

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**Utilización de Imágenes de Satélite de Alta Resolución como
Alternativa al Uso de Ortofotos en el Manejo Forestal**

**Tesis de Maestría
Como Requisito Parcial para Obtener el Grado de**

Maestría en Ciencias Forestales

Presenta

Lucio Ancira Sánchez

Linares, Nuevo León

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**Utilización de Imágenes de Satélite de Alta Resolución como
Alternativa al Uso de Ortofotos en el Manejo Forestal**

TESIS DE MAESTRÍA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

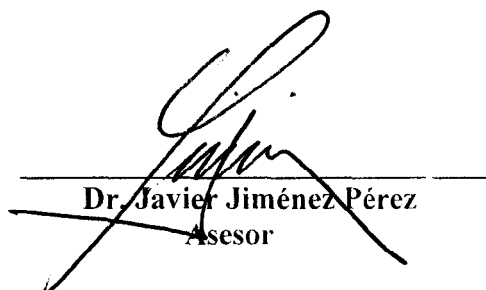
PRESENTA

Ing. Lucio Ancira Sánchez

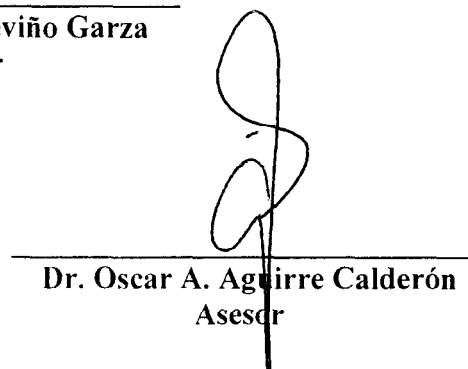
COMITÉ DE TESIS



Dr. Eduardo J. Treviño Garza
Director



Dr. Javier Jiménez Pérez
Asesor



Dr. Oscar A. Aguirre Calderón
Asesor

Linares, Nuevo León

Diciembre de 2005

CONTENIDO

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
1. INTRODUCCION	1
1.1. HIPOTESIS	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. <i>General</i>	3
1.2.2. <i>Particulares</i>	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Uso de imágenes de satélite en el manejo forestal	4
2.2. Uso de la cartografía aérea y la ortofoto en el manejo forestal	6
2.3. Los sistemas de información geográfica como herramienta para el manejo forestal	7
2.4. Manejo de ecosistemas forestales	10
2.5. Antecedentes del manejo forestal en el área de estudio	13
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1. Ubicación del área de estudio	14
3.2. Descripción del área de estudio	15
3.2.1. Fisiografía	16
3.2.2. Topografía	17
3.2.3. Clima	17
3.2.4. Suelos	17
3.2.5. Vegetación	18

3.2.6.	Hidrológica.....	18
3.3.	Trabajo de campo.....	19
3.4.	Elaboración del sistema de información geográfica del área de estudio.....	25
3.5.	Producción de ortofotos.....	26
3.6.	Procesamiento digital de imágenes e interpretación visual.....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
4.1.	Distribución espacial de las masas arboladas con potencial maderable....	33
4.1.1.	Resultados para el ejido Alfonso Corona del Rosal.....	33
4.1.2.	Resultados para el ejido Pablillo.....	40
4.2.	Caracterización dasométrica.....	44
4.2.1.	Caracterización dasométrica para el ejido Alfonso Corona del Rosal.....	45
4.2.2.	Caracterización dasométrica para el ejido Pablillo.....	52
4.3.	Elaboración del sistema de información geográfica.....	58
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
6.	LITERATURA CITADA.....	62
	ANEXO CARTOGRAFICO	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de integración de base de datos espaciales y dasométricos para la planificación forestal.....	8
Figura 2. Ubicación del área de estudio.....	15
Figura 3. Mapa de ubicación de los sitios de premuestreo en el ejido Alfonso Corona del Rosal.....	21
Figura 4. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en el ejido A. Corona el Rosal.....	23
Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en el ejido Pablillo.....	25
Figura 6. Fotografías aéreas utilizadas para producir las ortofotos antes de ser procesadas.....	28
Figura 7. Fotografía aérea con marcas fiduciarias, puntos de control y puntos de enlace capturados.....	31
Figura 8. Ortomosaico con la división dasocrática en el ejido A. Corona del Rosal.....	34
Figura 9. Mapa de rodales, resultado de la digitalización en la ortofoto del ejido A. Corona del Rosal.....	35
Figura 10. Recorte de una fracción de la imagen de satélite de alta resolución dentro del ejido Pablillo.....	37
Figura 11. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la imagen pancromática del ejido A. Corona del Rosal.....	38
Figura 12. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la ortofoto del ejido Pablillo.....	40
Figura 13. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la imagen pancromática del ejido Pablillo.....	42

NDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparativo de estrategias de manejo.....	12
Cuadro 2. Historial de los aprovechamientos en el ejido Pablillo.....	14
Cuadro 3. Resultados para el calculo del tamaño de muestra para el inventario forestal en el ejido A. Corona del Rosal.....	22
Cuadro 4. Resultados para el calculo del tamaño de muestra para el inventario forestal en el ejido Pablillo.....	24
Cuadro 5. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la ortofoto y las existencias totales de área basal y volumen.....	36
Cuadro 6. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la imagen satelital y las existencias totales de área basal y volumen.....	39
Cuadro 7. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la ortofoto y las existencias totales de área basal y volumen.....	41
Cuadro 8. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la imagen pancromática y las existencias totales de área basal y volumen.....	43
Cuadro 9. Área basal y volumen por hectárea en cada estrato.....	45
Cuadro 10. Área basal por hectárea para cada especie presente en el predio...46	
Cuadro 11. Volumen por hectárea para cada especie presente en el predio.46	
Cuadro 12. Densidad por estrato.....	47
Cuadro 13. Densidad por especie en toda la superficie estudiada del ejido Corona del Rosal.....	48
Cuadro 14. Cubrimiento de área de copas en cada estrato por hectárea.....	49
Cuadro 15. Cubrimiento de copas (m ²) por hectárea de cada una de las	

especies en los seis estratos.....	49
Cuadro 16. Numero de individuos por hectárea de la regeneración natural de cada una de las especies presentes en los seis estratos.....	50
Cuadro 17. Edad promedio, tiempo de paso, IMA e ICA para cada estrato.....	51
Cuadro 18. Área basal y volumen por hectárea en los seis estratos.....	52
Cuadro 19. Área basal y volumen por hectárea para cada una de las especies con potencial maderable presentes en el predio.....	53
Cuadro 20. Densidad por estrato de las especies con potencial maderable.....	53
Cuadro 21. Densidad para cada una de las especies con potencial maderable.....	54
Cuadro 22. Cobertura de copas para cada estrato.....	55
Cuadro 23. Cobertura de copas por hectárea para cada una de las especies con potencial maderable.....	56
Cuadro 24. Densidad y altura promedio de la regeneración natural para cada estrato.....	57
Cuadro 25. Densidad y altura promedio de la regeneración natural de cada especie con potencial maderable dentro de los seis estratos.....	58
Cuadro 26. Edad promedio, tiempo de paso promedio, incremento corriente anual e incremento medio anual por estrato.....	59

RESUMEN

Este trabajo presenta una alternativa metodológica para la generación de información usada en la planificación de las actividades forestales, se tomó como sitio de experimentación dos predios alta productividad forestal, el ejido Alfonso Corona del Rosal y Pablillo que se ubican al sur del estado Nuevo León en el municipio de Galeana.

Las metodologías se basaron en el empleo de imágenes de satélite de alta resolución las cuales han sido validadas utilizando los materiales tradicionales (fotografías aéreas) que sirvieron para describir la distribución de los recursos forestales del área y para hacer una comparación en cuanto a la calidad de la información obtenida de estos dos materiales.

Estos materiales fueron procesados con el apoyo de equipo y software especializado que se encuentra en el Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL.

Para la caracterización dasométrica se aplicó un inventario forestal estratificado aleatorio con un total de 215 sitios de 500 m² cada uno.

Se generaron ortofotos que cubren los dos predios y se obtuvo una imagen de satélite de alta resolución con cubrimiento del área; sobre los dos materiales se realizó la rodalización, se encontraron seis estratos de con potencial maderable para cada predio; con los resultados del inventario forestal y las superficies correspondientes a cada estrato se estimaron las existencias de área basal y volumen encontrándose que para el ejido A. Corona del Rosal:

De la rodalización que se obtuvo en la imagen de satélite, el 54% de la superficie corresponde a vegetación con potencial maderable, es decir, hay una diferencia en 3.5 % con respecto a los resultados obtenidos en la ortofoto, por consiguiente, la superficie de la vegetación con potencial maderable en la ortofoto se sobrestimó en 231.89 has, de tal forma que, el área basal se sobrestimó en 356.816 m² y el volumen en 2783.6994 m³ rta con respecto a la estimación con el otro material (imagen satelital).

Para el ejido Pablillo, la superficie con potencial maderable obtenida por la digitalización en la ortofoto se sobrestimó en 1760.164 m² con respecto a la obtenida con la digitalización sobre la imagen de satélite, así mismo, el área basal en 1354.5615 m² y el volumen en 8861.4887 m³ rta, lo cual se traduce en una sobreestimación del valor de los productos forestales.

SUMMARY

This work presents a methodological alternative for the generation of information used in the planning of the forest activities; he/she took like place of experimentation two properties discharge forest productivity, the public land Alfonso Corona del Rosal and Pablillo that are located to the south of the Nuevo Leon in the municipality of Galeana.

The methodologies were based on the employment of images of satellite of high resolution which have been validated using the traditional materials (aerial photographic) that served to describe the distribution of the forest resources of the area and to make a comparison as for the quality of the obtained information of these two materials.

These materials were processed with the team support and specialized software that it is in the Laboratory of Remote Perception and Systems of Geographical Information in the Facultad de Ciencias Forestales of U.A.N.L.

For the characterization dasométrica a random stratified forest inventory was applied with a total of 215 places of 500 m² each one.

Ortofotos was generated that they cover the two properties and an image of satellite of high resolution was obtained with cubrimiento of the area; on the two materials one carries out the rodalización, they were six strata of with potential maderable for each property; with the results of the forest inventory and the surfaces corresponding to each stratum were considered the existences of basal area and volume being that for the public land A. Crowns of the Rosebush:

Of the rodalización that was obtained in the satellite image, 54% of the surface corresponds to vegetation with potential maderable, that is to say, there is a difference in 3.5% with regard to the results obtained in the ortofoto, consequently, the surface of the vegetation with potential maderable in the ortofoto was overestimated in 231.89 there are, in such a way that, the basal area was overestimated in 356.816 m² and the volume in 2783.6994 m³ rta with regard to the estimate with the other material (image satelital).

For the public land Pablillo, the surface with potential maderable obtained by the digitalización in the ortofoto was overestimated in 1760.164 m² with regard to the one obtained with the digitalización on the satellite image, likewise, the basal area in 1354.5615 m² and the volume in 8861.4887 m³ rta, that which is translated in an overestimation of the value of the forest products.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo forestal involucra el proceso de toma de decisiones en las fases de organización, planeación, administración y control de operaciones llevadas a cabo en una propiedad forestal para alcanzar objetivos específicos en forma eficiente (Hann, 1982).

Los ecosistemas forestales proporcionan una variedad de bienes y servicios que la sociedad demanda. Entre los principales satisfactores que proporciona el bosque se pueden mencionar: forraje para la fauna y ganado, producción de agua, belleza escénica para la recreación, fauna cinegética, peces, madera, entre otros, así como otros bienes intangibles como la captura de carbono, la protección a otros recursos como el suelo y la conservación de la biodiversidad.

Actualmente, debido a la magnitud e importancia de los recursos forestales, se ha hecho indispensable el uso de nuevas tecnologías de análisis geográfico como herramienta de apoyo en la planeación, ejecución e integración de inventarios, análisis ecológico, silvícola, y socioeconómico, en la formulación de programas de manejo forestal (González, 2003).

Así mismo, cabe mencionar que para la planificación de las actividades forestales en la actualidad se cuenta con valiosas fuentes de información sobre los rasgos geográficos de la superficie terrestre tales como las fotografías aéreas y mapas temáticos que nos apoyan en la toma de decisiones, sin embargo, la información que proporcionan, en muchas ocasiones, no esta actualizada ni en la escala apropiada.

Para solucionar este problema, una alternativa al uso de fotografías aéreas son las imágenes de satélite.

La resolución espacial que brindan estas se ha incrementado prometiendo ser una fuente de información detallada que se requiere para la planificación forestal

La evaluación, clasificación y mapeo de los diferentes tipos de vegetación así como la actualización de su cartografía, son prerequisites indispensables de cualquier tipo de manejo forestal, sobre todo para los programas de manejo intensivo (Aguirre, 2002).

Treviño (1992) menciona que las imágenes de satélite pueden cubrir un importante campo de aplicación, dada la posibilidad que tienen para observar los cambios ocurridos en la vegetación y la capacidad de estos sensores de poder representar periódicamente en un área geográfica determinada.

Dentro de los nuevos elementos de cambio dentro de la dasonomía, surgen las herramientas geomáticas que vinculadas con bases dasométricas y ecológicas, permiten planear, manejar y evaluar los recursos forestales, alcanzando considerables reducciones de costos, sin menoscabo de la precisión de los estimadores sobre el diagnóstico y utilización del ecosistema, enriqueciendo sus bases de datos, entre muchas otras aplicaciones (Pompa, 2005).

En los diversos estudios forestales que se someten ante la autoridad, es común encontrar deficiencias particularmente en el ámbito cartográfico, ya que algunas iniciativas siguen apegadas a los métodos tradicionales con la implicación de información obsoleta, y por otro lado se observan intentos que propenden hacia las innovaciones en tecnología geomática, pero siguen careciendo de

homogeneidad en su integración, manejo y sobre todo en su aplicación al mundo real (*op cit*).

La combinación de imágenes de satélite de actualidad (Quick Bird), modelos digitales de elevación y herramientas tradicionales (fotografías aéreas), son un claro ejemplo de alternativas en materia de cartografía, que mediante asistencia técnica apoyen al productor a responderse qué, cómo, cuánto, y dónde están sus recursos naturales. Lo anterior, bajo el entendido de que su integración permitirá contar con herramientas que técnicamente y legalmente sean aplicables, económicamente viables y científicamente sustentadas (*op cit*).

1.1 HIPÓTESIS:

Las imágenes de satélite de alta resolución son una alternativa viable al uso de las fotografías aéreas como fuente de información para la planificación de las actividades forestales.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 General:

Proponer nuevas metodologías en el uso de sensores remotos de alta resolución como apoyo para generar información dasométrica para el manejo forestal.

1.2.2. Particulares:

- Emplear una imagen de satélite de alta resolución para validar y comparar los resultados obtenidos con la fotografía aérea.

- Utilizar información del inventario forestal para validar y comparar los resultados obtenidos con las fotografías aéreas e imágenes de satélite.
- Integrar la información obtenida por las técnicas anteriores dentro de un SIG para analizarla, procesarla y emplearla para la elaboración del Programa de Manejo Forestal.

2. ANTECEDENTES

2.1. Uso de imágenes de satélite en el manejo forestal

Las imágenes de satélite han tenido una gran diversidad de aplicaciones en el sector forestal, sobre todo en la elaboración de la cartografía, en el reconocimiento de rodales y la identificación de diversos tipos de bosques. Se han empleado en la determinación de las etapas de crecimiento, así como en estudios de la regeneración y la determinación de las etapas sucesionales, así como en la evaluación tanto de la incidencia de incendios forestales, como de los cambios ocurridos en la vegetación (Treviño, 2001).

Con disponibilidad a partir de 1998 de imágenes con resolución de 1 m se ha posibilitado la diferenciación de clases de edades dentro del bosque (Franklin, 2001) y la separación de especies (Masato, 2004).

