la separación de las zonas de cambios entre el periodo de 2003 y 2009 de acuerdo a las categorías utilizadas en estudios anteriores (Cerrada, Semicerrada, Semiabierta, Abierta y Deforestado). De esta manera, los mapas resultantes fueron los cambios (en este caso de impactos negativos) para 2003, 2009 y 2003-2009.

Finalmente los resultados se corroboraron en campo con base en recorridos por las zonas en las que se detectaron dichos cambios.

# CAMBIOS DE COBERTURA FORESTAL 2003-2009 EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA



Mapa 1: Elaboró Mynjell Salcedo Barragán.

Fuente: PAPIIT

### **ETAPA 3.**

#### **a. Presentación de resultados.**

Una manera eficaz para presentar la información geográfica de análisis multitemporal es a través de matrices con fusión tablas de resultados, gráficas comparativas, mapas, todo aquello que visualmente sea atractivo, fácil y rápido de entender para aquél usuario que consulte la información con el objetivo de informarle o en último caso, generar nueva información.

Parte de la metodología empleada para el análisis de cobertura forestal consistió en la extracción de tablas de atributos del sistema de información geográfica. Este procedimiento se realizó a través de la exportación de la tabla de ArcGIS a Excel. Para ello se requiere ingresar al SIG y desplegar la capa de cambios que se digitalizó (2009), donde se consulta la tabla de atributos y, mediante la opción de “exportar tabla” se selecciona el formato, que en este caso fue \*.xlsx (Excel).

Con los datos exportados en la hoja de cálculo (previamente depurados), se obtiene el total de hectáreas de acuerdo con cada nivel de densidad de cobertura forestal (cerrada, semicerrada, semiabierto, abierto y deforestado). Esto permite saber qué cantidad de cobertura fue restaurada y/o degradada (tabla 1).

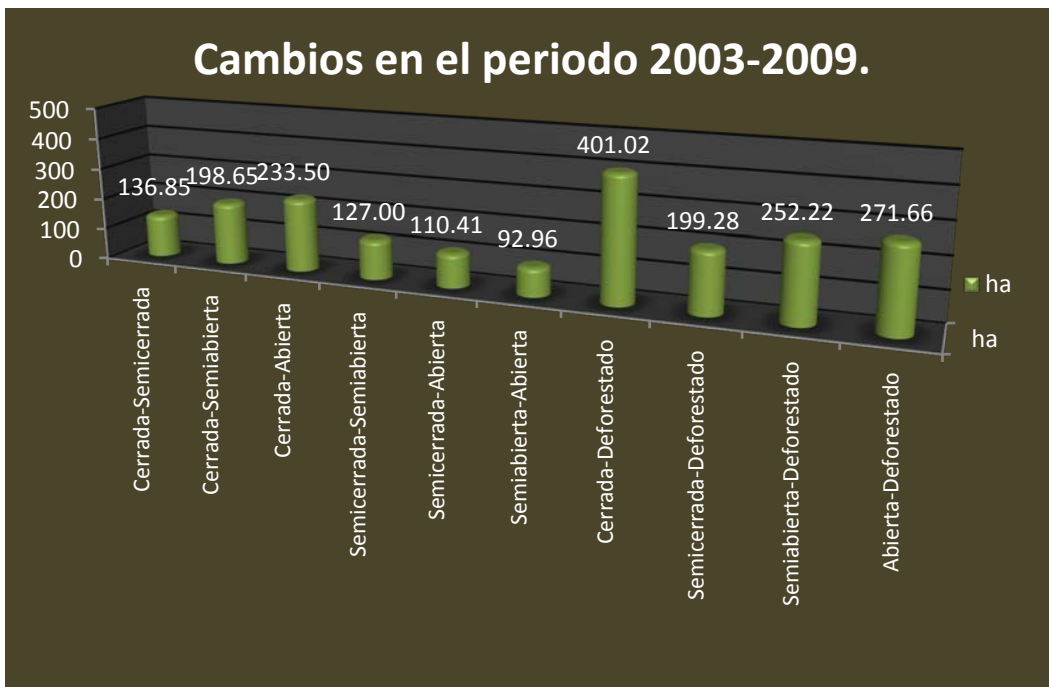
Teniendo los resultados, se extraen las cantidades totales para cada categoría y se ubican en una tabla para su representación. También se realizaron gráficas de barras para hacerlas visualmente comparativas (gráfica 1)

Las tablas realizadas presentaron sólo los resultados de deforestación, degradación y superficies totales para cada período (tablas 2, 3 y 4), además se realizó una gráfica comparativa que comprende períodos de 2003-2005, 2005-2007, 2007-2009 y 2003-2009. Esto permitió hacer un análisis multitemporal (retrospectivamente) y obtener porcentajes de restauración o degradación de cambios de cobertura forestal de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. De igual manera, se tiene pensado en un futuro cercano hacer análisis de cambios de cobertura forestal prospectivamente para obtener índices de tendencias de cambios.

