

Mapeo de la vegetación en áreas naturales mediante percepción remota

Raymundo Villavicencio Garcia

Departamento de Producción Forestal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. Carretera GDL-Nogales, km 15.5 CP. 45020 Las Agujas, Zapopan, Jal. México. Tel/Fax. (3) 3682 0244. email: vgr02072@cucba.udg.mx

Palabras clave: Mapeo, reclasificación jerárquica, percepción remota

INTRODUCCION^a

Los ecosistemas forestales de las áreas naturales representan no solamente una fuente de diversidad biológica, si no que también son el reflejo de la salud del medio ambiente y de los recursos naturales; por ejemplo las comunidades arbóreas protegen la calidad del agua mediante la captura y escurrimiento de las aguas de lluvia, mejora las condiciones de vida del medio ambiente rural y urbano mediante la calidad del aire, reduce la erosión del suelo, además proporciona cobertura y alimento para la vida silvestre. Las áreas naturales protegidas se caracterizan por poseer una reserva de especies y biodiversidad genética, y dentro de los objetivos que persigue su conservación, es contribuir a la continuidad de procesos ecológicos para el buen funcionamiento de los ecosistemas, por ejemplo, maximizando la diversidad de especies nativas y manteniendo la estructura de las reservas arbóreas.

La manera convencional de conocer una comunidad arbórea y su entorno ecológico en cuanto a que, como y cuanto se tiene de éste, es mediante un inventario forestal, con el levantamiento de datos y su análisis se evalúa qué recursos naturales y forestales existen en una determinada superficie y que perspectivas de desarrollo presentan. Otras herramientas técnicas empleadas en la evaluación de recursos forestales son la percepción remota y los sistemas de información geográfica. La utilización más importante y frecuente de una imagen satelital es la cartografía de la vegetación (Chuvienco, 2002), y desde el punto de vista de la percepción remota, constituye la base para establecer una metodología capaz de proporcionar censos de bosques con regularidad y oportunidad (Lira, 2003). Por cartografía de la vegetación se entiende como la representación de coberturas y distribución de unidades de vegetación. Referido a las comunidades vegetales de áreas naturales, es importante conocer la ubicación, la distribución, la estructura y hasta que especies las conforman, ya que con ello permite soportar acciones de planificación, desarrollo, conservación y manejo de las mismas.

Por lo anterior, este trabajo tiene como **objetivo** mostrar las bases de un proceso metodológico que utiliza técnicas de percepción remota, cómputo y estadística para generar un mapa de vegetación de un área natural, estimar su cuantía y distribución a través de la clasificación digital de una imagen de satélite.

CONCEPTOS

La Percepción remota

^a CITA: Villavicencio García Raymundo, "Mapeo de la vegetación en áreas naturales mediante percepción remota". En: Félix, F. E., González, F. C. R., Gallegos, R. A., Mora, S. A., Hernández, A. J., Santiago, P. A., L., Román, M. M. L., Chávez, A. J. M., Toledo, G. S. L., Silva, G. J. A. y Villavicencio, G. R., 2005 Seminarios del Departamento de Producción Forestal, Universidad de Guadalajara, México, 2006. pp. 155-166

La Percepción Remota (PR) es la técnica que permite obtener información y propiedades a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre, mar y atmósfera. La aplicaciones y ventajas de la observación espacial es traducida a manera de ejemplo mediante la medición y la cartografía de superficies terrestres, el inventario del estado actual y la detección de cambios sobre los recursos naturales, el monitoreo forestal y la planificación ambiental; dentro de las ventajas se puede considerarse la cobertura global de la superficie terrestre, la perspectiva panorámica (visión regional), la observación multiescala, la cobertura repetitiva de una misma área, además del amplio espectro electromagnético que los sensores ópticos-electrónicos registran (Figura 1), la transmisión inmediata de información y el formato digital, entre otros (Chuvienco, 2002).