Las imágenes de satélite han sido empleadas para detectar cambios de uso del suelo en grandes áreas (Treviño *et al*, 1996), sin embargo la alta resolución de las imágenes IKONOS permiten ver cambios a escalas pequeñas (Haverkamp y Poulsen ,2003) lo que permitirá la planeación urbana. Las imágenes IKONOS se han empleado de la misma manera para evaluar la clasificación en bosques

degradados (Prabhakar *et al*, 2001), cuantificar la cantidad de sombras del dosel de la selva (Asner y Warner, 2002) o clasificar áreas donde la vegetación forma un complejo mosaico de diferentes tipos de vegetación (Widayati *et al*, 2002) labores que en el pasado estaban restringidas dada la mezcla de información que se provocaba por la baja resolución de otros sensores.

La buena geometría del sensor del satélite IKONOS ha permitido el producir sin dificultad ortoimágenes (Jacobsen, 2003 y Guevara *et al*, 2002) que han servido para la cartografía a escalas 1: 25,000 y 1: 10,000.

En la región de Nuevo León existen algunos ejemplos en el uso de la percepción remota en estudios de recursos naturales.

Treviño (1992) utilizó imágenes de satélite en la elaboración de cartografía de la vegetación para la zona montañosa de la Sierra Madre Oriental.

Correa, (1996) destaca la importancia del procesamiento digital de imágenes de satélite para destacar los cambios de uso del suelo que han sufrido un área determinada a través del tiempo.

García (1996) realizó un estudio para conocer el estado de la vegetación en el cerro “El Potosí” utilizando imágenes de satélite para su clasificación. Con el resultado de las clasificaciones se elaboraron mapas de vegetación del cerro “El Potosí”.

Bazaldúa (1997) utilizó la percepción remota en el monitoreo del hábitat del venado bura del desierto (*Odocoileus hemianus arooki*) en el sur de Nuevo León.

Castillo (1997) utilizó la metodología de procesamiento digital de imágenes de satélite para determinar sitios con diferentes grados de productividad de las áreas

boscosas de los *Pinus cembroides* en los municipios de Aramberri y Galeana, N. L.

Verástegui et al. (1997) con el apoyo de las imágenes de satélite Landsat TM caracterizó un área agrícola con problemas de salinidad.

Rullan (2002) utilizó imágenes de satélite para detectar cambios en la cobertura vegetal ocasionada por incendios en una zona cercana del municipio de Santiago, Nuevo León.

Salinas y Treviño (2002), realizaron un análisis multitemporal mediante el empleo de imágenes de satélite para determinar las tasas de cambio del uso del suelo que han tenido lugar en una subcuenca de la zona centro del Estado de Tamaulipas, México.

2.2. Uso de la fotografía aérea y la ortofoto en el manejo forestal

La fotografía aérea puede ser considerada como la toma de una fotografía desde un punto en el espacio con la finalidad de hacer algún estudio relacionado con la superficie terrestre. Los principales usos de las fotografías aéreas son: la elaboración de mapas altimétricos y planimétricos, como auxiliares en los levantamientos de superficies relativamente grandes, en la fotointerpretación y en la elaboración de mosaicos.

Las fotografías aéreas han sido utilizadas tradicionalmente en el manejo de los recursos forestales, y aún con el advenimiento de las imágenes de satélite difícilmente serán sustituidas a corto plazo, incluso serán complementarias por la familiaridad del técnico con éstas; destacan por su nivel de resolución apropiados

para la planeación y uso de los recursos forestales (Bolduc *et al.*, 1999; Dralle, 1997. en Pompa, 2005). Sin embargo, se siguen usando de manera habitual delineando áreas de vegetación homogénea mediante características de tono, textura y topografía de la imagen, desaprovechando las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

Hoy en día es posible la transformación de datos análogos como es la fotografía aérea común a datos digitales. Bajo esta posibilidad, existen múltiples programas sofisticados, de costos accesibles que producen ortofotos a partir de las fotografías aéreas digitalizadas, apoyados en modelos digitales de elevación y puntos de control terrestre (Pompa,2005).

La ortofoto se puede definir como una fotografía aérea digital de la que se han eliminado las deformaciones causadas por la óptica de la cámara y por el desplazamiento del relieve. Por éstas características, las ortofotos se consideran como una fuente de datos que combina las características propias de la fotografía aérea con cualidades geométricas cartográficas (Muñoz, 2001).

2.3. Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para el Manejo Forestal

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden definirse según Chuvieco (1990), como bases informatizadas de datos con algún tipo de componente espacial. Esto significa que la información que almacenan está referenciada geográficamente, ya se trate de mapas, estadísticas o datos climáticos sobre un territorio concreto, por lo que todas estas variables pueden relacionarse de forma muy diversa.

Los SIG son un sistema para capturar, almacenar, verificar, integrar y manipular información, así mismo, analiza y despliega datos que son espacialmente referenciados a la tierra (FAO, 1996; en ITC, 1998).

En el campo del manejo de los recursos naturales es cada día más usual la implementación de SIG con el fin de tener a disposición la información necesaria para la toma de decisiones (Treviño, 2001).

La planificación del manejo forestal requiere una amplia gama de información que no sólo involucra la propia vegetación del bosque (la composición de la especie, edades, etc.), si no también las características del terreno (la elevación, pendiente, etc.), vías de acceso y límites de propiedad de tierra. Esta información espacial es en la mayoría de veces, normalmente disponible en formato de mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélite como se muestra en la figura 1. (ITC, 1997).

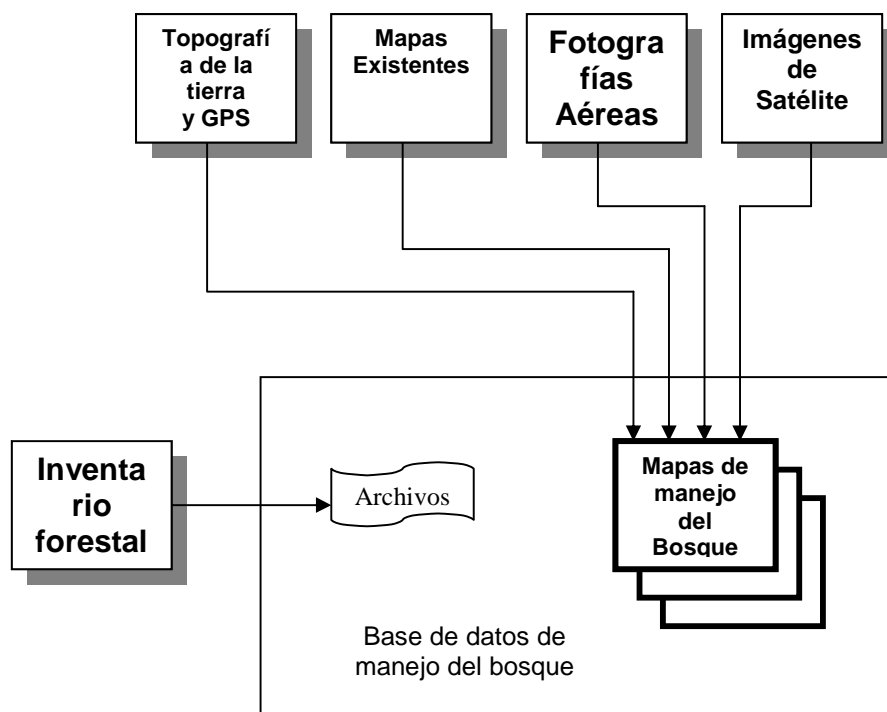


Figura1. Proceso de integración de base de datos espaciales y dasométricos para la planificación forestal.

En la aplicación práctica de los SIG, Muñoz (2001), menciona que un Sistema de Información geográfica no puede evitar que un incendio ocurra, sin embargo, es una herramienta muy útil para identificar y definir áreas susceptibles de incendios en forma anticipada.

Entre los primeros trabajos que impulsan el uso de SIG en el manejo forestal, tenemos los de Jordan G. A., en 1992, el cual sugiere guías para la investigación y desarrollo del potencial de los SIG en el manejo forestal, incluyendo diseño de manejo de bosques, implementación de inventarios, y estudios sobre la respuesta del bosque a sus intervenciones. Entre las primeras aplicaciones tenemos a Congalton R.G., Green K., Teply J, 1993, quienes utilizan imágenes Landsat-TM para producir bases de datos y mapas de bosques de coníferas de viejo crecimiento, así como la producción potencial de madera. El trabajo de Fiorella M., 1993, utiliza imágenes Landsat-TM para desarrollar una clasificación de estados sucesionales forestales que pueden ser integrados a un SIG (en González, 2003). Posteriormente en 1995, Brownlie R.K., Terlesk C.J, utilizan los SIG para combinar fotografías aéreas y datos de campo de las áreas de aprovechamiento para identificar y cuantificar los disturbios causados al suelo. Una de las primeras estimaciones de área basal fue desarrollada por Coulombe S., Lowell K., en 1995, quienes analizaron la factibilidad de estimación de área basal mediante la relación entre medidas de campo con algunas variables ecofisiográficas en un modelo de regresión usando un SIG (*op cit*).

Jordan G.A. y Wardoyo J. En 1996, compara el buen entendimiento del diseño de manejo forestal y su implementación, contra la pobreza de conocimiento en la

evaluación del manejo forestal con respecto a su respuesta a los tratamientos. Resalta la importancia del estado del manejo en estos procesos para detectar problemas y ajustar estrategias. Propone un marco de referencia para la evaluación del manejo forestal basado en imágenes de satélite (Landsat-TM), y tecnología de SIG (Arc/Info, Easi/Pace), (*op cit*).

El proyecto que involucra el desarrollo e integración de modelos para entender la dinámica entre suelo, vegetación y radiación en ecosistemas forestales, es el desarrollado entre NASA y el Instituto de Ecología Terrestre. Este proyecto involucra modelos de simulación, sensores remotos, investigación de campo y SIG (*op cit*).

Actualmente, existen una gran variedad de trabajos y proyectos sobre temas forestales los cuales involucran el uso de SIG e imágenes de satélite, cada uno de ellos tratando de entender las interrelaciones entre los factores de medio físico y la biota propia del lugar, con el objetivo de minimizar el grado de impacto en sus masas forestales, quedando de manifiesto que, la principal ventaja del uso de sensores remotos en el manejo forestal es la facilidad de evaluar los tipos de uso de suelo y cobertura vegetal, orientando los trabajos de campo durante el desarrollo de inventarios, así como la sistematización de información (*op cit*).

2.4. Manejo de Ecosistemas Forestales

El manejo de ecosistemas forestales es un concepto del manejo de recursos naturales en el cual las actividades forestales son consideradas en el contexto de

las interacciones económicas, ecológicas y sociales, dentro de un área o región definida, a corto y largo plazo.

Es un procedimiento que busca mantener la diversidad, integridad y resiliencia del ecosistema generando un concepto de gestión de los recursos dentro del cual se alcanza el rendimiento sostenido.

El manejo de ecosistemas forestales busca la sustentabilidad enfocando al bosque como un sistema jerárquico y complejo de organismos y componentes abióticos con relaciones funcionales entre ellos.

El manejo de ecosistemas pretende mantener la condición de los ecosistemas durante largos periodos, para garantizar los beneficios y valores que tales sistemas proporcionan. El desafío es preservar la integridad de los procesos, funciones y patrones ecológicos, así como mantener la sanidad y resiliencia de los sistemas, de forma tal que puedan ajustarse a condiciones de stress de corto plazo y adaptarse a cambios a largo plazo. Los elementos clave incluyen:

- Mantenimiento de la diversidad biológica y la fertilidad del suelo
- Conservación de la variabilidad genética y su dispersión
- Conservación de diversidad biológica futura, producto de procesos evolutivos.

Una comparación de las estrategias de manejo forestal tradicional y los enfoques de manejo integral de ecosistemas forestales se presenta en el siguiente cuadro:

	MANEJO FORESTAL TRADICIONAL	MANEJO DE ECOSISTEMAS FORESTALES
OBJETIVOS	Flujo sostenido de determinados productos (básicamente madera) para satisfacer necesidades humanas, minimizando efectos ambientales adversos	Mantenimiento de la condición ecológica y forestal deseadas para todos los beneficios y valores que ofrece el sistema, dentro de las cueles se consigue el rendimiento sostenido de productos para satisfacer necesidades humanas.
ESTRATEGIAS PARA EL LOGRO DE OBJETIVOS	Se asemeja al modelo agrícola	Refleja los procesos naturales de disturbio
CARÁCTER DEL SISTEMA	Enfatiza sobre la eficiencia de la producción dentro de las restricciones ambientales	Conserva la complejidad y procesos, genera una estructura para todo el sistema
UNIDAD DE MANEJO	Rodales o grupo de rodales dentro de un predio	Paisaje o agregado de paisajes más ala de los límites de los predios
UNIDAD TEMPORAL	Turnos múltiples con longitudes de turnos determinadas por los objetivos del propietario	Turnos múltiples cuya longitud refleja un disturbio natural, aunque pueden ser mas cortos debido a un manejo intensivo
ESTADO ACTUAL	En transición, nuevos conocimientos generan nuevos valores. Representa una estrategia válida para porciones del paisaje	Envolvente, aceptado para el manejo de bosques nacionales en diversos países

Cuadro 1. Comparativo de estrategias de manejo.

Como corolario del reconocimiento de la complejidad de los ecosistemas, González (2003), propone el conocimiento específico de cada punto de la superficie a administrar, mediante ***el desarrollo del conocimiento específico de sitio***, aportando bases más sólidas para la planeación y prescripción del manejo. Para el desarrollo del conocimiento específico de sitio uno de los componentes esenciales es la descripción física del sitio, tal como descripción de los tipos de suelos, topografía, hidrología, clima, asociaciones vegetales y usos del suelo, geología, exposición, etc., donde los SIG son de gran utilidad para almacenar y georeferir toda esta información.

2.5. Antecedentes de Manejo forestal en el área de estudio

En el año de 1991, para el ejido Alfonso Corona del Rosal se autorizó un permiso para el aprovechamiento de árboles derribados por un fenómeno meteorológico según oficio número 7195101- 1324 (91), de fecha 22 de octubre de 1991, con un volumen de 360 m³ rta, de las especies de *Pinus pseudostrobus* y según revisión hecha más a fondo, este predio no ha tenido aprovechamiento en los últimos 25 años por lo menos antes de que entrara en vigor el Programa de Manejo Forestal en 1995.

En el ejido Pablillo, según archivo se han autorizado una serie de aprovechamientos que a continuación se describen:

Oficio de autorización	Fecha	Volumen autorizado	Género	Observaciones
721.DR.04.02.0162	14/03/88	50.00	PINO	DOMÉSTICO
721.03.04.01-355	03/11/88	359.063	PINO	AFEC. M . ENANO
721.03.03.02-0484	16/07/90	1705 105	PINO ENCINO	INCENDIO Y DEC. AFEC. POR INC.
719.5.1.0.3-1.209	21/08/93	305	PINO	AFEC. M. ENANO
SPN.-1.020	09/11/95	138	PINO	AFEC. POR INC
510.04.2.-415	27/05/96	402	PINO	M. ENANO Y DESC.
510.04.4.-700	16/18/96	183.732 196.04	PINO	AFEC. DESC. AFEFC. M., ENANO
510.04.1-198	03/04/97	17.377	PINO	AFEC. DESC.

Cuadro 2. Historial de los aprovechamientos en el ejido Pablillo.

Fuente: Programa de Manejo Forestal. Ejido Pablillo

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del área de estudio

Se selecciono un área de alta producción forestal, dentro de los límites de los ejidos Pablillo y Corona del Rosal, que se ubican en el municipio de Galeana, al suroeste del estado de Nuevo León, ocupando una superficie de 21,208.92 ha. Geográficamente se localizan entre los 24° 27' y los 24° 39' de latitud norte y entre los 99° 54' y los 100° 05' de longitud oeste (figura 2).



Figura 2. Ubicación del área de estudio.

3.2. Descripción del área de estudio

Según el Programa de Manejo del Ejido Alfonso Corona del Rosal (1995) las características fisiográficas, climáticas y de Vegetación son las siguientes:

3.2.1. Fisiografía

El área de estudio compuesta por los Ejidos de Pablillo y Corona de del Rosal se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual corre desde el sur, limitando con el Eje Neovolcánico en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México.