**Tabla 1. Cambios 2003-2009.**

Cambios de 2003-2009	Ha
Cerrada-Semicerrada	136.85
Cerrada-Semiabierta	198.65
Cerrada-Abierta	233.50
Semicerrada-Semiabierta	127.00
Semicerrada-Abierta	110.41
Semiabierta-Abierta	92.96
Cerrada-Deforestado	401.02
Semicerrada-Deforestado	199.28
Semiabierta-Deforestado	252.22
Abierta-Deforestado	271.66
<b>Total</b>	<b>2023.55</b>

**Gráfica 1. Cambios 2003-2009.**



Elaboró: Mynjell Salcedo Barragán.

Tabla 2. Degradación 2009.

Degradación	Ha
	136.85
	198.65
	233.50
	127.00
	110.41
	92.96
<b>total</b>	<b>899.38</b>

Tabla 3. Deforestación 2009

Deforestación	ha
	401.02
	199.28
	252.22
	271.66
<b>total</b>	<b>1124.17</b>

Tabla 4. Superficie total

<b>Deforestación</b>	<b>1124.17</b>
<b>Degradación</b>	<b>899.38</b>
<b>Total</b>	<b>2023.55 ha</b>

Cuadro 3. Comparación de cobertura entre periodos.

2003		2009	
Cobertura	ha	Cobertura	ha
Cerrada	970.02	Semicerrada	37.82
Semicerrada	436.69	Semiabierta	424.68
Semiabierta	345.18	Abierta	436.88
Abierta	271.66	Deforestado	1124.17
<b>total</b>	<b>2023.55</b>	<b>total</b>	<b>2023.55</b>

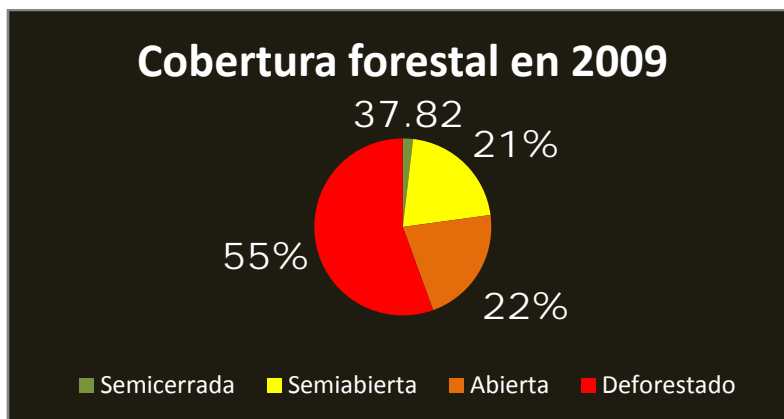
Elaboró: Mynjell Salcedo Barragán.

Los cambios de cobertura forestal fueron representados en gráficas y cuadros comparativos. Como se muestran en las gráficas 3 y 4, para el año de 2003 se presentó un cambio muy evidente para la categoría “Cerrada” que representaba un 48% de cobertura. Sin embargo para 2009, esta categoría disminuyó considerablemente hasta llegar al 2%, por lo tanto la categoría “Deforestado” con 1124.17 h (55%) para 2009 toma un lugar más evidente de impacto negativo. Esta categoría no era muy significativa para en el año 2003 (Cuadro 3). Ello indicó que en los diferentes niveles de cobertura forestal la degradación va en aumento.

A pesar de este evidente cambio negativo hay que mencionar que también muchas zonas en la Reserva han presentado grandes recuperaciones de cobertura forestal, es aquí donde se refleja la importante participación de las comunidades que participan en Fondo Monarca. Se sabe que los impactos negativos en la región son causados principalmente por la tala ilegal y por los predios que no participan dentro del programa de incentivos económicos, como el caso de Crescencio Morales y la comunidad indígena (C.I.) de Nicolás Romero.

**Grafica 3 y 4. Degradación forestal 2003-2009**





Elaboró: Mynjell Salcedo Barragán.

#### **b. Exportación de datos y mapas.**

Otra actividad de gran importancia consiste en la exportación de los mapas finales de cambios de cobertura forestal del SIG al formato TIFF (Tag Image File Format).

Cualquier proyecto dentro del SIG necesita mostrar en algún momento los resultados cartográficos alcanzados, ya sea en procesadores de texto, presentaciones mediante diapositivas, páginas web, o bien ser enviados a una imprenta para su edición.

ArcMap muestra los mapas de dos formas: como vistas de las capas (layers) que lo integran, y como composiciones cartográficas (layouts). Por este motivo, exportar la vista de una capa o de una composición implica exportar su presentación, y sólo los atributos requeridos de acuerdo a las necesidades del proyecto (límites entre zona núcleo y amortiguamiento, límites municipales, etiquetado de las coberturas, redes de drenajes etc.). Los formatos utilizados son estándares de imagen como: TIFF , EMF, BMP, EPS, PDF, JPEG, PNG (*Ibíd.*).