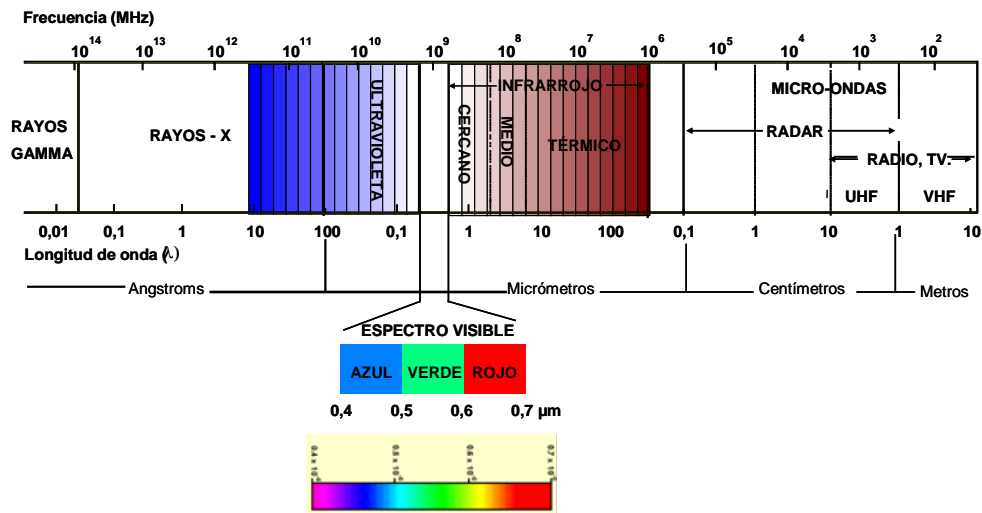


Figura 1. En el área de la Geoinformación, el sensor remoto capta la radiación electromagnética de las cubierta terrestre mediante ondas electromagnéticas (Fuente: Chuvienco, 2002).

El contenido de información en la PR

La imagen de una cobertura terrestre puede captarse desde una plataforma terrestre, aérea o espacial. El contenido de información obtenida de la PR la constituye principalmente la resolución espacial, la resolución radiométrica, la resolución espectral y la resolución temporal (Jensen, 1996; Albertz, 2001; Chuvienco, 2002), pudiendo recabarse esta información de manera activa o pasiva.

El **dato espacial** indica la dirección espacial de la información y corresponde al tamaño de la mínima unidad de información incluida en una imagen, es decir, el tamaño de píxel o elemento pictórico. La **información radiométrica** indica la intensidad y composición espacial de la reflectancia (número de niveles de gris recogido por el sensor), se expresa en número de bits (bytes). Los **datos espectrales** registran el comportamiento de los objetos en distintas bandas del espectro e indica el número y la anchura de las bandas espectrales. Por último la **información temporal** esta referida a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor, o bien señala la periodicidad con la que este sistema adquiere las imágenes de una misma área de la superficie terrestre.

La información capturada por un sensor remoto estará clasificada dependiendo de la manera que este capte la energía electromagnética; por un lado se tienen los sensores pasivos, que son limitados a recibir la energía procedente de un foco exterior a ellos, ya sea esta reflejada de los rayos solares o bien ya sea emitida en virtud de su propia temperatura (por ejemplo: imágenes termales), por otro lado los

sensores activos emiten su propio haz energético (ejemplo: Radar), el cual posteriormente recogen tras su reflexión sobre la superficie que se pretende observar (Figura 2).

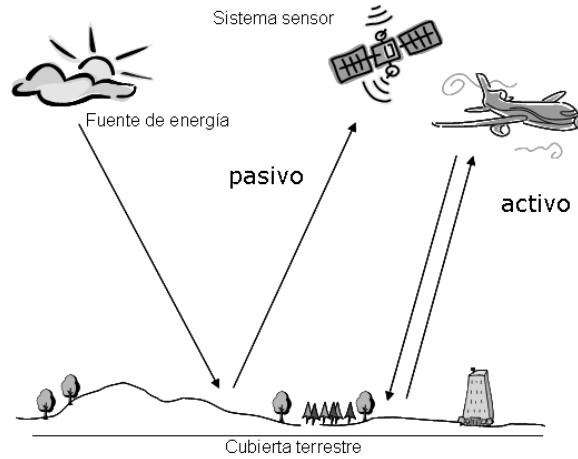


Figura 2. La percepción remota requiere de tres componentes mínimos: una fuente de energía, una cubierta terrestre y un sensor. Un sistema de PR consistirá siempre de una imagen, su manera de almacenamiento y su forma de proceso.