La Sierra Madre Oriental es fundamentalmente un conjunto de Sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas del Cretácico y del Jurásico Superior, entre las que predominan las calizas y en segundo término las areniscas y arcillosas.

La subprovincia dentro de la cual se localizan los predios es la Gran Sierra Plegada, en ella predominan las capas plegadas de calizas con predominantes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales. Una gran falla inversa corre sobre los bordes orientales de la Sierra en tanto se extienden más o menos paralelos a aquellas y a los ejes estructurales; también hay afloramientos yesíferos paralelos en el mismo sentido particularmente del lado occidental de la Sierra y fosforitas. Las cumbres más altas de la Sierra sobrepasan por un buen margen los 2000 msnm y llegan cerca de los 3000msnm.

3.2.2. Topografía

La topografía del terreno es muy irregular, presentándose áreas planas con pendiente de 2% hasta zonas abruptas que llegan a alcanzar hasta 100%.

Se presenta un gradiente altitudinal de 1850 metros, presentándose la menor altitud a los 1300 msnm y la mayor altitud a los 3150 msnm. y los puntos con mayor altitud se encuentran en parajes conocidos como "El Infiernillo", "Las Bancas" y "La Zacatosa", que alcanzan hasta los 3160 msnm.

3.2.3. Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), para la región, el clima se define como del grupo de climas secos, del tipo semiseco, subtipo semiseco templado con verano cálido ($BS_{1k}(x')$), con temperatura media anual entre 12 °C Y 18 °C, con temperatura del mes más frío entre -3 °C Y 18 °C y la temperatura del mes más cálido mayor de 18 °C. El régimen de lluvias es escaso todo el año y un porcentaje de lluvias invernales menor al 18% con respecto al total anual.

3.2.4. Suelos

En el área de estudio predominan los suelos someros, los cuales se encuentran en diversos grados de asociación, entre los que se distinguen los grupos Litosol, Rendzina y Regosol calcárico, con una clase textual media el cual se puede representar bajo la siguiente fórmula $(L + R + R_c / 2)$.

3.2.5. Vegetación

Los tipos de vegetación que se encuentran en el área son muy variados, predominando los chaparrales en distintos grados de asociación con bosques de clima templado y algunos matorrales. Se encuentran, además, bosques puros de pino, cuyas especies dominantes son *Pinus pseudostrobus*, en las partes altas y *Pinus cembroides*, en las partes bajas; por otro lado se encuentran masas puras de *Pinus teocote*, *Quercus sp.* y pequeños manchones de *Abies sp.* mezclados con plantas de estratos inferiores. Así como bosques mezclados de pino-encino en diversos grados de asociación y por último áreas en donde se practican la agricultura de temporal y la inducción de pastizales para el pastoreo de ganado.

3.2.6. Hidrología

Tenemos que por la parte oriente del predio en el paraje mejor conocido como Alamares y Santa Ana existen tres cuerpos de agua que son permanentes la mayor parte del año y que en sí nada más es aprovechada una parte por tres familias del citado ejido que habitan en esos parajes; desaprovechándose la demás la cual sigue el curso por el río. En cuanto a los escurrimientos tenemos que por el lado sur del predio en la Sierra de Cieneguillas se localizan cañadas conocidas como Silveria y C. La Lagunita que desembocan en los ranchos San Enrique y los Mendoza, respectivamente dichas cañadas sólo presentan afluencia de agua en la temporada de lluvias. También por la Sierra del Infiernillo se descuelga una cañada con el mismo nombre (Infiernillo) que desemboca en el poblado de Agua de Blanca, que para ser precisos solamente en el cañón del

Jabalí presenta escurrimiento fluvial en las fuertes temporadas de lluvias. Al oriente del casco ejidal se localizan varias cañadas y entre las más importantes están: cañada la Higuera, cañada El Oso y cañada Campana, las cuales se unen al río San José y este más adelante al río Pablillo el cual tiene una gran trayectoria pasando por Linares N. L., donde más adelante recibe aportaciones por ambos lados hasta desembocar en la Albufera Laguna Madre y de esta al Golfo de México.

3.3. Trabajo de campo

Para llevar a cabo la caracterización dasométrica de las masas arboladas con potencial maderables dentro de los dos predios se procedió a realizar un inventario forestal para estimar los parámetros, tales como el área basal (g) y el volumen (v), además se hicieron colectas botánicas como apoyo para definir los tipos de vegetación existentes en el predio e identificar las especies maderables. Al mismo tiempo, se levantaron variables ecológicas en cada sitio de muestreo con el fin de evaluar los efectos de los tratamientos silvícolas y la respuesta del bosque a estos impactos. Se realizó un muestreo estratificado, donde los estratos los constituyen los tipos de vegetación. La unidad mínima de muestreo que se utilizó son círculos (sitios) de dimensiones fijas con una superficie de 500 m^2 , cuya distribución fue de manera aleatoria. Los datos obtenidos en cada sitio fueron de tres tipos: variables de control, datos del arbolado y datos de la regeneración (ver formato de campo anexo). Además, en los formatos de campo utilizados, se ingresó información adicional sobre las condiciones físicas y de manejo que se

presenten en cada sitio que sirven de apoyo para planificar las prescripciones silvícolas a implementar en cada rodal.

Para recabar la información en campo, se contó con cinta diamétrica, GPS, brújula, , ortofotos impresas y digitales, cartas topográficas escala 1:50,000, formatos e instructivos para el levantamiento de la información y el equipo de medición indispensable para la determinación de las variables dasométricas (cinta diamétrica, clinómetro Suunto, regla graduada, cuerda compensada y longímetro), además de otros materiales (plano forestal fotogramétrico, pintura y machete para identificar el sitio, tablas de apoyo, lápices, pc-pocket, etc.).

Se utilizó el mapa de vegetación actualizado elaborado por Carlos Muñoz (2001), el cual se compone de 35 diferentes tipos de vegetación y uso del suelo, sin embargo, para fines prácticos se modificó y se redujo sólo a 7 clases de las cuales 6 corresponden a los principales tipos de vegetación con potencial maderable (bosque de pino, pino-encino, encino-pino, pino-chaparral, encino-chaparral y encino-pino-chaparral) y la otra a otros tipos de vegetación sin potencial maderable y otros usos del suelo.

Para calcular el tamaño de muestra (n) para cada estrato se realizó un muestreo, levantándose 5 sitios circulares de 500 m² en cada estrato los cuales se distribuyeron de forma aleatoria.

Para la obtención de las coordenadas de los centros de los sitios para cada estrato para el muestreo, se utilizó el mapa que se obtuvo de la estratificación (6 tipos de vegetación) del predio y se desplegó en el programa Arc View GIS[®] versión 3.2. Se obtuvieron los cuadrantes con las coordenadas en UTM que

encierran a los estratos, estas coordenadas se capturaron en el programa Excel y se corrieron con el comando “aleatoria” para obtener las 5 coordenadas en X y 5 en Y. Después, estas coordenadas se insertaron dentro del mapa georeferido para determinar su validez, es decir, si se colocaban dentro de los estratos establecidos y para observar si tenían buena accesibilidad para lo cual se contó con una cubierta de caminos. Se corrieron unas tres veces los juegos de coordenadas con el comando “aleatoria” en Excel hasta obtener las coordenadas adecuadas y se ubicaron en el mapa de los 6 estratos (ver mapa de ubicación de los sitios de premuestreo, figura 3).

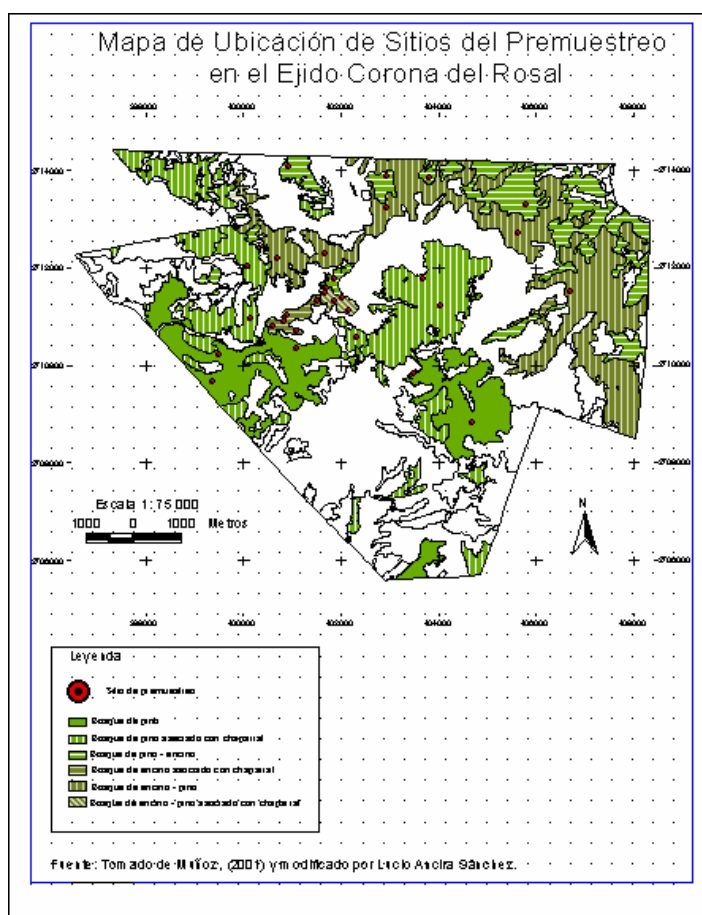


Figura. 3 Mapa de ubicación de los sitios de premuestreo en el Ejido Corona del Rosal.

Para la localización de los centros de los sitios en el campo se apoyó con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Una vez realizado el muestreo se calculó el tamaño de muestra mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t^2 * Sx\% ^2}{S\bar{x}\% ^2}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra

t= Valor t de student

Sx% = Coeficiente de variación

S \bar{x} % = Error estándar porcentual

Los resultados obtenidos para este cálculo son los siguientes:

ESTRATO	VOL.PROM(M3/HA)	DESV. EST/SIT.	COEF.VAR	ERR.EST.ABS	ERR.EST.PORC.	NUM SIT	N SIT. LEV	INTEN. APLIC.
B-E-P-CH	182.111	132.06	72.52	59.06	32.43	20	5	1
B-E-CH	48.609	9.66	19.86	4.32	8.88	20	10	1.1034
B-P	81.8617	33.87	41.38	15.15	18.5	20	20	0.1021
B-E-P	224.1936	123.31	55	55.15	24.6	20	20	0.1021
B-P-E	267.8415	81.11	30.28	36.28	13.54	20	20	0.2102
B-P-CH	237.6055	143.61	60.44	64.23	27.03	20	20	0.1107

Cuadro 3. Resultados para el cálculo del tamaño de muestra para el inventario forestal en el ejido A. Corona del Rosal.

El tamaño de muestra calculado para cada estrato fue de 20 sitios que suman en total 120, sin embargo, en los estratos de bosque de encino asociado con pino y chaparral y bosque de encino asociado con chaparral el número de sitios levantados se redujo a 5 y 10 debido a que estos dos estratos presentan superficies de 25.09 y 45.31 has respectivamente y bajo esta cantidad de sitios se

tienen intensidades de muestreo de 1%, suficiente para los fines que se persiguen.

Por lo tanto, el tamaño de muestra total para este predio es de 95 sitios.

Para la ubicación y localización de los sitios de muestreo se realizó el mismo procedimiento que en los sitios de premuestreo.

De igual forma, se elaboró el mapa de ubicación de los sitios de muestreo (ver figura 4.)

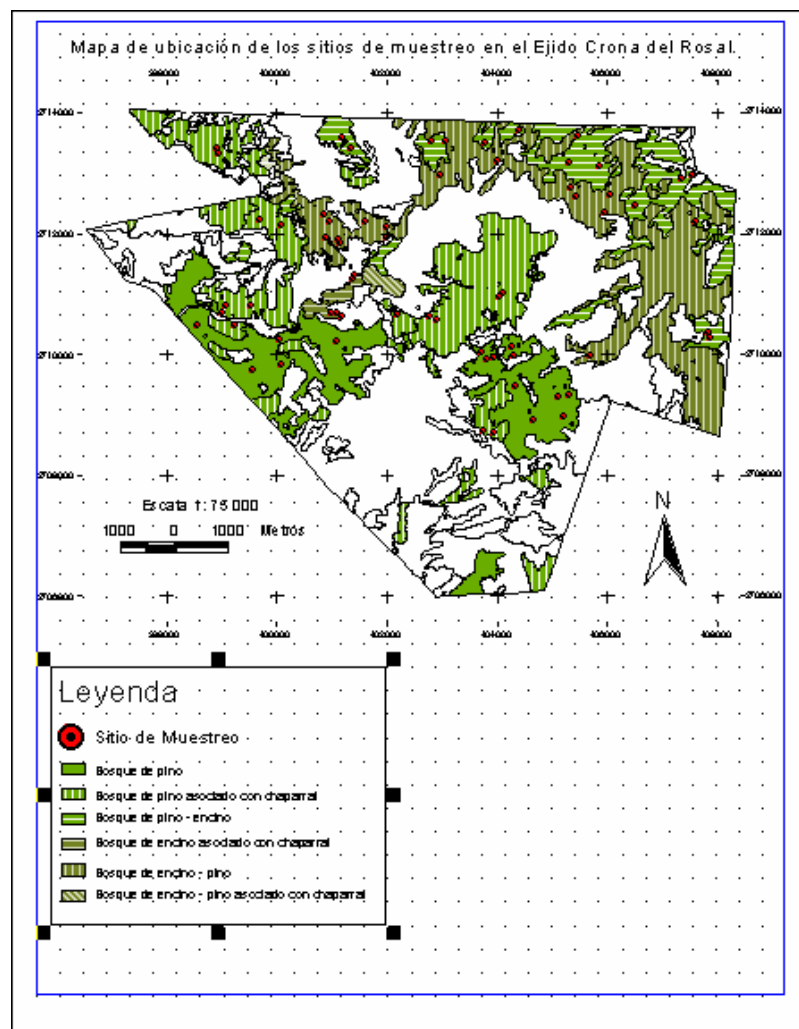


Figura 4. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en el Ejido Corona del Rosal.

En lo que respecta al inventario forestal del ejido Pablillo, se utilizó la misma metodología que en el predio del Ejido Corona del Rosal. De igual forma se obtuvieron 6 estratos con potencial maderable y la otra clase corresponde a vegetación sin potencial maderable y otros usos de suelo mediante la clasificación de la imagen de satélite Landsat ETM del 2001 y apoyado con la carta de vegetación de INEGI. Los estratos corresponden a los siguientes tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque de pino-chaparral, bosque de pino, bosque de encino, bosque de encino-pino y bosque de abies-encino-pino. Se realizó el muestreo forestal que consistió en levantar 5 sitios circulares de 500 m² en cada uno de los estratos, obteniéndose los siguientes resultados:

ESTRATOS	VOL.PROM(M3/HA)	DESV. EST.	COEF. VAR.	ER. EST. ABS.	ER. EST. POR.	NO. SITIOS
B-A-E-P	9.0550	6.1580	58.6013	2.7540	26.2081	20
B-P	4.4408	2.0108	44.2640	0.8993	19.7961	20
B-P-CH	5.3697	1.6500	29.9954	0.7379	13.4148	20
B-P-E	8.9825	4.9099	52.4954	2.1958	23.4774	20
B-Q	5.4652	3.9768	77.5596	1.7785	34.6868	20
B-Q-P	7.1451	2.4463	33.8577	1.0940	15.1421	20

Cuadro 4. Resultados para el cálculo del tamaño de muestra para el inventario forestal en el ejido Pablillo.

Para realizar el inventario forestal en el ejido Pablillo el tamaño de muestra es de 120 sitios repartidos entre los seis estratos (Figura 5).