El formato utilizado para la exportación del mapa de cambios de cobertura fue el TIFF (Tag Image File Format). Este tipo de archivo es uno de los formatos más versátiles. Suponen la mejor elección cuando el fichero va a ser utilizado desde diversos sistemas operativos.



Para su utilización como formato de exportación se hace necesario tener en cuenta algunos aspectos. Las opciones (Options) existentes en cada formato permiten especificar una serie de preferencias en las exportaciones. Estas preferencias adquieren distinta importancia en función del objetivo y son diferentes en unos casos y otros, en aspectos como la calidad, el tamaño, el color de fondo, la capacidad de transparencia, la creación de archivos de referenciación, etc.

Las modificaciones en la resolución son posibles en todos los formatos mediante la elección del número de puntos por pulgada (ppp, *dpi*, *dots per inch*; 1 pulgada= 2.54 cm), que deberá guardar relación siempre con el objetivo. Los puntos por pulgada son un sistema de medida utilizados en la imprentas para la calidad de la impresión: más puntos más calidad, pero teniendo en cuenta que un número excesivo de puntos, en función del grado de absorción del papel y de la calidad de la tinta, pueden empastar las imágenes haciéndolas ilegibles.

Lo mismo sucede de alguna forma, con las imágenes tratadas en un ordenador para ser impresas, sólo que en este caso la relación se establece también con la memoria que ocupará la imagen y el consecuente tiempo empleado para su generación y lectura. Por ello conviene saber con antelación el uso que se va a dar a la imagen para, en función de ello, elegir el número adecuado de puntos por pulgada de la exportación. Por ejemplo, si la imagen a exportar es para su visualización en un monitor de 72 dpi (72 celdas en 2.54 cm), con esta cantidad será suficiente, si por el contrario, el documento va a ser utilizado por una filmadora para ser editado con muy alta calidad, deberá superar los 750 dpi. No obstante, hay que tener en cuenta que el proceso de exportación nunca mejorará la imagen original: en consecuencia, es aconsejable realizar varios ensayos con calidades distintas, incluso exportar documentos para diferentes usos (*Moreno, op. cit.*).

Finalmente, cada mapa en formato TIFF, con su respectiva base de datos fueron organizados en folders etiquetados con respecto al período y guardados en su carpeta correspondiente dentro del disco duro de la computadora.

Cada resultado obtenido es revisado cuidadosamente para evitar errores de cálculo y mantener el estándar de calidad, esto es de gran importancia, ya que en el mismo proceso de digitalización, se llegaron a detectar errores respecto al número resultante de polígonos digitalizados. En algunas ocasiones existieron más polígonos de los que realmente debieron de ser, algunos fueron posibles de identificar por la falta de etiquetas,

las formas del polígono, y en otras ocasiones se tuvo que recurrir a revisar las fotografías interpretadas, las cuales fueron comparadas con la cobertura de cambios que se digitalizó y así corregir los falsos polígonos.

#### **IV.- Compendio de imágenes fotográficas y diapositivas**

Como complemento a la evaluación de cambios de cobertura se realizó la organización de fotografías digitales, impresas, y diapositivas tomadas en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en los recorridos de verificación de campo.

Las fotografías impresas y diapositivas (en positivo) fueron escaneadas y etiquetadas, esta actividad fue enriquecedora ya que a través de las imágenes se mejoró el conocimiento de la Reserva.

Todas las fotografías fueron clasificadas temáticamente y, posteriormente, fueron archivadas en un folder de acuerdo con el tema contenido (vegetación, suelo, actividades económicas, tala de árboles, criaderos de truchas, colonias de mariposas, mariposas con flor, servicios, población, etc.).

Es sabido que una imagen dice más que mil palabras, ejemplo de ello son las imágenes que plasman la forma de vida de algunas familias, ya que se pudo observar el tipo de vivienda que habitan, algunas de las actividades económicas a las que se dedican, como son los criaderos de truchas y la venta de artesanías. Otro aspecto importante que se aprecia es el ecoturismo en donde sobresale el santuario “El Rosario”.

Las colonias de las mariposas monarcas sobresalen entre las imágenes, estas conforman grandes racimos sobre los árboles en estado de hibernación y otras en actividad, lo cual era un índice para saber la época del año en que fueron tomadas las fotografías. La vegetación de la reserva también estaba representada con pinos, encinos y oyameles.

La organización de imágenes terminó con la creación de discos compactos (dos volúmenes) con toda la galería fotográfica ordenadas en carpetas. La portada fue diseñada con las imágenes más representativas de cada contenido temático.

El término de servicio social concluyó con una salida de campo del 3 al 5 de diciembre del 2009, cuya finalidad fue comprobar todo aquello que pudo ser percibido a través de las imágenes y ver el estado de conservación en la reserva. Se tuvo acceso a los santuarios “El Rosario” y “Sierra Chincua”, por la época del año, las mariposas se encontraban hibernando, por lo tanto se apreciaron en un estado pasivo.