El comportamiento espectral de cada objeto de la superficie de la tierra es caracterizado por su propia firma espectral, eso significa, es reflejado, transmitido o absorbido dependientemente de su contenido y propiedad estructural (Chuvienco, 1996). La reflexión espectral de la vegetación sana esta caracterizada en la absorción de ondas en el espectro visible (0.4 a 0.7 micrómetros), una alta reflexión en el infrarrojo cercano (0.7 a 1.3 micrómetros) y nuevamente una absorción en el infrarrojo medio (1.3 a 2.5 micrómetros) (ver Figura 3). La signatura espectral de la vegetación sana tiene una clara separación espectral en el espectro rojo (fuerte absorción, baja reflexión) y en el infrarrojo cercano (fuerte reflexión) (Albertz, 2001). Así mismo dentro de los factores que influyen en la reflectancia de la vegetación se encuentra los pigmentos (efecto absorbente de clorofilas y xantofilas) y estructura de la hoja y su contenido de humedad, además la geometría y el ángulo de iluminación solar, es decir la situación geográfica de la planta (pendiente, orientación, etc.) (Chuvienco, 2002). Por lo tanto una importante tarea de la PR es la caracterización espectral de masas forestales en grandes espacios de superficie, ya que con procedimientos matemático-estadísticos utilizados en programas de cómputo especializados, es posible agrupar firmas espectrales y ordenar clases.

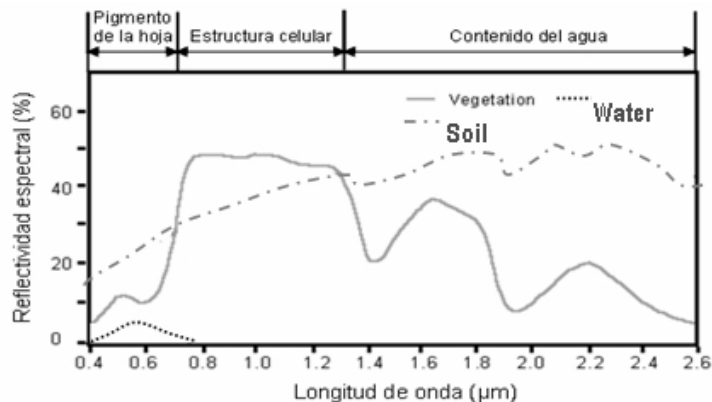


Figura 3. Factores de influencia que determina el espectro electromagnético de la vegetación sana. (Fuente: Villavicencio (2004)).

Las Aplicaciones de la PR

La PR puede ser utilizada en diferentes disciplinas y áreas de conocimiento. Los objetivos que persigan estas áreas podrán ser diversos dependiendo de la necesidad del estudio a realizar. Las siguientes disciplinas son un ejemplo en las cuales la fotografía aérea e imágenes de satélite adquiridas por sensores remotos pueden ser utilizadas: la geohidrológica, la geotermia, la geología y geomorfología, la edafología, la cartografía, la geografía, la oceanografía y recursos marino, la prevención y evaluación de desastres, la agricultura y la silvicultura, la fauna silvestre, así como la planificación regional, la colonización, la arqueología, la metereología y la investigación climática, entre otras (Albertz, 2001; Lira, 2003).

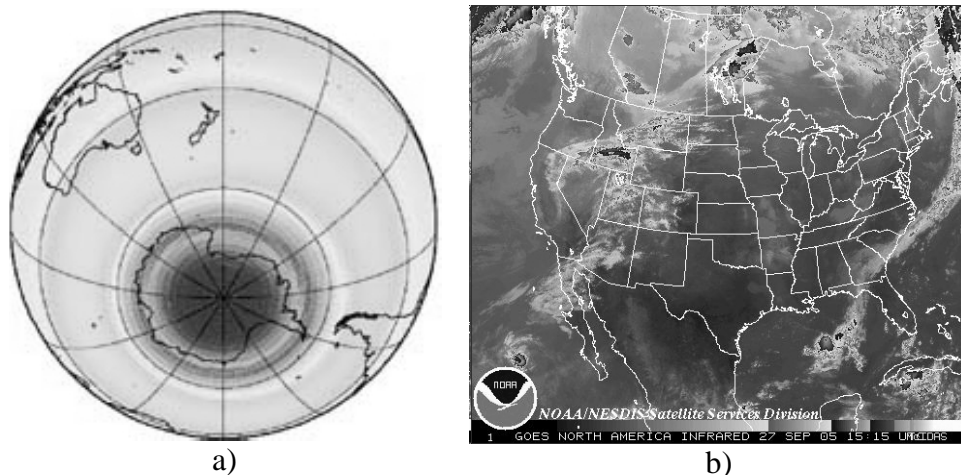


Figura 4. a) Imagen termográfica del hoyo en la capa de ozono sobre el antártico (Fuente: www.echo-online.de); b) Imagen climatológica NOAA. Norte América, 27/09/2005 (Fuente: www.noaa.gov)