Mapa de ubicación de los sitios de muestreo para el ejido Pablillo

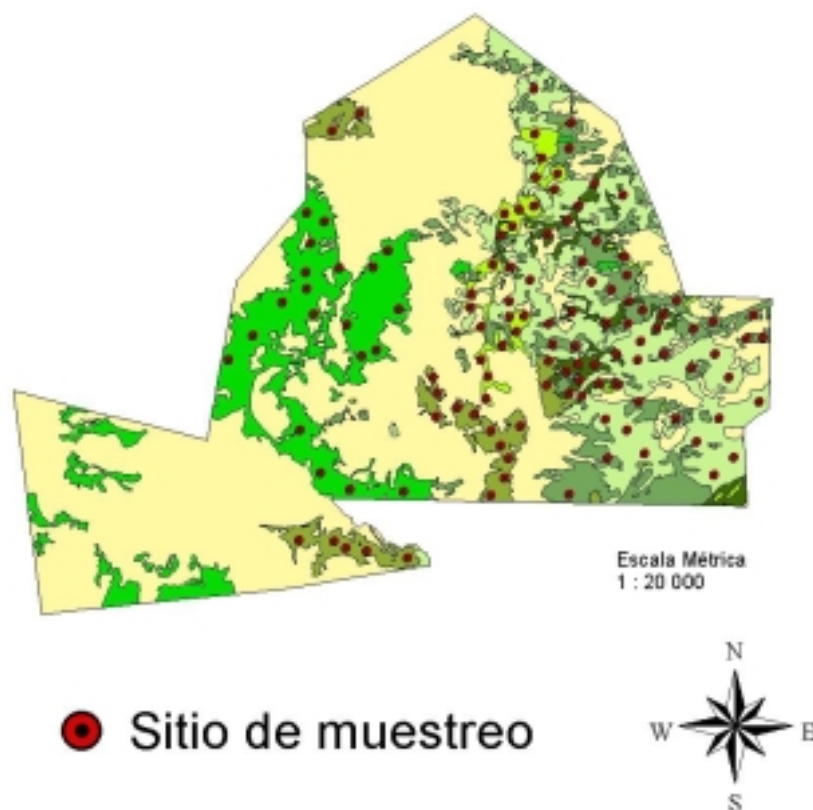


Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo en el ejido Pablillo

3.4. Elaboración del sistema de información geográfica del área de estudio.

Se cuenta con las cartas temáticas de INEGI sobre vegetación y uso del suelo, geología, edafología y clima. Para complementar esta información se realizó la

estratificación de los predios que incluyó los rodales mediante la digitalización de la imagen de satélite y sobre la ortofoto que se elaboró para el área.

Para el ejido Corona del Rosal se pasó la cartografía forestal del Programa de Manejo de formato análogo a formato digital por medio de digitalización utilizando tableta de malla electrónica, se transformó toda la cartografía forestal que se incluye en el programa de manejo forestal vigente, los cuales son: Plano General, Plano de Condición Original de los Tratamientos, Plano de Condición Regularizada de los Tratamientos y División de Superficie por Área de Corta.

3.5. Producción de ortofotos

Mediante las técnicas de fotointerpretación y fotogrametría se realizó una interpretación preliminar de las fotografías aéreas que cubren nuestra área de estudio para hacer un reconocimiento y observar los distintos tipos de vegetación.

En primer término, se llevó a cabo la producción de ortofotos digitales para diferenciar los distintos tipos de vegetación con potencial maderable que existen en los dos predios a los que se les denominará rodales. Las dimensiones de las fotografías utilizadas son de 23 cm x 23 cm, a una escala nominal de 1:75,000 y fechas de vuelo de enero de 1996 y agosto de 1999. Se digitalizaron 6 fotografías tres de ellas correspondientes a la zona G14-10- línea 156 números de fotos 7, 8 y 9 y las otras tres correspondientes a la zona G14-11 línea 157 con número 7, 8 y 9 (figura 6); la resolución a la que se escanearon fue de 1905 dpi (puntos por pulgada) para obtener una resolución final de 1 m similar a la de la Imagen de Satélite.

Para la elaboración de las ortofotos digitales se ingresaron 20 puntos de control por cada fotografía aérea (en superficies planas se requieren como mínimo 3, pero dadas las condiciones topográficas accidentadas del área de estudio se considera adecuado ingresar 20 puntos de control), que consisten en coordenadas en UTM (Universal Transverse de Mercator) X y Y y la altitud del terreno denominada Z. Para obtener los puntos de control se utilizaron 4 cartas topográfica elaborada por el INEGI (G-14-C-66, G-14-C-67, G-14-C-76 y G-14-C-77) que corresponde a la superficie de la toma de las fotografías aéreas. El rasgo geográfico del cual se obtuvo su ubicación en coordenadas para utilizarlo como punto de control, debió de ser fácilmente identificado en la fotografía aérea como en la carta topográfica.

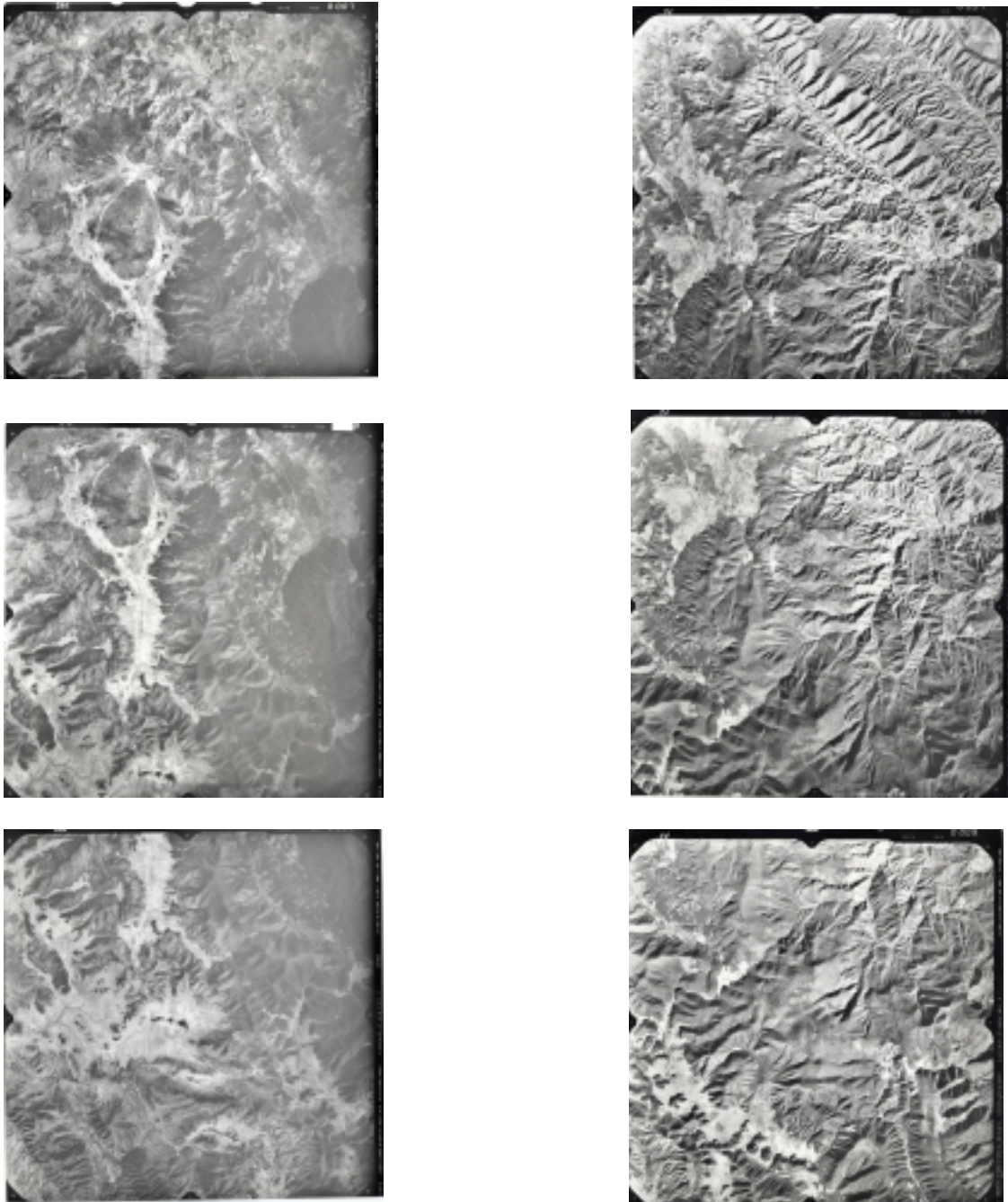


Figura 6. Fotografías aéreas utilizadas para producir las ortofotos antes de ser procesadas.

El proceso de digitalización consistió en escanear las fotografías aéreas mediante el scanner A3, marca EPSON EXPRESIÓN, modelo 1640XL, una vez

escaneadas las fotos aéreas se procesaron a través del paquete GEOMATICA® versión 9, modulo OrthoEngine, donde se realizó la corrección y georeferenciación del material que consistió básicamente en:

- Importar la imagen de la fotografía aérea digitalizada.
- Elección del modelo matemático que permitirá corregir las distorsiones de la foto adquiridas en el momento que fue tomada debido a la estructura de la cámara. En este caso se aplico el de *Fotografía aérea*.
- Elección del tipo del sistema de coordenadas en la que se va a proyectar la imagen, que para el caso que nos ocupa se empleó la Proyección Universal Transversa de Mercator y el modelo de la Tierra fue el Norteamericano de 1927 para la zona 14.
- Calibración de la cámara, que consiste en ingresar los datos de las características de la cámara, tales como: el tipo de cámara; que corresponde a una estándar aérea, así como la escala de la foto, el radio de curvatura de la fotografía el cual se captura en metros, además, se señala la posición de las marcas fiduciaras en el eje X y Y dentro de la foto en milímetros.
- Se ingresan puntos de control del terreno que puede ser de manera manual o automática, estos pueden provenir de fuentes como mapas topográficos, GPS, datos vectoriales, imágenes georeferidas que cubran nuestra área de trabajo o incluso se indican mediante tableta digitalizadora. Con esta información, así como el ingreso de puntos de enlace que son rasgos geográficos presentes en una o varias fotos por

el traslape y que se indican manualmente al programa, van a crear las relaciones entre la imagen cruda y el terreno, es decir, indican la orientación externa de la fotografía en el momento en que fue tomada.

- Se corren los modelos matemáticos generados hasta este momento con los puntos de control y los puntos de enlace para que el software haga una validación estadística necesaria, es decir, que el error medio cuadrático sea el mínimo permitido para que se pueda continuar con los siguientes pasos.
- Se utiliza un Modelo Digital de Elevación del Terreno (MDT) que cubra el área de las fotografías. Si no se dispone del MDT, este se puede generar dentro de este mismo módulo con la información ya ingresada (puntos de control y de enlace).
- Luego se pasa la imagen por un proceso de orthorectificación usando un riguroso modelo matemático y el modelo digital de elevación para corregir distorsiones de la imagen y darle referencia geográfica.
- Por último, ya corregidas y georeferidas cada una de las fotografías, podemos unir las para elaborar el ortomosaico que cubre el área de trabajo y adicionarle atributos para crear bases de datos.

A cada fotografía aérea digital se le indicaron las marcas fiduciarías dentro del paquete antes mencionado, así como 20 puntos de control obtenidos de cartas topográficas y de 3 a 9 puntos de enlace para cada foto como se muestra en la figura 7.

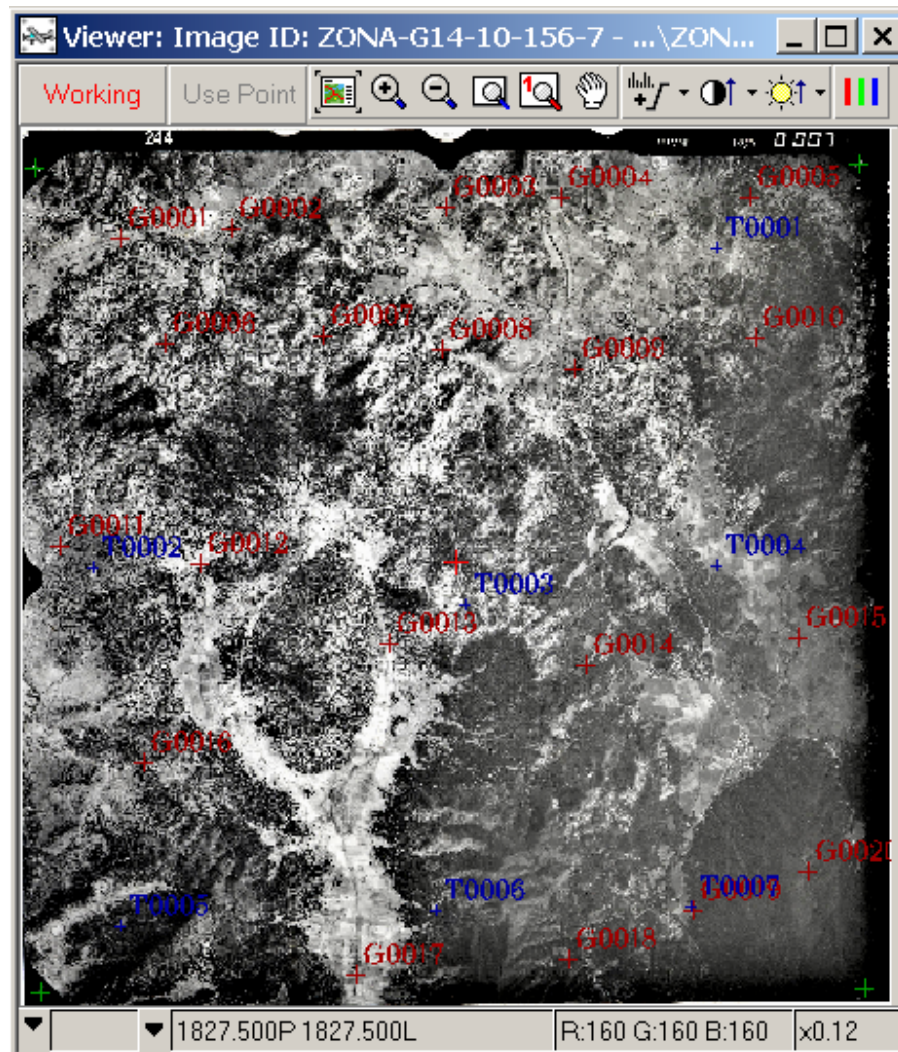


Figura 7. Fotografía aérea con marcas fiduciarias (verde), puntos de control (rojos) y puntos de enlace (azules) capturados.

El error medio cuadrático permitido fue de hasta 15 píxeles, considerando un tamaño de píxel de 1m.

3.6. Procesamiento digital de imágenes e interpretación visual.

Los métodos digitales para procesar las imágenes de satélite se dividen en tres grupos, los cuales implican la corrección, mejoramiento y extracción de información de los datos que existen.

El primer grupo de procesamientos sirve para corregir la distorsión que se presenta en los datos durante la realización de la toma. Estas correcciones de tipo geométrico se realizaron para referenciar adecuadamente el material.

La imagen de satélite que se utilizó en el presente estudio es una pancromática de alta resolución de 60 por 60 centímetros por píxel, la cual se tomó el 25 de septiembre del 2005 con el satélite QuickBird. La imagen presentaba un ligero desplazamiento con respecto a las coordenadas del límite de los predios el cual fue corregido utilizando el programa ERDAS IMAGINE® versión 8.7, mediante un modelo polinomial.

Después se obtuvo la superficie de los dos predios bajo estudio mediante un recorte.

De igual forma que en la ortofoto se llevó a cabo la rodalización de las masas arboladas del predio, para luego hacer una comparación en cuanto a calidad de separación de los distintos tipos de vegetación en ambos materiales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución espacial de las masas arboladas con potencial maderable.

Dadas las condiciones ambientales de la región a la que pertenece el área de estudio, caracterizada por un clima templado seco con bajos niveles de precipitación, la distribución de las masas arboladas con potencial maderable obedece a factores geomorfoedafológicos, donde las mejores áreas de producción de madera se ubican en exposiciones norte con terrenos de pendiente moderada, algunas de estas áreas se encuentran distribuidas sobre las mesetas de las montañas, formando manchones homogéneos con pocas especies asociadas.