En ambos santuarios, hay una organización colectiva respecto a la actividad ecoturística, donde la mayoría de visitantes es de procedencia nacional. Se puede decir que la conservación y el desarrollo pueden ir de la mano, en la medida que la protección y restauración generen fuentes de empleo locales más sustentables que la extracción irracional de sus recursos.

Debe aclararse que mucha de la población (normalmente masculina) tiene otros oficios como albañilería, carpintería, agricultura, etc. ello debido a las temporadas bajas de turismo en los periodos donde la mariposa monarca emigra a Estados Unidos y Canadá, ya que ésta es el principal atractivo, debiendo ampliar las actividades productivas o la multifuncionalidad en esta región.

Un aspecto que hay que resaltar es la situación socioeconómica que presenta la población, no sólo en la reserva, sino en la mayoría de los estados de la República Mexicana que tienen un rezago en el crecimiento económico y educativo. Esto es la situación de flujos migratorios. Se ha establecido que Michoacán es indudablemente una de las entidades que provee el mayor número de migrantes (Calvo y López, 1998), sin embargo se ha prestado poca atención en el papel de la mujer en el proceso migratorio.

El caso de las mujeres de migrantes, las miles de esposas que, en ausencia del esposo, deben "tomar las riendas" para asegurar la reproducción social del grupo doméstico. En muchas ocasiones, estas mujeres asumen tareas abandonadas por el migrante. Ello trae como consecuencia una mayor incorporación de la mujer al mercado de trabajo. Así mismo reflejará el progresivo reconocimiento y aceptación de la mujer generadora de ingresos. Las repercusiones de estos cambios fundamentales rebasan el ámbito estrictamente familiar.

La ausencia prolongada de hombres adultos, o al menos en edad productiva, es uno de los indicadores más patentes de la migración en muchas localidades. Ausencia que normalmente se traduce en remesas de dinero del migrante destinadas, además de cubrir los gastos de manutención, a mejorar la vivienda, invertir en maquinaria agrícola, adquirir un terreno, iniciar un pequeño comercio, costear los gastos educativos de los hijos, etc.

De esta manera las esposas que se quedan a cargo de la familia funge en determinadas circunstancias como jefe de familia, que debe asumir una serie de papeles que la colocan en un lugar central dentro de la estrategia familiar de reproducción social. Papeles como

son: Sostén económico temporal de la familia, administradora del patrimonio familiar, educadora de los hijos.

En síntesis, es claro que la ausencia de los hombres adultos en muchos pueblos de migrantes ha contribuido a una reorganización de la división del trabajo en el interior del grupo doméstico.

Muchas mujeres se incorporan al mercado de trabajo. Dicha incorporación ha implicado la incursión de la mano de obra femenina y muchas veces infantil en labores antes consideradas como exclusivamente masculinas, tanto en el sector agrícola como en el no agrícola.

En cuanto a la participación de la mujer en el sector no agrícola, y que es muy evidente en la reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, es que la mujer michoacana se ha destacado como comerciante y como artesana. Sobre todo en épocas vacacionales, que es la temporada turística alta para los pobladores.

Por otra lado, durante el recorrido a los alrededores de la reserva fueron perceptibles algunas formas de vida de los pobladores, por ejemplo la ganadería de traspatio fue evidente, donde algunos pobladores cuentan con gallinas, burro, caballos (los que tienen la posibilidad de adquirirlo), vacas, cerdos y borregos para autoconsumo. Otras personas en cambio se dedican, como ya se mencionó al comercio. Una de las actividades económicas relativamente nuevas son los invernaderos de flor de noche buena, los cuales son abundantes y llegan a ser exportadas en épocas invernales.

Existen operativos por parte del gobierno para controlar la tala ilegal de los bosques y alteración ambiental, que muchas veces no es suficiente debido a los ingresos económicos mayores que pueden ser obtenidos en comparación con los pagos por servicios ambientales.

Es importante considerar los aspectos sociales que influyen en la alteración ambiental. El recuento de los daños se incrementa año con año, y uno puede encontrar en cifras actuales que el deterioro ambiental continúa a pesar de las políticas, las convenciones internacionales, las declaraciones de los gobiernos que supuestamente tienen bien integrada en su agenda del tema de desarrollo sostenible.

La preocupación por el tema no es gratuita. Toda sociedad en mayor o menor medida es vulnerable a las transformaciones de su entorno natural; al respecto se pueden identificar algunos aspectos que en la actualidad hacen más grave esto; como la escala de cambio ambiental que afecta cada vez a mayor cantidad de personas.

Si bien la migración ha sido una salida empleada por la humanidad en toda su historia para enfrentar el deterioro de sus recursos, el espacio disponible es cada vez menor, de manera que la restauración de ecosistemas se hace socialmente necesaria.

Mientras más rápido avanza el deterioro ambiental y las alteraciones de los ecosistemas, más disminuye la capacidad de la sociedad de encontrar medios alternativos para que sus actividades y su economía no se vean afectadas drásticamente. Si bien la sociedad en su conjunto se ve perjudicada de diversas maneras por el deterioro ambiental, las más directamente afectadas son aquellas comunidades en las que la subsistencia está basada principalmente en las actividades primarias como la agricultura y la recolección y cuya capacidad para encontrar medios alternativos de subsistencia es menor.