EJEMPLO DE IMÁGENES SATELITALES

Dentro de la PR existe una diversidad de plataformas, las cuales a través de su sensor ofrecen un panorama de información sobre una determinada superficie terrestre. Las plataformas son caracterizadas en función de su órbita, de esta manera se diferencian la órbita heliosincrónica y la órbita geoestacionaria, esta última le permite al sensor sincronizar con la rotación de la tierra y siempre tener un mismo punto de observación (Chuvienco, 1996), normalmente los satelites geoestacionarios se encuentran situados sobre el Ecuador a una altura de 36000km. Los satélites heliosíncronos se desplazan en órbitas generalmente circulares y polares de tal manera que aprovechando el movimiento de rotación terrestre pueda captar imágenes de diferentes puntos cada vez que pase por el mismo punto de la órbita (entre 300 y 1000km de altura). Sin embargo la órbita que ocupa una plataforma estará dada en el objetivo que tenga la finalidad del satélite.

Existe una gama de satélites, entre estos se pueden especificar los satélites para programas metereologicos (TIROS-NOAA, METEOSAT, GARP, EOS), o bien, los utilizados para la observación de la tierra y la evaluación de los recursos naturales (Landsat, Spot, IRS) (ver Figura 5), sin embargo en años recientes han surgido además una generación de satélites comerciales de alta resolución (IKONOS, Quickbird), los cuales han perfeccionado su calidad a un nivel de fotografía aérea. La tabla 1 muestra los principales sensores en función a la cobertura y resolución espacial

Tabla 1. Principales sensores empleados en percepción remota, en función a su cobertura, repetición y resolución espacial.

Sensor	cobertura	Repetición	Resolución espacial
NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)	2700km	Diaria	1100x1100m
Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)	2300km	Diaria	250m a 1km en distintas bandas
Landsat Thematic Mapper (TM), Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM)	170x185km	16 Días	30x30m multiespectral, 15x15m pancromática
Indian Remote Sensing System (IRS)	140x140km 70x70km	24 Días	23x23m multiespectral, 5.8x5.8m pancromática
Système Probatoire d'Observation de la Terre (Spot 5)	60x60km	26 Días	10x10m multiespectral, 5x5m pancromática 2.5x2.5m pancromática
IKONOS	11x11km	3 - 4 Días	4x4m multiespectral, 1x1m pancromática
Quickbird	16.5x16.5km	1 - 3 Días	2.4x2.4m multiespectral, 0.6x0.6m pancromática
Fotografía aérea	4.1x4.1km (1:18000)	Variable	0.25–1.0 m