El presente trabajo se enfoca a caracterizar dasométricamente las áreas con potencial maderable, entendiéndose estas como las superficies boscosas cuyos elementos arbóreos posean diámetros de dimensiones mínimas para obtener productos de aserrío, es decir, con un diámetro mínimo promedio de 20 cm. Por lo tanto se excluyeron las formaciones vegetales compuestas por elementos arbustivos denominados chaparrales, vegetación xerófita y los pastizales naturales e inducidos, clasificándose estos junto con las áreas agrícolas y urbanas en una sola clase.

4.1.1. Resultados para el ejido Alfonso Corona del Rosal

Como producto final en la elaboración de las ortofotos en el programa Geomática® PCI versión 9, se obtuvo la división dasocrática a nivel de rodal por medio de digitalización manual (ver figura 8) en ambos predios, así mismo, se realizó el

mismo procedimiento con las imágenes de satélite, para obtener los mapas de rodales.

Los criterios que se utilizaron para separar las masas arboladas en la ortofoto fueron: la textura (grano grueso, grano fino), la tonalidad de la cobertura vegetal, goeforma del relieve terrestre, exposición, pendiente y las formas de las copas de los árboles que se pudieran distinguir con la escala de la ortofoto que es de 1: 75 000.

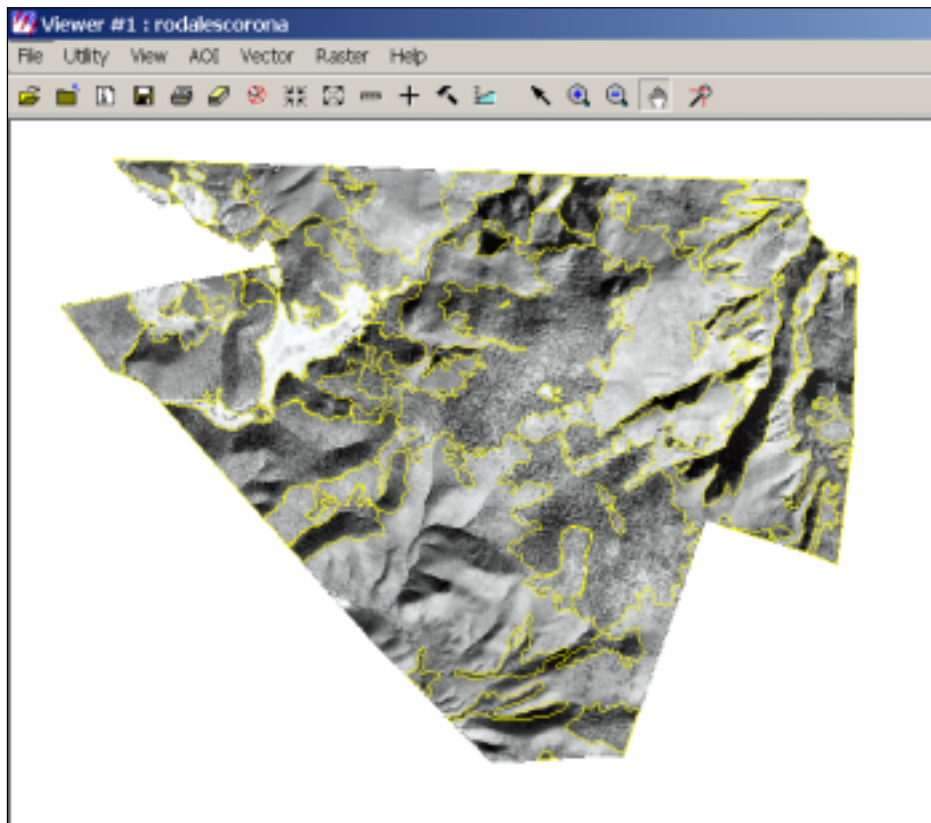


Figura 8. Ortomosaico con la división dasocrática del Ejido A. Corona del Rosal utilizando la ortofoto.

Después de realizar la digitalización manual en la ortofoto en el programa ERDAS® IMAGINA 8.7 se pasaron los vectores en el programa ARCINFO® para

su corrección y etiquetado, luego de este proceso se desplegaron en el programa Arc View GIS® versión 3.2. para su edición.

Para obtener las superficies de cada estrato se exportó la base de datos del vector al programa Excel.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el Ejido Alfonso Corona del Rosal.

Como producto final de la interpretación visual de la ortofoto se obtuvo el mapa de rodales para el ejido Alfonso Corona del Rosal (Figura 9).

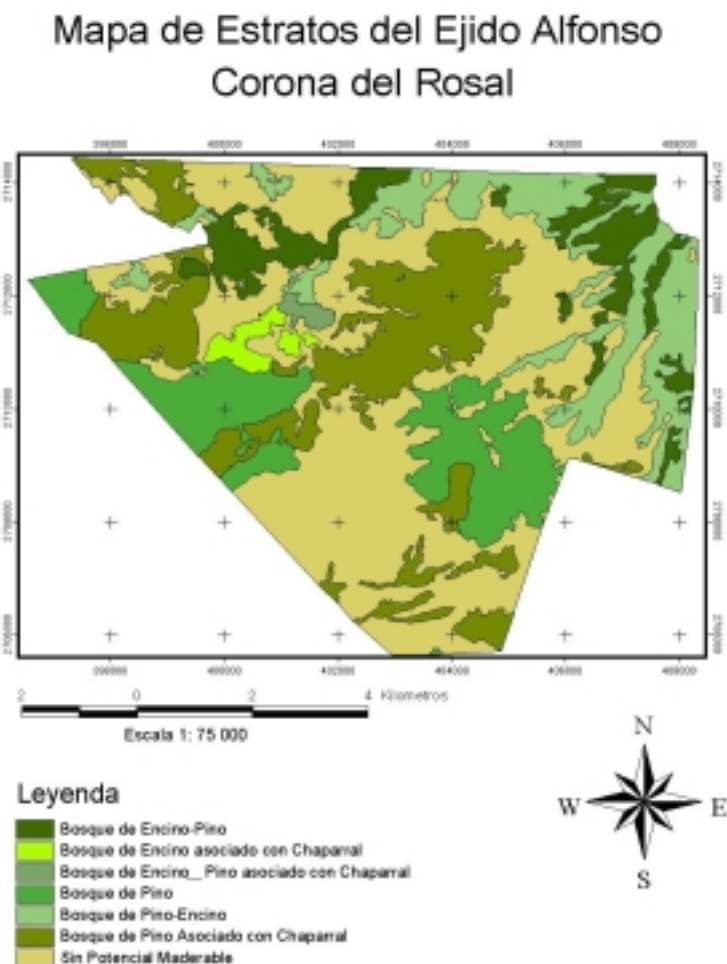


Figura 9. Mapa de rodales resultado de la rodalización en la ortofoto.

Para el ejido Alfonso Corona del Rosal se obtuvieron 7 clases, una corresponde a vegetación sin potencial maderable y otros usos del suelo y las otras 6 corresponden a los diferentes tipos de vegetación con potencial maderable, las cuales son en orden de menor a mayor superficie, el bosque de encino-pino-chaparral, el bosque de encino-chaparral, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de pino y bosque de pino-chaparral, este último es una de los más representativos en toda la región de la Sierra Madre Oriental. La anterior información se presenta en la tabla 3.

Con las superficies obtenidas de cada estrato y las estimaciones de área basal y volumen por hectárea mediante el procesamiento de los datos del inventario forestal, se obtuvieron las existencias de área basal y volumen total de cada estrato y para todo el predio (ver cuadro 5).

ESTRATOS	Superficie (has)	AB (m²)	VOL(m³rta)
Bosque de encino-pino-chaparral	35.7	59.5531	578.6746
Bosque de encino-chaparral	93.34	37.3247	181.3468
Bosque de encino-pino	590.93	914.9841	6443.6842
Bosque de pino-encino	878	1444.3320	14192.7863
Bosque de pino	917.42	883.4502	6381.3864
Bosque de pino-chaparral	1306.06	1253.3300	9832.5408
Total	3821.45	4592.9740	37610.4191

Cuadro 5. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la ortofoto y las existencias totales de área basal y volumen.

El 57.5 % de la superficie del ejido corresponde a los tipos de vegetación con potencial maderable como resultado de la rodalización en base a la ortofoto.

De igual forma, una vez interpretada la imagen de satélite se obtuvo la división dasocrática con las superficies respectivas y la estimación de las existencias totales de área basal y volumen para este predio.

Los criterios utilizados para separar los tipos de vegetación con potencial maderable y no maderables en ambos predios fueron un poco distintos en comparación con la ortofoto, debido a la alta resolución que presenta la imagen de satélite donde ya fue posible apreciar la forma y tamaño de las copas de los árboles y diferenciar la altura de la cobertura vegetal. Por consiguiente, los criterios a considerar para identificar las especies a nivel de género fueron la forma de las copas, el tamaño, la tonalidad de la cobertura vegetal, altura aparente de la vegetación, geoforma del relieve terrestre, exposición y pendiente.

Mediante un conocimiento preciso de algunas áreas que se visitaron durante el inventario forestal, sin temor a equivocarnos, se pudo identificar la composición de géneros al observar esa misma área en la imagen satelital, tal como lo ejemplifica la figura 10.

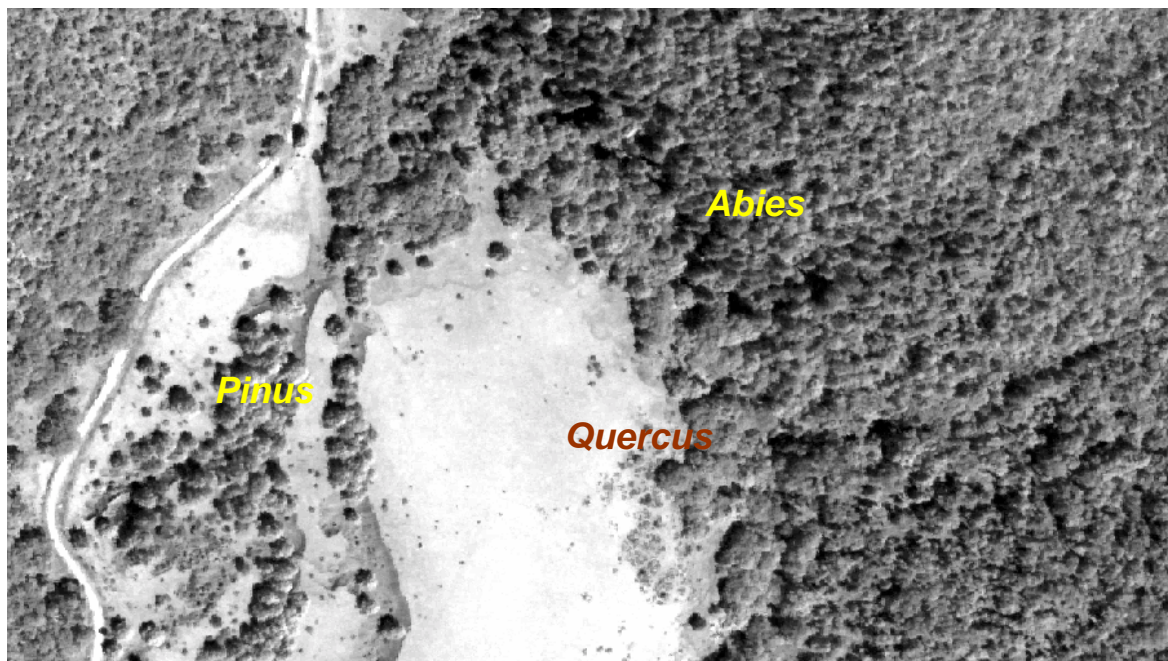


Figura 10. Recorte de una fracción de la imagen de satélite de alta resolución dentro del ejido Pabillo, utilizada en el presente trabajo.

La imagen de satélite tiene un costo más elevado que las ortofotos, sin embargo, nos ofrece varias ventajas de las cuales podemos mencionar la periodicidad de las tomas, la alta resolución lo cual nos permite tener mas precisión en las rodalización de áreas forestales, además, la imagen de satélite, por su carácter multiespectral, nos permite hacer varios análisis y extraer información de un área que mediante la interpretación visual no se posibilita.

Como producto final de la interpretación visual de la imagen de satélite, de igual forma, se obtuvo el mapa de rodales para el ejido Alfonso Corona del Rosal (Figura 11) que contiene las mismas clases que se obtuvieron con el otro material pero con distintas dimensiones.

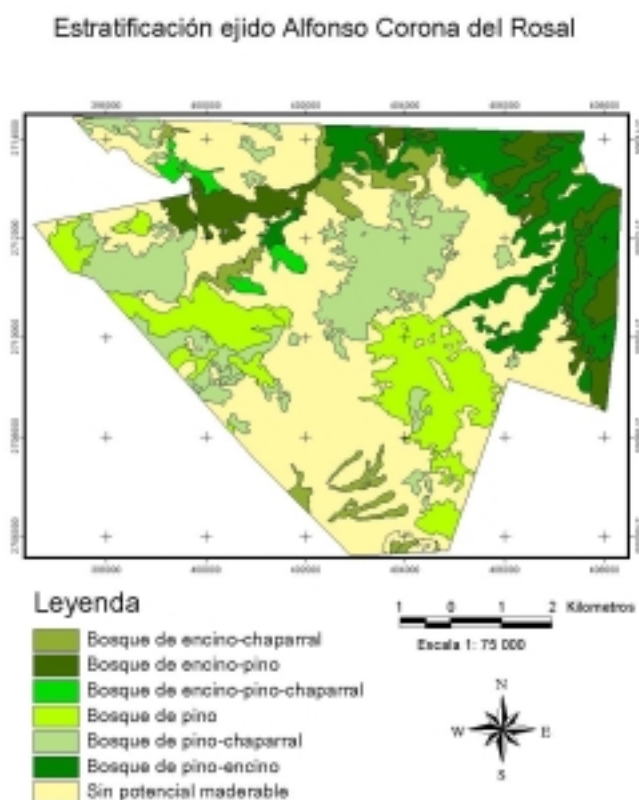


Figura 11. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la imagen pancromática.

Las superficies obtenidas para cada uno de los estratos mediante la rodalización en la imagen de satélite, presentan el mismo orden en dimensiones que los resultados obtenidos con la ortofoto (ver cuadro 6).

ESTRATOS	Superficie (has)	AB (m²)	VOL(m³rta)
Bosque de encino-pino-chaparral	94.66	157.9075	1534.3792
Bosque de encino-chaparral	284.17	113.6335	552.1032
Bosque de encino-pino	504.11	780.5538	5496.9720
Bosque de pino-encino	851.86	1401.3310	13770.2357
Bosque de pino	856.21	824.5067	5955.6221
Bosque de pino-chaparral	998.54	958.2256	7517.4075
Total	3589.55	4236.1580	34826.7197

Cuadro 6. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la imagen satelital y las existencias totales de área basal y volumen.

De la rodalización que se obtuvo en la imagen de satélite, el 54% de la superficie corresponde a vegetación con potencial maderable, es decir, hay una diferencia en 3.5 % con respecto a los resultados obtenidos en la ortofoto, por consiguiente, la superficie de la vegetación con potencial maderable en la ortofoto se sobrestimó en 231.89 has, lo cual repercute en la sobrestimación de los demás parámetros al hacer la extrapolación de las estimaciones de la cantidad del recurso por superficie. De tal forma que, el área basal se sobrestimó en 356.816 m² y el volumen en 2783.6994 m³ rta. con respecto a la estimación con el otro material (imagen satelital).

4.1.2. Resultados para el ejido Pablillo

El ejido Pablillo que limita al sur con en el ejido Alfonso Corona del Rosal, presenta condiciones ambientales similares y de igual forma se procedió a aplicar la misma metodología para obtener la división dasocrática en ambos materiales (ortofoto e imagen de satélite) y la caracterización dasométrica para hacer la comparación, además, estos resultados se compararon con los obtenidos en Corona del Rosal.