## **V.- COMENTARIOS FINALES.**

Pueden existir diferentes formas de llegar a un mismo objetivo, de manera que siempre es necesario estar abierto a opciones que permitan la madurez de una metodología, por ello la fotointerpretación y el uso del SIG permiten aportar nuevas herramientas dentro de la metodología para mejorar la forma de trabajo y obtener mayores controles de calidad. Es necesario tener en cuenta que no siempre las herramientas de vanguardia son funcionales para ciertos trabajos de investigación. En este caso las fotografías aéreas son más funcionales que las imágenes de satélite, ya que permite una mejor precisión al identificar elementos de la imagen.

Sin embargo, si hablamos de fortalezas y debilidades de esta metodología se debe mencionar que la obtención de la principal herramienta de trabajo (fotografías aéreas) requiere mucho de una muy buena organización y disposición previa de permisos para fotografiar la zona, además de que un mal tiempo atmosférico a la hora del levantamiento aéreo podría ser una gran desventaja presentándose gran cantidad de nubes que obstruyan la visión de la zona.

Una de las ventajas que ofrece la metodología aplicada a este proyecto es que se permite obtener estudios completos a nivel detallado, garantizando establecer nuevas líneas de base para estudios posteriores. Lo que lo hace muy dinámico, e incluso permitiendo hacer evaluaciones retrospectiva y prospectivamente.

Respecto a las herramientas utilizadas, el uso de la tecnología SIG (ArcGIS 9.0), en el análisis multitemporal de cambios de cobertura forestal en Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, ha sido benéfico, ya que, se ha probado su eficiencia, confiabilidad y exactitud en evaluaciones prácticas, demostrando una interacción amigable con el usuario, permite hacer cartografía usando la propia creatividad y se pueden consultar los datos en cualquier momento y del periodo requerido, lo que lo hace igualmente dinámico. Es de suma importancia aclarar que la utilización del SIG en este proyecto no es sólo un proceso mecánico, la riqueza de esta herramienta no consiste exclusivamente en proporcionar nuevos datos a través de la cartografía, sino de informar a través de ella, y para ello se puede decir que lo más importante de esta metodología, consiste en saber interpretar la información plasmada en las fotografías aéreas digitales y transportarla a los mapas creados por el mismo sistema.

Los SIG son muy versátiles, permiten de acuerdo con su conocimiento su aplicabilidad y, sabiendo como funciona un SIG se puede saber qué se puede obtener, esto es si tenemos una necesidad de producir una interacción de elementos y sabemos lo que nos interesa obtener, el SIG nos permite llegar a él mucho más rápido y preciso.

La utilidad de los SIG no es cuestionable, sin embargo, su uso cada vez se extiende más, lo cual podría en ocasiones representar algunos riesgos, uno de ellos, el más importante, es que se suelen confundir los aspectos conceptuales del quehacer geográfico con la operación de la herramienta tecnológica, donde se derivan incongruencias como privilegiar la cuestión técnica por encima de la conceptual y la producción de nueva información no siempre confiable, aunque sí revestida de calidad y precisión.

En consecuencia, como lo menciona Bocco (citado en Backhoff, 2005), el riesgo se sintetiza en el hecho de que dentro del proceso de toma de decisiones “a los SIG se les adjudique un papel decisivo, que rebase el mero instrumento técnico, casi como si tuvieran vida propia”.

Es incuestionable que casi todo lo que pasa en la vida cotidiana ocurre en algún lugar, saber ¿dónde?, ¿en qué magnitud? y ¿cómo sucede? resulta de vital importancia en cualquier toma de decisiones, por lo tanto la información geográfica obtenida de la fotointerpretación representada en un SIG siempre es fundamental y práctica.

Finalmente, proyectos de este tipo tienen gran importancia, ya que los estudios de cambios de uso de suelo en largos periodos son pocos, en el caso de la RBMM es de las zonas que tiene mayor historial fotográfico (1999 la fecha) permitiendo conocer la dinámica del bosque y el fenómeno migratorio de la mariposa monarca.

Los procesos que ocurren en la naturaleza se dan a diferentes escalas espaciales y temporales, y se encuentran íntimamente conectados entre sí; sin embargo, estos tradicionalmente se estudian de manera aislada, de acuerdo con las diferentes disciplinas (biología, ecología, historia, geología, etc.) lo que ha generado un conocimiento muy compartimentalizado de la naturaleza. Aunado a esto, las evaluaciones científicas y las políticas de financiamiento de la investigación se han realizado tradicionalmente a corto plazo, lo cual ha propiciado una tendencia a estudiar procesos a pequeñas escalas.

Podremos visualizar que, detrás de la severa crisis ambiental global presente, este precisamente la falta de entendimiento de los procesos naturales y de los impactos que



el desarrollo social y económico ha tenido en la manipulación y transformación de los ecosistemas naturales a mayores escalas (de décadas y a niveles regionales y globales).