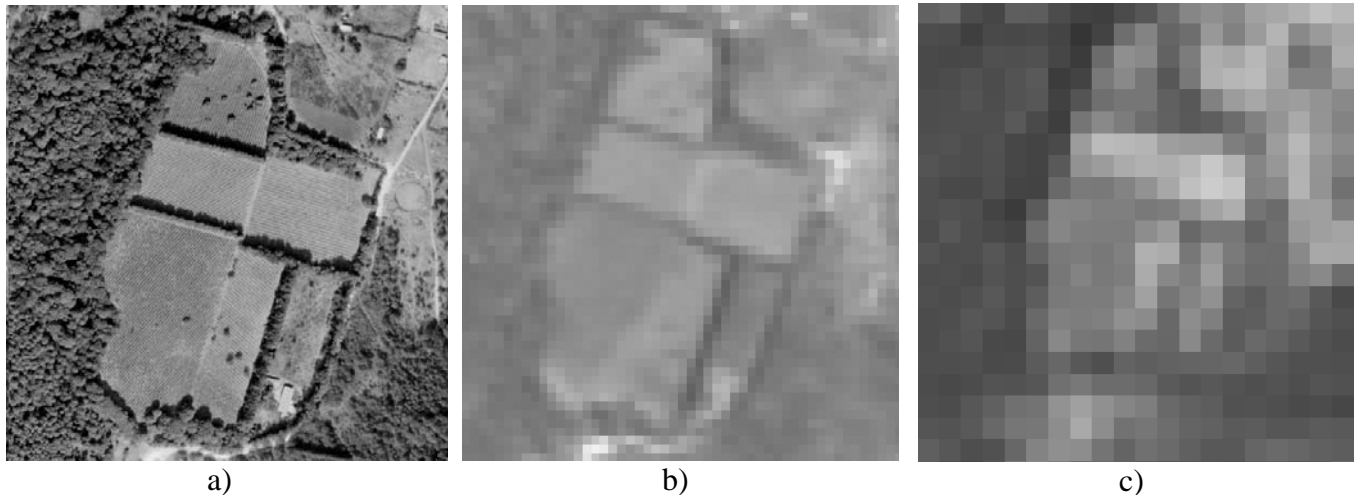


Figura 5. a) Fotografía aérea¹, resolución: 0.25m; b) Imagen SPOT 5, resolución: 10m; c) Imagen Landsat 7 ETM, resolución: 30m.

¹ (Cortesía: Comité Regional de Protección, Promoción y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila, A.C.)

MAPEO DE LA VEGETACIÓN, CASO DE ESTUDIO EL AREA NATURAL DE PROTECCION DE FLORA Y FAUNA “SIERRA DE QUILA”, ESTADO DE JALISCO

Materiales y métodos

El Área de Protección de Flora y Fauna “Sierra de Quila” esta ubicada en el Estado de Jalisco a 100km en dirección Suroeste de la ciudad de Guadalajara. Según su decreto en 1982, el área natural cubre una superficie de 15192ha y posee cotas altitudinales que oscilan entre 1350m hasta 2560m sobre el nivel del mar. La Sierra esta caracterizada por sus formaciones boscosas de pino-encino, encino y selva baja caducifolia principalmente (Guerrero y López, 1997).

Se generó un mapa de vegetación a partir de una imagen de satélite Landsat 7 ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) con fecha de toma del 22 de enero de 2000. La imagen fue clasificada de manera supervisada apoyada por una valorización jerárquica, es decir, el mapeo de la vegetación se fundamento principalmente en la distribución de los tipos de vegetación definidos por el estudio botánico de Guerrero y López (1997), y para ello fue necesario combinar el resultado preliminar de la clasificación supervisada con un mapa de elevación del terreno y verificaciones de campo, por lo que se tomaron decisiones basadas principalmente en el tipo de cobertura vegetal y su rango altitudinal de distribución.

La figura 6 muestra el diagrama de trabajo seguido para obtener la clasificación, efectuada de manera automática con el método de máxima probabilidad y posterior reclasificación jerárquica de la imagen Landsat. A los datos originales de la imagen, se le integró una banda generada a partir del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), una banda originada de componentes principales (CP) y tres bandas (brillo, verdor y humedad) obtenidas de una transformación *Tasseled Cap*. Al mapa de vegetación preliminar se le realizó un proceso de reclasificación mediante la creación de un árbol de reglas de decisión basada en las cotas altitudinales de distribución de los tipos de vegetación definidos en el estudio botánico de Guerrero y López (1997); y para ello fue necesario combinar el resultado de la clasificación preliminar con un modelo de elevación del terreno e información de campo, este ejercicio se realizó con ayuda del modulo “*clasificador experto*” del programa de computo ERDAS. En total se determinaron diez tipos de coberturas diferentes (ver tabla 1), entre asociaciones vegetales y otras coberturas.

Resultados

La clasificación supervisada de la imagen arrojó una precisión de 83%, considerándose un valor porcentual aceptable. Un total de seis coberturas vegetales fueron identificadas, mismas que representan el 97.6% (13760ha) de la superficie total del Área Protegida; predominando el Bosque de Pino-Encino con 56.7% (8000ha), incluido el bosque abierto; el Bosque de Encino con 17% y la Selva tropical caducifolia con 14.4% (Figura 7); el resto de la vegetación la componen el Bosque de Encino-Pino con 6% y finalmente en suma, el 3.5% congrega las áreas de Agricultura y Pastizal, las cuales suman un total de 472ha. La tabla 2 muestra los diferentes tipos de cobertura, su distribución absoluta y porcentual.