En primer término, se obtuvo la rodalización con la ortofoto, para enseguida hacer su edición respectiva (figura 12).

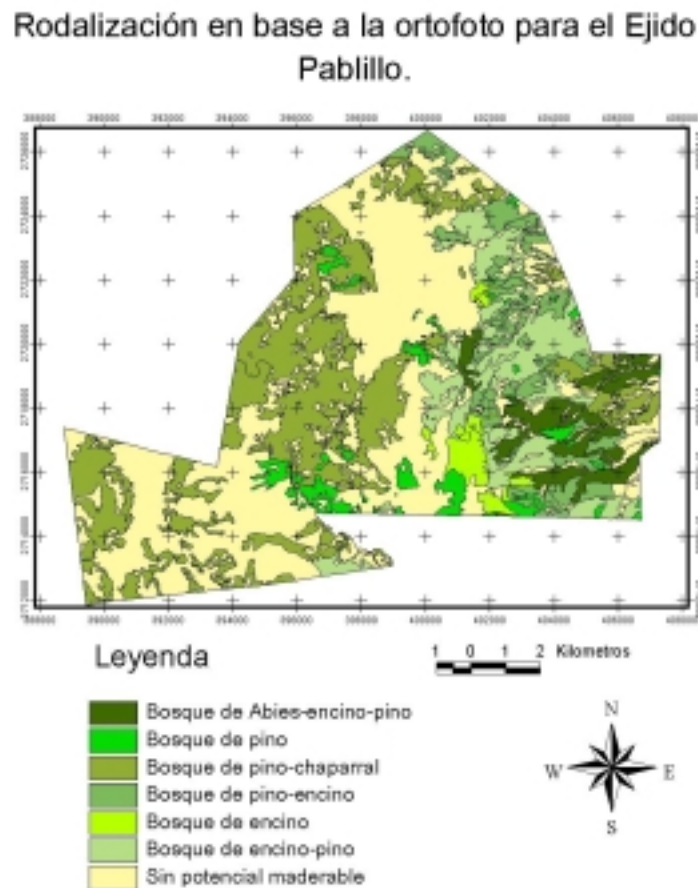


Figura 12. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la ortofoto.

Se encontraron las mismas clases (7) que en el otro predio, de las cuales una corresponde a vegetación sin potencial maderable y otros usos del suelo y las otras 6 a los diferentes tipos de vegetación con potencial maderable, las cuales son en orden de menor a mayor superficie: el bosque de encino, bosque de pino, bosque de abies-encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino y el bosque de pino-chaparral (Cuadro 7).

Al igual que en el caso de Corona del Rosal, el estrato con potencial maderable que ocupa mayor superficie es el representado por el bosque de pino-chaparral el cual esta compuesto principalmente por *Pinus cembroides* asociado con *Juníperus flacida*. Sin embargo, en el Ejido Pablillo se encontró un género diferente de importancia forestal, el género *Abies* cuya distribución obedece a exposiciones norte, geoformas cóncavas y forma asociaciones con los géneros *Quercus* y *Pinus*.

ESTRATO	Superficie (has)	Existencias de G(m²)	Existencias de V(m³rta)
Bosque de encino	330.5930	259.0127	1241.3005
Bosque de pino	582.3321	498.8724	2565.9261
Bosque de abies-encino-pino	786.5661	867.8228	7544.4510
Bosque de pino-encino	1061.1757	1143.1546	8695.8622
Bosque de encino-pino	1534.1776	1913.4941	12526.7787
Bosque de pino-chaparral	3868.0335	3300.3538	19615.0298
Total	8162.8780	7982.7104	52189.3483

Cuadro 7. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la ortofoto y las existencias totales de área basal y volumen.

Con la imagen pancromática de alta resolución se obtuvo una rodalización más fina para el ejido Pablillo, el mapa editado se muestra en la figura 13, se obtuvieron las mismas 7 clases, sin embargo las superficies para cada estrato variaron con respecto a las obtenidas con la rodalización en la ortofoto, para este caso el bosque de encino-pino resulto el de mayor superficie, estos resultados se presentan en el cuadro 8.

Mapa de rodales del ejido Pablillo utilizando la imagen pancromática

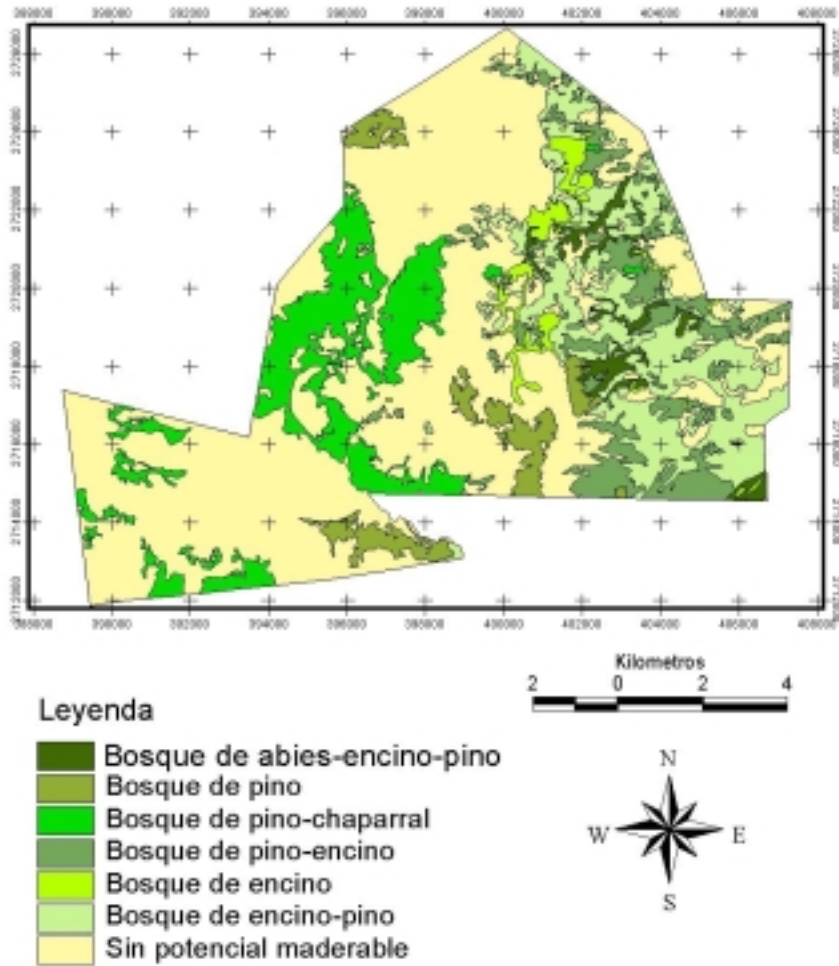


Figura 13. Mapa de rodales resultado de la digitalización en la imagen pancromática.

ESTRATOS	Superficie (has)	Existencias de G (M²)	Existencias de V (M³)
Bosque de abies-encino-pino	329.3091	363.3286	3158.6114
Bosque de encino	341.0737	267.2241	1280.6531
Bosque de pino	611.2731	523.6656	2693.4487
Bosque de pino-encino	1138.1761	1226.1036	9326.8469
Boque de pino-chaparral	1826.8740	1558.7587	9264.1877
Bosque de encino-pino	2156.0079	2689.0683	17604.1117
Total	6402.7140	6628.1489	43327.8596

Cuadro 8. Superficies que cubren los seis estratos obtenidos en base a la rodalización en la imagen pancromática y las existencias totales de área basal y volumen.

Como análisis de los resultados obtenidos con ambos materiales para este predio se encontró que la superficie con potencial maderable obtenida por la digitalización en la ortofoto se sobrestimó en 1760.164 m² con respecto a la obtenida con la digitalización sobre la imagen de satélite, así mismo, el área basal en 1354.5615 m² y el volumen en 8861.4887 m³ rta, lo cual se traduce en una sobreestimación de los costos de los productos forestales.

Lo anterior puede ocasionar conflictos, debido a que, si se tiene planeado trazar brechas para extraer un volumen de madera que no es el real, podría ocasionar un desequilibrio en relación al costo beneficio del producto a obtener con respecto a la inversión en infraestructura vial.

4.2. Caracterización dasométrica

Los resultados que se obtuvieron producto de los datos levantados durante el inventario forestal que se aplicó a cada predio se presentan en esta sección.

Como se mencionó anteriormente se distribuyeron sitios de muestreo circulares en cada uno de los estratos (rodales) de forma aleatoria para la caracterización dasométrica de ambos ejidos.

Del procesamiento de los datos de campo dentro del programa Excell para cada uno de los predios se estimaron las existencias de volumen y área basal para cada uno de los estratos expresados en m^3 por hectárea, así como para cada una de las especies presentes en el área de estudio, de igual forma, se obtuvo la densidad de individuos arbóreos presentes en cada estrato y para cada una de las especies de importancia forestal.

Además se presenta la cobertura en m^2 de las copas de las masas arboladas por estrato y para cada especie, para tener una idea de la dominancia en cobertura de copa.

En otro cuadro, también se presentan los resultados obtenidos de la cuantificación de la regeneración para evaluar la respuesta de la regeneración natural a los aprovechamientos.

Por último, se presenta en un cuadro la edad promedio, tiempo de paso, incremento corriente anual e incremento medio anual por estrato para ambos predios.

La información se presenta por separado para cada uno de los predios comenzando con el ejido de Alfonso Corona del Rosal.

4.2.1. Caracterización dasométrica del ejido A. Corona del Rosal.

El estrato que presenta menor área basal y volumen por hectárea es el de bosque de encino asociado con chaparral, sin embargo, este estrato es el que tiene mayor densidad como se muestra en el cuadro 9, por otro lado el estrato ocupado por el bosque de encino asociado con pino y chaparral es el más productivo a pesar de presentar la mas baja densidad.

ESTRATO	AB(M²/HA)	VOL (M³/HA)
Bosque de encino-chaparral	0.3999	1.9429
Bosque de pino	0.9630	6.9558
Bosque de pino-chaparral	0.9596	7.5284
Bosque de encino-pino	1.5484	10.9043
Bosquede pino-encino	1.6450	16.1649
Bosque de encino-pino-chaparral	1.6682	16.2094

Cuadro 9. Área basal v volumen por hectárea en cada estrato.

El genero *Pinus* es el que domina en cuanto a cubrimiento de área basal (ver cuadro 10), esto se debe a que presentan diámetros con dimensiones considerables en condiciones de mediana densidad a diferencia de otros géneros, como *Quercus*, que requiere de mas espacio, por la forma de la copa para aumentar el crecimiento en diámetro.

ESPECIE	AB (m ²)/HA
<i>Crataegus greggiana</i>	0.1301
<i>Juníperus flaccida</i>	0.1726
<i>Quercus laeta</i>	0.1759
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.228
<i>Quercus polymorpha</i>	0.5873
<i>Pinus cembroides</i>	0.7579
<i>Quercus rysophylla</i>	1.1976
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.8618
<i>Pinus teocote</i>	2.2429
<i>Pinus hartwegii</i>	2.6405
<i>Pinus ayacahuite</i>	2.6423

Cuadro 10. Área basal por hectárea para cada especie presente en el predio.

La misma tendencia ocurre en cuanto a las especies que dominan en ocupación de volumen, debido a que el volumen esta en función del área basal (Cuadro 11).

ESPECIE	VOL (M3/HA)
<i>Crataegus greggiana</i>	0.4228
<i>Juníperus flaccida</i>	0.4465
<i>Quercus laeta</i>	0.5931
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.6124
<i>Quercus rysophylla</i>	4.554
<i>Pinus cembroides</i>	4.6042
<i>Quercus polymorpha</i>	5.1029
<i>Pinus teocote</i>	15.1559
<i>Pinus pseudostrobus</i>	16.4298
<i>Pinus ayacahuite</i>	16.8104
<i>Pinus. hartwegii</i>	17.1633

Cuadro 11. Volumen por hectárea para cada especie presente en el predio.

De acuerdo a las observaciones en campo, los bosques de este predio donde predomina el género *Pinus* lo componen rodales coetáneos de árboles maduros con poca regeneración natural o individuos jóvenes.

Los valores bajos de área basal (G) en estos bosques esta relacionado con la separación entre individuos, lo que demuestra que por lo general son bosques abiertos o de baja densidad como se muestra en el cuadro 12.

ESTRATO	No IND/HA
Bosque de encino-pino-chaparral	224
Bosque de encino-pino	338
Bosque de pino-encino	362
Bosque de pino-chaparral	383
Bosque de pino	385
Bosque de encino-chaparral	690

Cuadro 12. Densidad por estrato.

La densidad que presentan las especies no esta relacionada positivamente con las cantidades de área basal y volumen por unidad de superficie, tal es el caso de *Arbutus xalapensis* que, como se muestra en el cuadro 13, es la que tiene mayor densidad, sin embargo el área basal y volumen por hectárea es bajo.

Esto es debido a que es una especie de dimensiones de diámetro y volumen cortos. Por otro lado la especie *Quercus laeta* en términos generales su densidad si esta relacionada con las cantidades de área basal y volumen que presenta.

ESPECIE	Nº IND./HA
<i>Quercus laeta</i>	40
<i>Juníperus flaccida</i>	110
<i>Pinus ayacahuite</i>	125
<i>Crataegus greggiana</i>	174
<i>Quercus asta</i>	178
<i>Pinus cembroides</i>	200
<i>Quercus polymorpha</i>	220
<i>Pinus pseudostrobus</i>	226
<i>Pinus hartwegii</i>	268
<i>Quercus rysophylla</i>	290
<i>Pinus teocote</i>	380
<i>Arbutus xalapensis</i>	400

Cuadro 13. Densidad por especie en toda la superficie estudiada del ejido Corona del EI Rosal.

estrato que presenta el dosel más cerrado es el ocupado por el bosque de encino asociado con pino (ver cuadro 14) a pesar de tener baja densidad, esto ocurre según las observaciones realizadas durante los recorridos de campo por el crecimiento considerable de las copas hacia los lados que presentan los árboles que ocupan este estrato. Por otro lado, el estrato con el menor cubrimiento de copas es el ocupado por el bosque de encino chaparral, a pesar de que tiene alta densidad, sin embargo, las copas de los árboles tienen dimensiones reducidas por el crecimiento vertical debido a la competencia por la alta densidad.

ESTRATO	COB.COP.(M2/HA)
Bosque de encino-chaparral	664.97
Bosque de pino	1694.08
Bosque de pino-encino	1997.97
Bosque de encino-pino-chaparral	2355.19
Bosque de pino-chaparral	3164.84
Bosque de encino-pino	4911.42

Cuadro 14. Cubrimiento de área de copas en cada estrato por hectárea.

Sin embargo, la dominancia de cubrimiento de las copas de los árboles le corresponde al género *Quercus* (ver cuadro 15), de acuerdo a las observaciones de campo estos árboles presentan copas que se extienden hacia los lados y no tienden a crecer hacia arriba por su tolerancia a la sombra en condiciones de densidad regular.

ESPECIE	ACOPA(M2/HA)
<i>Quercus laeta</i>	186.15
<i>Arbutus xalapensis</i>	259.61
<i>Quercus polymorpha</i>	337.83
<i>Crataegus greggiana</i>	354.41
<i>Juníperus flaccida</i>	372.57
<i>Pinus cembroides</i>	372.77
<i>Quercus rysophylla</i>	427.47
<i>Pinus pseudostrobus</i>	428.89
<i>Pinus teocote</i>	507.5
<i>Pinus hartwegii</i>	769.69
<i>Pinus ayacahuite</i>	848.23

Cuadro 15. Cubrimiento de copas (m²) por hectárea de cada una de las especies en los seis estratos.

La respuesta de la regeneración natural a los tratamientos silvícolas e impactos naturales y antropogénicos no ha sido favorable, tal parece que las condiciones para que se establezcan plántulas en el sotobosque no es la adecuada o quizás los propágulos que producen las especies forestales no encuentran las condiciones favorables para su germinación, sin embargo el *Pinus cembroides*, el cual presenta mayor regeneración que las demás especies en estos bosques, esto puede indicarnos que es una especie con mas resistencia a condiciones de impacto en los primeros inicios de su crecimiento o posiblemente sus semillas encuentren las condiciones adecuadas para germinar (Cuadro 16).