Como dice Turner ( 2003) “Un enfoque de red de investigación ecológica a largo plazo (LTER, por sus siglas en inglés) enriquece notablemente el estudio de las perturbaciones al incluir ecosistemas sujetos a una amplia gama de éstas, pues proporciona información de referencia (estado inicial) y sobre el largo plazo, lo que permite detectar los cambios y medir las respuestas. Este enfoque, además, posibilita la realización de observaciones de eventos poco frecuentes o de larga duración, facilita el uso de aproximaciones multidisciplinarias, proporciona herramientas para la modelación de la dinámica de la perturbación y contribuye al manejo de los recursos bióticos”.

## VI. Fuentes de consulta

Backhoff, P. M.(2005) *Transporte y Espacio Geográfico*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. pp. 29-32.

Burrough, P. (1990) “ Geographical Information System”. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York,USA: Oxford University Press. pp. 1- 4.

Caire, L. J (1977) *Fotogrametria-1, fotogrametría terrestre*. Editorial Rodríguez. México D.F. 164 p.

Caire, L. J (en preparación). *Fotogrametría aérea*. México D.F.

Calvo y López (1998)” *Mujeres de migrantes y mujeres migrantes de Michoacán*”: nuevos papeles para las que se quedan y para las que se van” *Movimientos de población en el occidente de México*. Colegio de Michoacán.

Diario Oficial De La Federación (1986). “Decreto por el que por razones de orden público e interés social, se declara áreas naturales protegidas para fines de la migración, invernación y reproducción de mariposa monarca, así como de sus condiciones ambientales la superficie de 16, 110-14-50 hectáreas ubicados en los municipios pertenecientes a los Estados de Michoacán y del Estado de México, el 9 de octubre, de 1986). Secretaría de Gobernación. [www.dof.gob.mx](http://www.dof.gob.mx)

Diario Oficial de la Federación. (2000). “Decreto de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM).” Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. México, D.F., 10 de noviembre de 2000. [www.dof.gob.mx](http://www.dof.gob.mx)

Diario Oficial de la Federación (2009). “Acuerdo por el que se establecen las reglas de operación del programa de conservación para el desarrollo sostenible”

(PROCOCODES) Secretaría de Gobernación. México, D.F., 29 de diciembre de 2009. [www.dof.gob.mx](http://www.dof.gob.mx)

FMCN (2007) *Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza*.

[http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog\\_bosques\\_mm\\_fondo.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques_mm_fondo.php), fecha de consulta: 8 de febrero 2010.

Fondo Mundial para la Naturaleza (2005) “Caracterización socioeconómica y ambiental de los predios que participan en el fondo para la conservación de la mariposa monarca” WWF

INE (1996) *Reservas de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas*. Instituto Nacional del Ecología. México. 314p

López. G. J. (2007). *Análisis de Cambio de la Cobertura Forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006–2007)*. Reporte al Fondo Monarca, México, D.F.

Moreno, J. A. (2008) *Sistemas y Análisis de la información Geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arc GIS*. Segunda edición Edit. Alfaomega. México.

SEMARNAT (2001) *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas. Subdirección General de Conservación y Manejo de áreas Naturales Protegidas, México D.F. 138 p.

Turner, et. al (2003) *Disturbance Dinamycs and Ecological Response: The contribution of Long- Term Ecological Research*, BioScience, 53, 46-56.

WWF (2005) “Caracterización socioeconómica y ambiental de los predios que participan en el fondo para la conservación de la mariposa monarca”. Fondo Mundial para la Naturaleza

## **Material de consulta**

Fotografías Aéreas digitales escala 1: 10 000, año 2003.

Fotografías Aéreas digitales escala 1: 10 000, año 2009.

## **Figuras**

- 1.- Localización de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
- 2.- Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
- 3.- Esquema de un estereoscopio de espejos.
- 4.- Píxeles extremos y punto principal en la fotografía aérea digital.
- 5.- Representación de cambios de cobertura forestal visualizada a través de polígonos.

## **Mapas.**

- 1.- Localización de la RBMM
- 2.- Municipios que integran la RBMM.
- 3.- Cambios 2003
- 4.- Cambios 2009
- 5.- Cambios 2003-2009

## **Cuadros.**

- 1.- Incentivos económicos.
- 2.- Categorías de cobertura forestal de acuerdo a su densidad.
- 3.- Comparación de cobertura entre periodos

## **Gráficas.**

- 1.- Cambios 2003-2009
- 2.- Gráficas comparativas
- 3.- Degradación forestal en 2003.
- 4.- Degradación forestal en 2009.