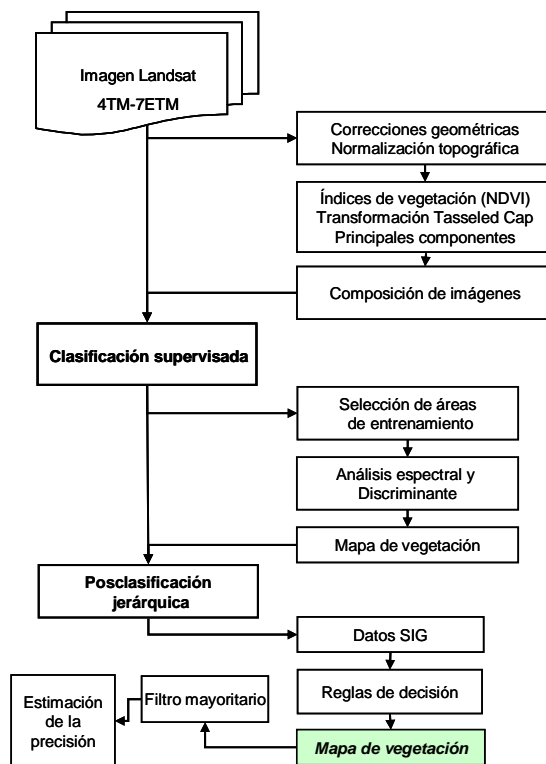


Figura 6. Diagrama de flujo de la secuela de trabajo para obtener la clasificación supervisada.

Dado el ejercicio se concluye que con la finalidad de separar y definir espacialmente aquellas clases que mostraron similitud espectral como resultado de la clasificación supervisada, como lo presentaron la “Selva Tropical Caducifolia” y el “Bosque Abierto de Pino-Encino” principalmente, asociado a factores de complejidad topográfica, la posclasificación jerárquica mostró ser una solución practica al problema. La imagen clasificada (Landsat 7 ETM de enero de 2000) puede considerarse como una carta actual de la vegetación, ya que proporciona un informe sobre el estado forestal y su distribución espacial dentro del área natural protegida; además será una herramienta central más para las funciones y decisiones de la administración, así mismo podrá ser la base para futuras investigaciones adicionales relacionadas con las comunidades vegetales de la Sierra en materia de fomento, desarrollo, sucesión y cambio.



Figura 7. Vista panorámica sureste de la Sierra de Quila, predominando en su parte baja la selva tropical caducifolia y áreas de transición con el bosque de encino en la parte de la montaña.

Tabla 2. Tipo de cobertura, distribución superficial y relación porcentual.

Tipo de cobertura vegetal	Superficie (ha)
Bosque de Pino-Encino	6701.6
Bosque de Encino-Pino	842.3
Bosque de Encino	2396.7
Bosque abierto de Pino-Encino	1299.6
Selva Tropical Caducifolia	2025.8
Regeneración	26.3
Agricultura	69.1
Pastizal	402.9
Áreas sin vegetación aparente	146.1
Sombras	187.0
Total	14097.2

Referencias bibliograficas

Albertz, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung. Wiss. Buschgesellschaft. Darmstadt. 249 S.

Bill, R. und Fritsch, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Wichmann Verlag. Karlsruhe, Band 1. 414 S.

Chuvieco, E. (1996): Fundamentos de teledetección espacial. 3^{ra} Edición revisada. Editorial RIALP. España. 568 p.

Chuvieco, E. (2002): Teledetección ambiental. Editorial Ariel, Barcelona, España. 580 p.

Guerrero, N. J. J. y López, C. G. (1997): La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Jal. Universidad de Guadalajara. México. 91 p.

Hildebrandt, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung. Wichmann Verlag. 676 S.

Jensen, J. R. (1996): Introductory digital image processing. A remote sensing perspective. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ. 318 p.

Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (2000): Remote sensing and image interpretation. 4th Edition. Wiley and Sons. USA. 724 p.

Lira, J. (2003): La percepción remota. Ciencia No. 33. SEP. Fondo de Cultura Económica. México. 149 p.

SARH (1993): Estudio de la flora y fauna de la zona protectora forestal Sierra de Quila. Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre. México.

Villavicencio, G. R. (2004): Kartierung von Vegetationsstrukturen und deren Veränderung in Naturschutzgebieten mit Hilfe von Fernerkundung und terrestrische Inventurverfahren –dargestellt am Beispiel des Schutzgebietes für Flora und Fauna “Sierra de Quila” im Bundesstaat Jalisco im Westen Mexikos. Cuvillier Verlag Göttingen. 161 p.

Weiers, S., Wissen, M., Bock, M. und Schade, B. (2001): Satellitenfernerkundung im Naturschutz – vom Pilotprojekt zur operationellen Anwendung-. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation Nr. 3. S. 177-188.