ESPECIE	No. IND./HA
<i>Pinus teocote</i>	20
<i>Crataegus greggiana</i>	20
<i>Juníperus flaccida</i>	38
<i>Pinus pseudostrobus</i>	46
<i>Quercus polymorpha</i>	95
<i>Populus sp</i>	100
<i>Quercus rysophylla</i>	124
<i>Arbutus xalapensis</i>	126
<i>Pinus cembroides</i>	321

Cuadro 16. Numero de individuos por hectárea de la regeneración natural de cada una de las especies presentes en los seis estratos.

Cabe mencionar, que en este predio el sistema silvícola que se esta utilizando para regular las masas arboladas es el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), el cual consiste en aclareos, cortas de regeneración y cortas de liberación, por tanto, donde se aplican los aclareos se busca que el cubrimiento de copas se mantenga

para no permitir regeneración natural, ya que, la regeneración natural se pretende que se establezca después de la corta de regeneración.

El estrato que presenta los mayores incrementos de madera es el ocupado por el bosque de pino-chaparral (cuadro 17), a pesar de la competencia que implica la asociación con las especies del estrato arbustivo, sin embargo este tipo de bosque ocupa sitios de buenas condiciones (terrenos de pendiente suave), por otro lado, el estrato compuesto por el bosque de encino-pino-chaparral, presenta los mas bajos incrementos de madera del genero *Pinus* por la alta competencia con el genero *Quercus* y las especies del estrato arbustivo.

ESTRATO	EDAD PROMEDIO	TP PROMEDIO	ICA (m3)	IMA(m3)
Bosque de encino-chaparral				
Bosque de encino-pino-chaparral	75	20.5	0.0009	118.6744
Bosque de pino-encino	66	16.8	0.001	312.7375
Bosque de pino	82.5	19.4	0.0009	349.8543
B-osque de encino-pino	79	15.8	0.0011	443.5562
Bosque de pino-chaparral	62.4	13.2	0.0014	803.1546

Cuadro 17. Edad promedio, tiempo de paso, IMA e ICA para cada estrato.

4.2.2. Caracterización dasométrica del ejido Pablillo.

Los bosques del ejido Pablillo tienen una distribución y composición de especies un poco distinta con respecto al otro predio, al igual que Corona el área forestal se separó en seis estratos, sin embargo en el ejido Pablillo se presentan exposiciones con dominancia hacia el norte, lo que trae consigo tipos de bosque compuestos por el género *Abies* asociado a otros géneros como *Quercus* y *Pinus*, siendo estos los más productivos en área basal y volumen (ver cuadro 18), aunque la densidad de los individuos arbóreos no es alta.

El bosque de encino es uno de los de menor superficie y el que presenta los valores más bajos de área basal y volumen debido a que sus individuos son de bajas dimensiones (diámetro y altura), a pesar de que es de mediana densidad.

ESTRATO	G(M²/HA)	VOL(M³/HA)
Bosque de encino	0.7835	3.7548
Bosque de pino	0.8567	4.4063
Bosque de pino-chaparral	0.8532	5.0711
Bosque de encino-pino	1.2472	8.1651
Bosque de pino-encino	1.0773	8.1946
Bosque de abies-encino-pino	1.1033	9.5916

Cuadro 18. Área basal y volumen por hectárea en los seis estratos.

La especie con mayor producción de área basal y volumen (*Quercus affinis*) es una de las de menor densidad (cuadro 19) sin embargo, presenta diámetros y alturas de dimensiones considerables,

Por otro lado, *Douglas* sp. Es una especie de baja densidad y de reducidas dimensiones, a esto se debe su baja producción en área basal y volumen.

ESPECIE	G/HA	VOL/HA
<i>Douglas s.p.</i>	0.2081	0.8956
<i>Arbutos xalapensis</i>	0.2332	0.7293
<i>Crataegus greggiana</i>	0.2677	0.9131
<i>Prunus serotina</i>	0.5434	3.2063
<i>Pinus hartwegii</i>	0.8302	4.2552
<i>Pinus cembroides</i>	0.8360	4.8745
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.0064	7.1276
<i>Quercus polymorpha</i>	1.0163	4.9577
<i>Quercus rysophylla</i>	1.0184	5.6973
<i>Abies vejari</i>	1.1405	10.7942
<i>Pinus teocote</i>	1.2586	11.8598
<i>Quercus affinis</i>	1.5075	12.5098

Cuadro 19. Área basal y volumen por hectárea para cada una de las especies con potencial maderable presentes en el predio.

El bosque de pino es el de menor densidad y según las observaciones en campo es un bosque generalmente abierto, por consiguiente, el área basal y volumen por hectárea también presenta valores bajos.

El estrato con el valor mas alto de densidad es el de encino-pino (Cuadro 20), además, es el que cubre mayor superficie en la rodalización con la imagen de satélite y por lo tanto el de mayor producción de área basal y volumen.

ESTRATO	Nºind/ha
Bosque de pino	191
Bosque de abies-encino-pino	255
Bosque de pino-chaparral	265
Bosque de encino	304
Bosque de pino-encino	326
Bosque de encino-pino	330

Cuadro 20. Densidad por estrato de las especies con potencial maderable.

La especie *Quercus rysophylla*, es una de las especies mas representativas de esta zona y dentro del ejido Pablillo, en el estrato de encino-pino es la más abundante (Cuadro 21) y por consiguiente es una de las especies de mayor producción de área basal y volumen por hectárea.

El *Prunus serotina* (capulín) es una especie característica del bosque mesófilo y en esta zona este tipo de vegetación se encuentra reducido a pequeñas superficies que se encuentran en cañadas húmedas con exposición norte. En este tipo de asociación vegetal se levantaron algunos sitios dentro de los cuales se registró a esta especie de alta importancia ecológica ya que provee de alimento con sus frutos a la fauna silvestre. Por ende, es una especie de baja densidad y productividad forestal.

ESPECIE	Nº/HA
<i>Prunus serotina</i>	20
<i>Crataegus greggiana</i>	40
<i>Douglas s.p.</i>	60
<i>Quercus affinis</i>	280
<i>Arbutus xalapensis</i>	640
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2220
<i>Quercus polymorpha</i>	3300
<i>Abies vejari</i>	3580
<i>Pinus hartwegii</i>	3600
<i>Pinus. teocote</i>	4000
<i>Pinus cembroides</i>	4980
<i>Quercus rysophylla</i>	11460

Cuadro 21. Densidad para cada una de las especies con potencial maderable.

El bosque de abies-encino-pino presenta el dosel más cerrado (Cuadro 22), aunque presenta una baja densidad, sin embargo, los diferentes estratos que lo componen proporcionan amplia cobertura al suelo. Por otra parte, el estrato compuesto por bosque de encino se comporta en la misma posición que la densidad, quedando de manifiesto, que es un bosque con una estructura espacial con superficies sin cobertura de vegetación arbórea.

ESTRATO	COB.COPAM²/HA
Bosque de pino	352.8111
Bosque de pino-chaparral	384.6427
Bosque de pino-encino	458.7731
Bosque de encino	480.4608
Bosque de encino-pino	540.1442
Bosque de abies-encino-pino	545.9710

Cuadro 22. Superficie de cobertura de copas para cada estrato.

Pinus teocote es una de las especies de mayor valor de importancia ya que posee valores altos en todas los parámetros que se estimaron, así como en cubrimiento de copas (Cuadro 23), además es una de las especies de mayor valor comercial por la calidad de su madera. En cambio el nogal prieto (*Douglas sp.*), tiene una distribución restringida a áreas húmedas , con exposiciones norte y geofomas concavas y por tanto, posee bajos valores de importancia en todos los parámetros estimados.

ESPECIE	COB.COPA/HA
<i>Douglas s.p.</i>	177.0815
<i>Crataegus greggiana</i>	183.7836
<i>Arbutos xalapensis</i>	215.1554
<i>Prunus serotina</i>	332.3813
<i>Pinus hartwegii</i>	355.4834
<i>Pinus cembroides</i>	370.9012
<i>Abies vejari</i>	475.5768
<i>Pinus pseudostrobus</i>	491.6108
<i>Quercus polymorpha</i>	497.1135
<i>Quercus rysophylla</i>	498.7781
<i>Quercus affinis</i>	569.2804
<i>Pinus teocote</i>	621.3339

Cuadro 23. Cobertura de copas por hectárea para cada una de las especies con potencial maderable.

Otro de los parámetros evaluados es la regeneración natural y para el presente trabajo se consideró como regeneración natural la que se establece por procesos naturales y que se encuentre de cualquier dimensión y esta se registró en la totalidad de las dimensiones de los sitios.

La cantidad de la regeneración por superficie en cada estrato esta relacionada positivamente con la abertura del dosel, tal es el caso de l estrato de pino (Cuadro 24), que es el más abierto, presenta los valores mas altos de este parámetro, lo que indica que la regeneración se establece en áreas donde la luz solar llega al sotobosque en mejor intensidad. En cambio los estratos que presentan los doseles mas cerrados como en este caso el bosque de encino, no permiten la entrada de

buena cantidad de rayos solares al sotobosque y por lo tanto, son los que poseen lo niveles más bajos de regeneración natural

ESTRATO	NºIND/HA	ALT. PROM.(m)
Bosque de encino	62	0.91
Bosque de encino-pino	80	0.71
Bosque de pino-chaparral	89	0.83
Bosque de pino-encino	115	0.87
Bosque de abies-encino-pino	116	1.53
Bosque de pino	130	1.16

Cuadro 24. Densidad y altura promedio de la regeneración natural para cada estrato.

Las especies tolerantes a la sombra como en este caso lo encinos, cuya regeneración puede surgir por rebrotes y semillas tienen buen éxito para establecerse bajo el dosel cerrado, por ello la especie de *Quercus rysophylla* presenta los valores más altos en la regeneración natural (Cuadro 25), y este comportamiento repercute directamente con los valores también altos en la densidad.

La especie de *Pinus hartwegii* también presenta valores altos en regeneración, esto se debe a que esta especie es la que se encuentra en la regeneración de los bosques abiertos de pinos.

Por otra parte, la regeneración de *Pinus teocote* es escasa debido a que esta especie es la que cubre mas dosel por hectárea y esto impide que se den las condiciones para una alta regeneración natural de esta especie

ESPECIE	NºIND/HA	ALT. PROM.(m)
<i>Pinus teocote</i>	47	1.42
<i>Pinus cembroides</i>	54	0.84
<i>Quercus polymorpha</i>	54	1.04
<i>Crataegus greggiana</i>	95	1.14
<i>Douglas sp.</i>	96	1.46
<i>Arbutus xalapensis</i>	106	0.96
<i>Pinus pseudostrobus</i>	123	1.27
<i>Juniperus flacida</i>	132	1.04
<i>Abies vejari</i>	143	1.43
<i>Crya mirisicaeformis</i>	180	2.05
<i>Pinus hartwegii</i>	194	1.25
<i>Quercus rysophylla</i>	248	0.64

El **Cuadro 25.** Densidad y altura promedio de la regeneración natural de cada especie con potencial maderable dentro de los seis estratos.

bosque de pinos-chaparral (Cuadro 26) presenta los niveles más altos en incrementos corrientes anuales de madera, esto indica que estos son bosque jóvenes y con buenas condiciones de sitio, por otra parte, el bosques con los incrementos medios anuales mas elevados es el de encino-pino, esto significa que reunía mayor cantidad de volumen en una categoría diamétrica de sus individuos que los demás estratos.

El bosque de abies-encino-pino, posee los valores más bajos en incremento de los rodales que se les pudo calcular la edad, esto significa que es un rodal maduro cuyo crecimiento es insignificante.

ESTRATO	EDAD PROMEDIO	T.P. PROMEDIO	ICA (M³)	IMA (M³)
Bosque de encino	0.00	0.00	0.00	0.00
Bosque de abies-encino-pino	47.7500	10.2500	0.0015	66.1489
Bosque de pino-encino	64.9000	11.7000	0.0011	77.1820
Bosque de pino	74.7500	19.3500	0.0005	127.0903
Bosque de pino-chaparra	47.1429	10.9048	1.0274	196.5131
Bosque de encino-pino	24.9000	4.8000	0.0027	373.2277

Cuadro 26. Edad promedio, tiempo de paso promedio, incremento corriente anual e incremento medio anual por estrato.

4.3. Elaboración del Sistema de Información Geográfica

Por medio de transformación de formato análogo a digital se elaboraron 4 mapas de manejo del bosque mediante digitalización, los cuales son: Plano General, Plano de Condición Original de los Tratamientos, Plano de Condición Regularizada de los Tratamientos y División de Superficie por Área de Corta, para el ejido Corona del Rosal (Ver Anexo Cartográfico).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se comparó la rodalización realizada sobre la ortofoto y en la imagen de satélite, encontrando que la efectuada sobre la imagen de satélite presentó calidad suficiente para identificar mejor la composición de especies y la estructura de edades.

El uso de imágenes de satélite de alta resolución para la elaboración de la cartografía forestal ofrece ventajas sobre las ortofotos, en especial por la resolución espectral, que facilita en algunos casos la rodalización, presentan la posibilidad de obtenerse repetidamente, se pueden procesar digitalmente y obtener otras variables como los índices de vegetación.

El empleo de materiales de baja resolución o escalas pequeñas para la elaboración de la división dasocrática en un área forestal, puede ocasionar, una baja precisión en la determinación de superficies arboladas con potencial comercial, lo cual repercute en una sobrestimación de los recursos y por consiguiente una presión sobre el bosque o un desequilibrio económico entre el valor de los productos forestales reales y la inversión en infraestructura vial que se requiera en el predio para la extracción de dichos productos.

En este sentido el uso de las imágenes de satélite de alta resolución presentan una alternativa viable en la planificación de las actividades forestales.

Los bosques de esta región se caracterizan por presentar bajos niveles de productividad, turnos comerciales largos (entre 70-80 años) del género *Pinus*, regeneración escasa, densidad baja y dosel abierto.

Los suelos de estos bosques son someros, en ocasiones se expone la roca madre y los niveles de precipitación también son bajos.

Los bosques con mayor productividad de madera comercial se ubican en las mesetas de las montañas, debido a que en estas áreas se encuentran los mejores suelos, topografía suave y mayores niveles de precipitación.

La extracción de la madera dirigida hacia el género *Pinus* tiende a cambiar la composición florística de los bosques de Pino-Encino a Encino-Pino.

Los bosques de esta región tienden a presentar mayor vocación para la conservación que para el aprovechamiento forestal por la baja resiliencia que manifiestan en respuesta a los impactos que esta actividad genera.