## **Imágenes**

- 1.- Punto principal y puntos transferidos
- 2.- Delimitación de área fotointerpretable y polígonos de cambios.
- 3.- Mosaico ortocorregido utilizado para la restitución de la información fotointerpretada.
- 4.- El zoom en la ortofoto permite la igualación entre escalas.
- 5.- Georreferenciación de la fotografía aérea digital, con base en el mosaico ortocorregido del 2003
- 6.- Registro de puntos de control y error medio cuadrático.
- 7.- Exportación de imagen en formato TIFF
- 8.- Asignación de Referencia Espacial
- 9.- Extracción del área fotointerpretable a través de la aplicación Arc Toolbox
- 10.- Proceso de digitalización en un polígono de cambios
- 11.- Polígono digitalizado

## **Tablas.**

- 1.- Cambios 2003-2009.
- 2.- Degradación 2009.
- 3.- Deforestación
- 4.- Superficie total

## VII. ANEXOS

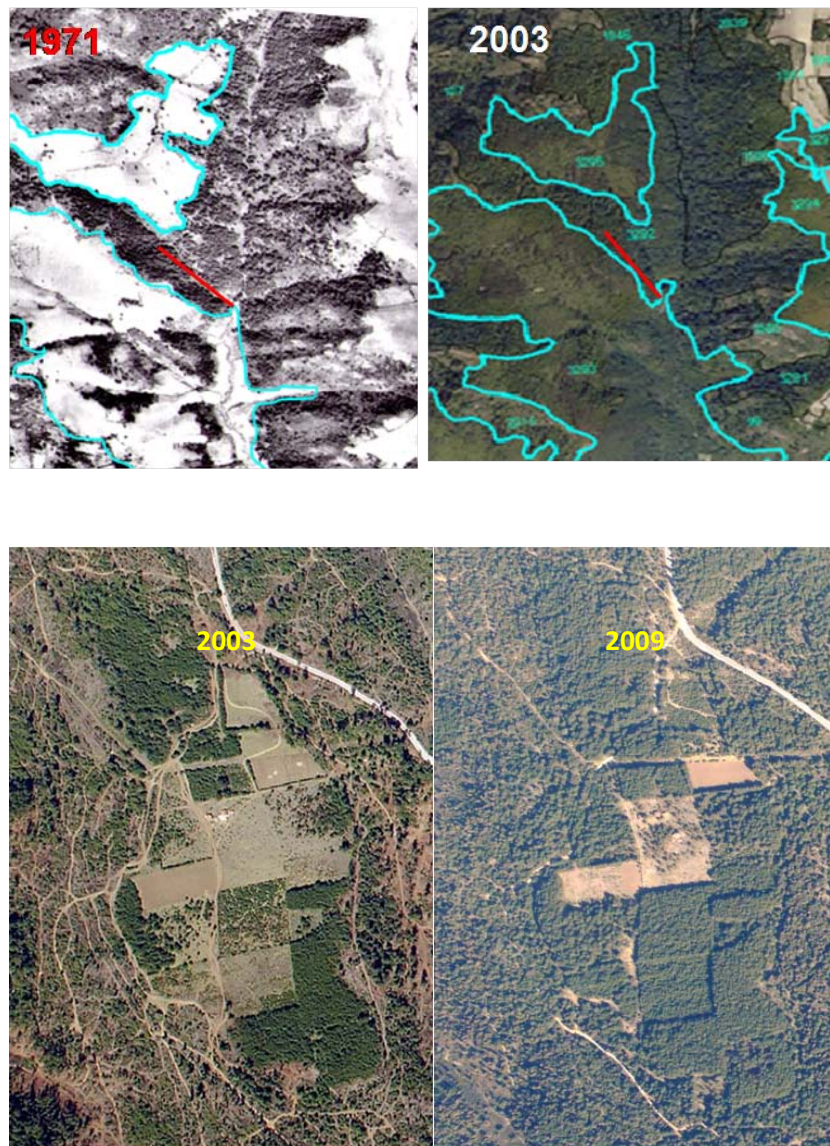
Imagen 1.-Evaluación multitemporal en la RBMM.

Tabla 1.- Predios que integran la zona núcleo en la RBMM

Mapa 1. Estados que comprende la RBMM.

Mapa 2. Municipios que integran a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

Imagen 1.- Evaluación multitemporal en la RBMM.



La evaluación multitemporal de cambios de cobertura forestal permite conocer el dinamismo presente en la reserva, al tener registros fotográficos de una periodo de años junto con las verificaciones realizadas en campo se puede analizar los factores que suscitan a la recuperación o degradación que sufre la RBMM.

La metodología empleada permite detectar y ubicar zonas de cambios a través de fotointerpretación y elaboración de cartografía asistida por computadora, sin embargo no basta con tener un mapa resultante, éste solamente se convierte en una herramienta más del análisis del espacio geográfico. De esta manera es posible destacar la labor del geógrafo, la cual consiste en interrelacionar aquellos factores (físicos, sociales, económicos y políticos) que se involucran directa e indirectamente con el objeto de estudio.