6. LITERATURA CITADA

- Aguirre Zamarripa E. (2002). Evaluación de Cambios de Vegetación en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N. L. 63 p.
- Asner, Gegory P. y Amanda S. Warner. 2002. Canopy Shadow in Ikonos Satellite Observations of tropical forest and savannas. *Remote Sensing and Enviromental*. 87 (2003) 521-533.
- Bazaldúa-Piña, A. 1997. Aplicación de la Percepción Remota en el Monitoreo del Hábitat del Venado Bura del Desierto (*Odocoileus hemionus crooki*) en el sur de Nuevo León. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N. L. 73 p.
- Castillo Moreno H. (1997). Determinación y Cartografía de Calidades de Sitio en los bosques de *Pinus cembroides Zucc* en los municipios de Aramberri y Galeana, N. L. A través de imágenes de Satélite. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 46 p. Linares, N. L. México.
- Chuvieco. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S. A., Madrid, España. 451 p.
- Correa Rubio J. 1996. Evaluación y cuantificación de los cambios del uso del suelo mediante imágenes de satélite en los Municipios de Linares y Hualahuises, N. L. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N. L. México. 47 p.
- Franklin S. E.; Wulder, M. A. y G. R. Gerylo, 2001. Texture Analysis of IKONOS panchro Matic Data for Dowglas-fir forest age class separability in British Columbia, *International journal of remote sensing* Vol. 22 num.13/pp2627-2632.
- García Aranda M. 1996. Análisis de la cubierta vegetal y propuesta para la zonificación ecológica .del Cerro "El Potosí", Galeana, N. L. México. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N. L. 92 p.
- Guevara, V., Reyes, A., Salcedo, R., Ruiz, A. y W. Torres, 2002. Evaluación de la ortorectificación de imágenes Ikonos.
- http://www.asovig.org/Documentos/Guevara_Victor_IKONOS%20.pdf

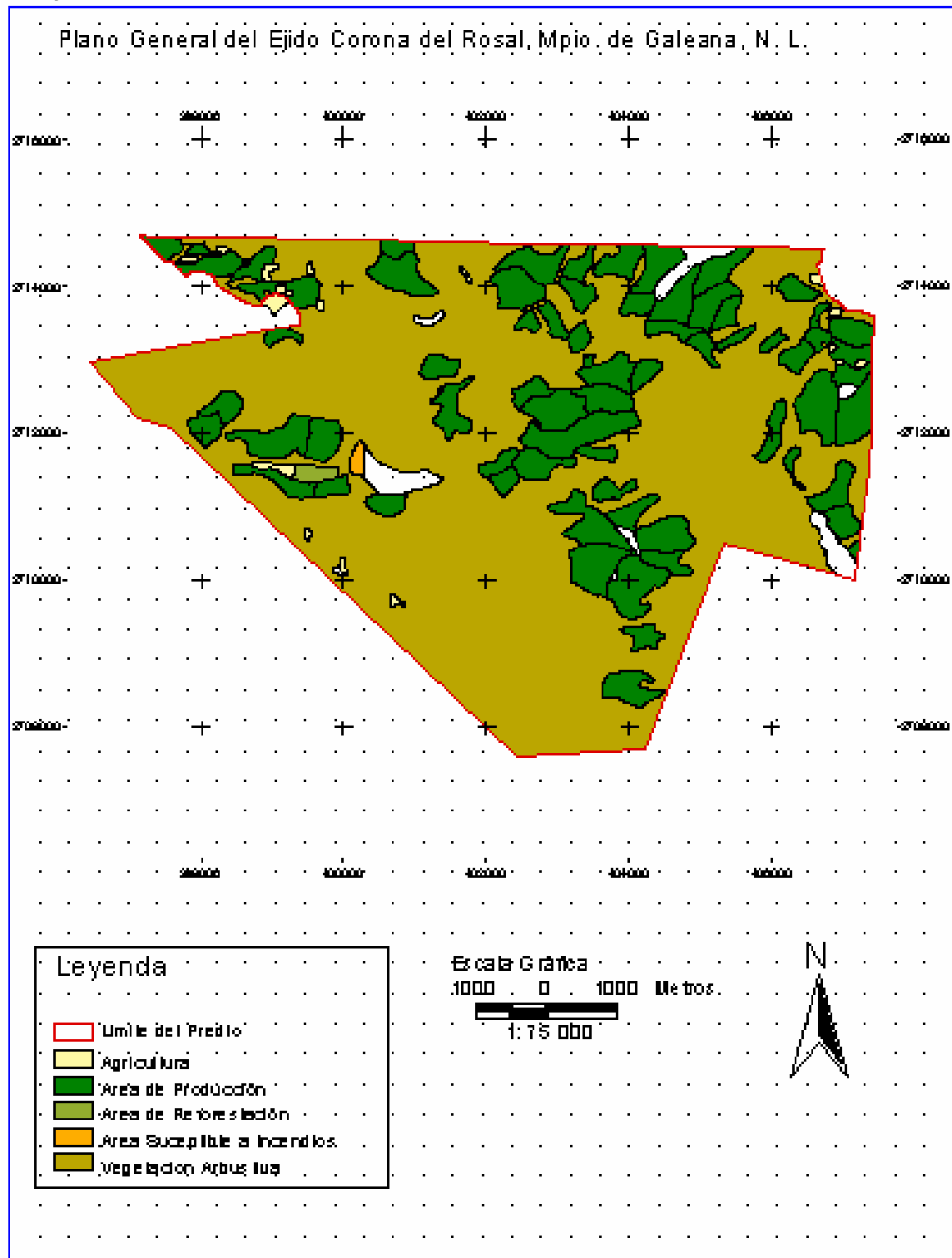
- González Murgía R. 2003. Alternativas de Manejo Forestal mediante el Desarrollo de Conocimiento Específico de Sitio. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N. L. 154 p.
- Hann, D. W. y B.B. Bare. 1982. Manejo de bosques incoetáneos Trad. P. Rivero B. Universidad Autónoma Chapingo, Depto. Bosques. Bol Tec., 4. 30 p.
- Haverkamp, Donna and Rick Poulsen. 2003. Change Detection Using Ikonos Imagery (en línea).
http://www.Spaceimaging.com/whitepapers_pdfs/2003/change%20Detection%20Using%20Ikonos20Imagery-ASPRS%202003.PDF
- INEGI (1971). Carta de Suelos Zona G14-C-67. Escala 1: 50 000.
- International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. (1997), Surveying and Mapping in Forestry – Module Introduction. ITC. 1-7.
- International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. (1998), Glossary of NRM Related Terminology. ITC.
- Jacobsen, Karsten, 2003: Auswertung von QuickBird and Ikonos-Aufnahmen.
http://www.ipi.uni-hannover.de/html/publikationen/2003/paper/Jac0903_dgpf.pdf
- Masato Katoh, 2004., Classifying tree species in a northern mixed forest using high-resolution IKONOS data Journal of Forest Research Volume 9, number 1, pp 7-14 Publisher: Springer-Verlag.
- Muñoz Robles C. 2001. Elaboración de un Modelo Espacial de Peligro de Incendios Forestales. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L. México. 119 p.
- Pompa, G. M. 2005. Desarrollo de Modelos Geoespaciales para Toma de Decisiones en Manejo Forestal, en el ejido Papajichi, Mpio. de Guachochi, Chih. Tesis de Doctorado Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L. México. 79 p.
- Prabhakar, R, Somanathan, E, & Bhupendra Singh Metha, 2001, How degraded are the Himalayan forest <http://www.isid.ac.in/~som/degrade.pdf>
- Rullán Silva C. 2002. Estudio bitemporal de la vegetación en una zona afectada por incendios en el municipio de Santiago, N. L. México. Tesis. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ingeniería y Arquitectura. Monterrey, N. L. México. P 93.

- Salinas C., W. E. y E. J. Treviño Garza. 2002. Impacto de la deforestación en el microclima de la cuenca río Corona, Tamaulipas. Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, U. N. A. M num. 47, 2002, pp 59-76
- Treviño Garza, E. J., 1992 "Verwendung von Satellitenaufnahmen zur Vegetationskartierung am Beispiel der Region "Sierra Madre Oriental" in Nordostmexiko". Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in der Tropen und Subtropen, Heft 68, 150 p. ISBN 3-88452-724-X
- Treviño Garza E. J. 2001. Estratificación de la información en el procesamiento digital de imágenes de satélite aplicado a la cartografía de los bosques *Pinus cembroides*. Investigaciones Geográficas, Boletín núm. 44. Instituto de Geografía, UNAM, México. Pp. 54-63.
- UCODEFO N° 1. Galeana.1995. Programa de Manejo Forestal. Ejido Alfonso Corona del Rosal. Municipio de Galeana N. L.
- UCODEFO N° 1. Galeana.1997. Programa de Manejo Forestal. Ejido Pablillo Municipio de Galeana N. L.
- Verástegui Ch. J; E. J. Treviño G; R. Vázquez A; J. Pissani Z. y Emilio Olivares. 1997. Caracterización de un área agrícola con problemas de salinidad mediante el uso de imágenes Landsat TM. Memorias VIII Simposio Latinoamericano de percepción remota. Mérida Venezuela, 2-7 noviembre.
- Widayati, A., Verbist, B. & A. Meijerink, 2002. Application of combined pixel-based and spatial. Based approaches for improved mixed vegetation classification using IKONOS
<http://www.itc.nl/library/Papers/MEIJERINK.application.ACRS.2002.pdf>

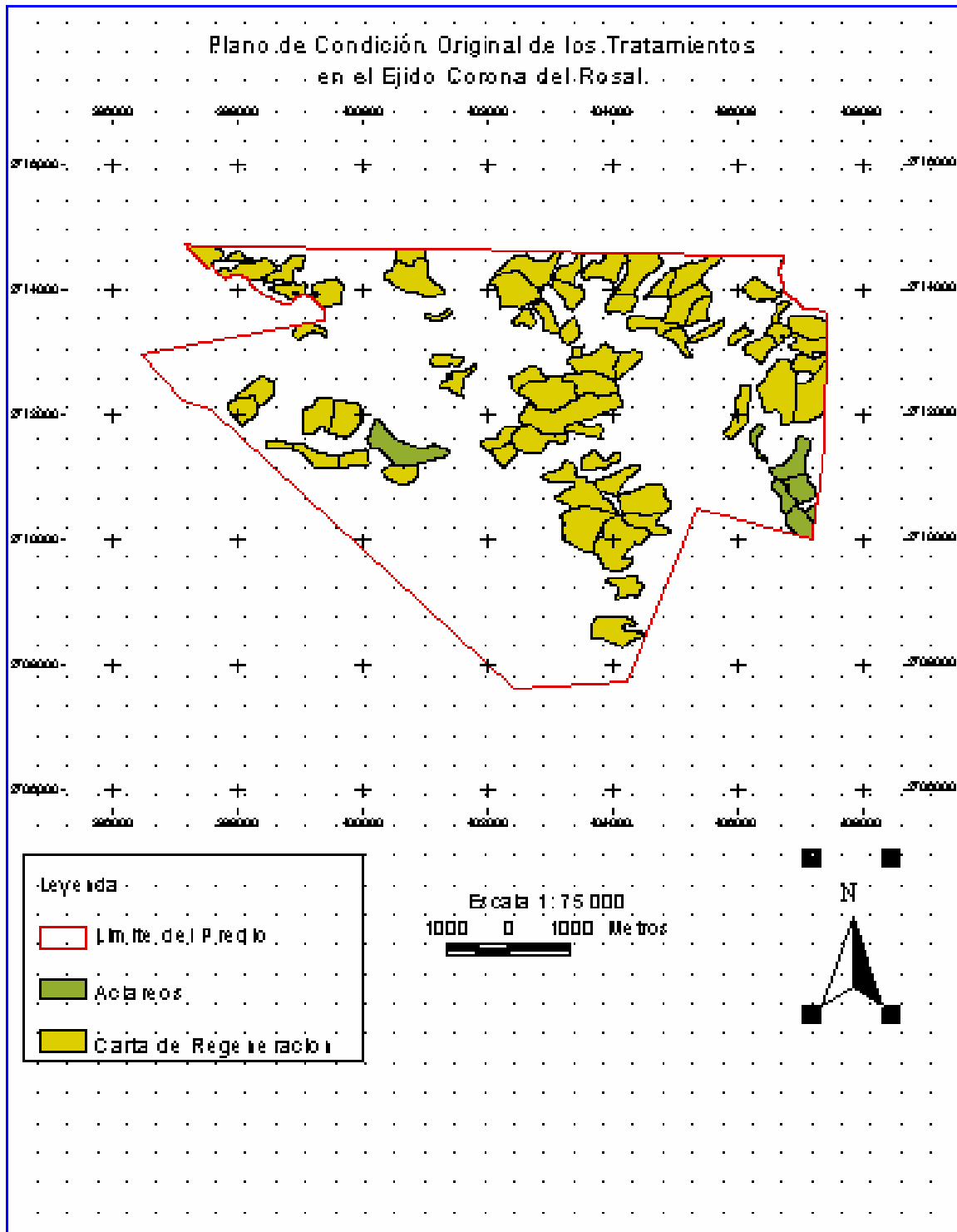
ANEXO 1

CARTOGRAFIA FORESTAL DEL EJIDO ALFONSO CORONA DEL ROSAL

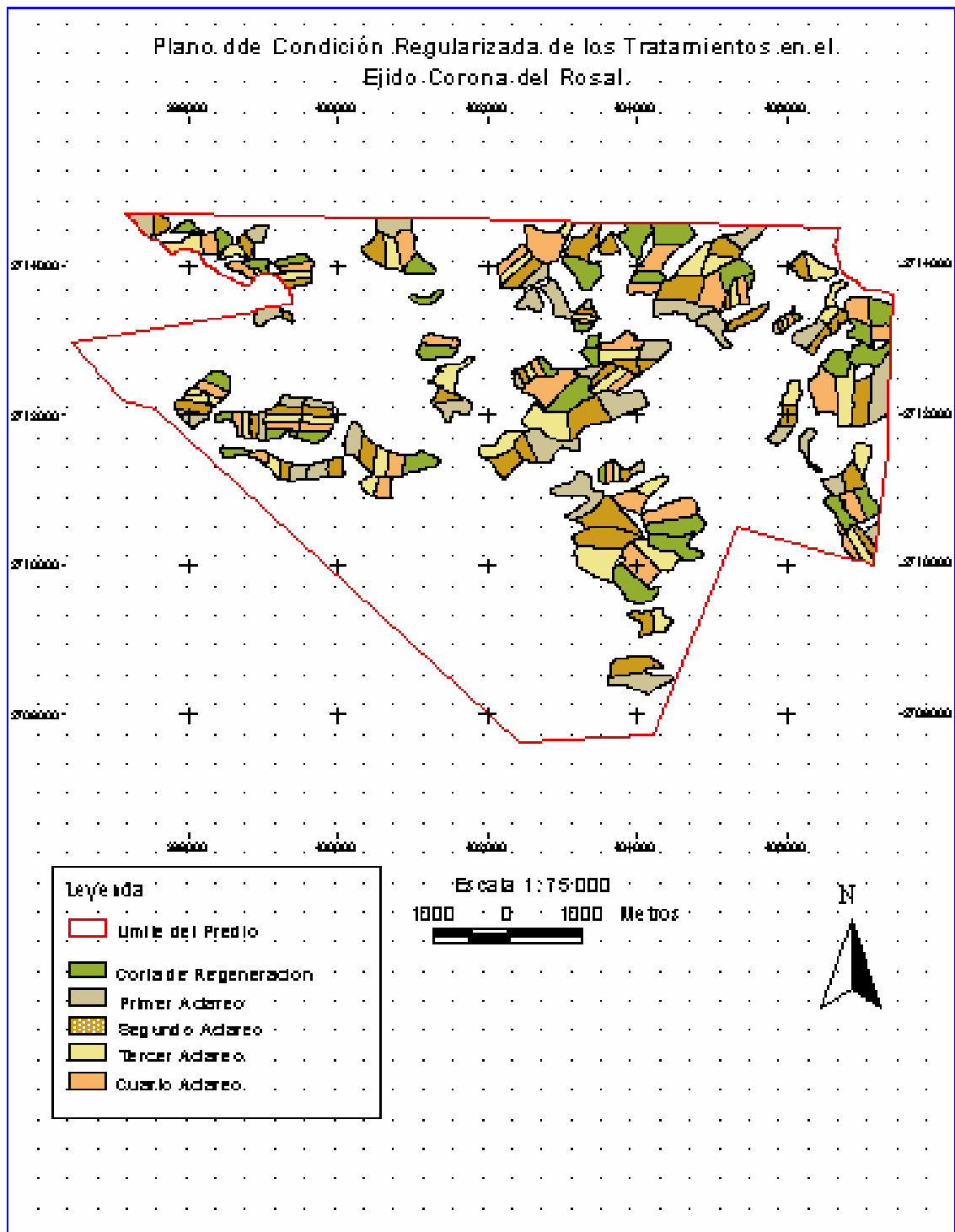
Mapa 1. Plano General



Mapa 2. Plano de condición original de los tratamientos



Mapa 3. Plano de Condición Regularizada de los Tratamientos



Mapa 4. Plano de División de Superficies por Área de Corta