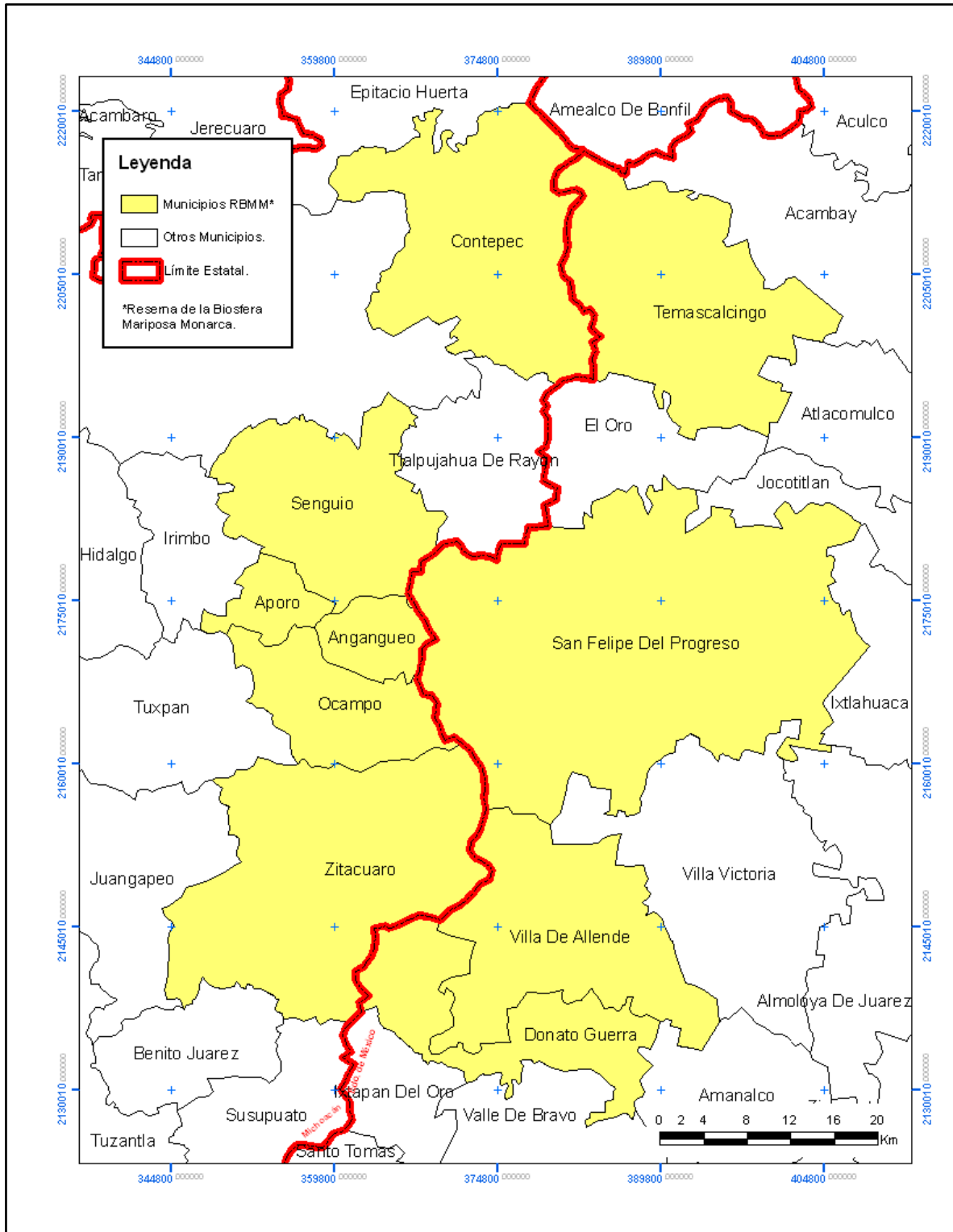


**Mapa 1. Estados que comprende la RBMM.**





**Mapa 2. Municipios que integran a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.**



**Tabla 1.- Predios que integran la zona núcleo en la RBMM**

<b>Predio</b>	<b>Sup. Zona Núcleo (ha)</b>
<b>I. Estado de México</b>	
1 Cerritos Cárdenas	14
2 Pueblo Nuevo Solís	110
3 San Pablo Malacatepec	117
4 Mesas Altas Xoconusco	165
5 San Juan Xoconusco	168
6 Cañada Seca	204
7 Rancho Verde	303
8 Los Saucos	304
9 El Depósito	311
10 El Capulín	701
11 La Mesa	726
Subtotal	3,123
<b>II. Michoacán</b>	
12 Rincón de Soto	32
13 San Felipe de los Alzati	55
14 Carpinteros	106
15 Los Remedios	119
16 Santa Ana	134
17 Anganguero	138
18 Jesús de Nazareno	171
19 Chincua	182
20 Com. Indígena Fco. Serrato	241

21 Cerro Prieto	242
22 El Calabozo Frac. 1	272
23 Hervidero y Plancha	272
24 El Asoleadero	288
25 Curungueo	299
26 El Calabozo Frac. 2	352
27 Senguio	439
28 Ejido Nicolás Romero	455
29 Contepec	464
30 Donaciano Ojeda	697
31 El Rosario	845
32 Com. Indígena Nicolás Romero	1,007
Subtotal	6,810
<b>TOTAL</b>	<b>9,933</b>