



Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja

un reporte de las evaluaciones ecológicas
y socioeconómicas rápidas

FLACSO - Biblioteca

NB: 18836

333.75
B526

EcoCiencia es una entidad científica ecuatoriana, privada y sin fines de lucro cuya misión es conservar la diversidad biológica mediante la investigación científica, la recuperación del conocimiento tradicional y la educación ambiental impulsando formas de vida armoniosas entre el ser humano y la naturaleza. EcoCiencia, a través de su Proyecto "Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador", pretende promover la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica mediante un conjunto de actividades de investigación, manejo y difusión de información, capacitación de actores clave y formulación de políticas e instrumentos legales y económicos, con la activa participación del Estado, la comunidad científica y otros sectores de la sociedad civil.

Este libro debe ser citado de la siguiente manera:

Vázquez, M.A., M. Larrea, L. Suárez y P. Ojeda (Eds.). 2001. **Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas**. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Cada artículo del libro debe ser citado como en el ejemplo descrito a continuación:

(Autor/ales/as). 2001. (*Título del artículo*). Pp. (xx – xx). En: Vázquez, M.A., M. Larrea, L. Suárez y P. Ojeda (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Portada y diagramación: Antonio Mena y Juan Méndez

Fotografías portada: 1. Miguel Vázquez, 2. Herbario Loja, 3. Diego Tirira, 4. Eduardo Morcillo.

ISBN: 9978-41-878-4

Número de Registro Autoral: 051.486

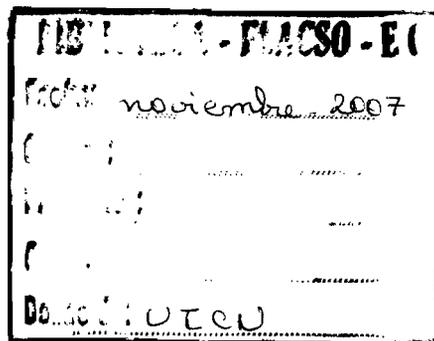
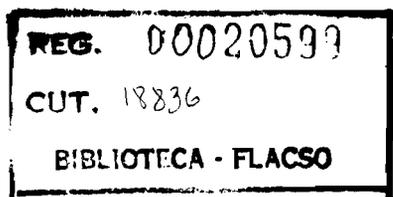
Impreso en el Ecuador por Rispergraf.

La realización de este estudio y su publicación ha sido auspiciada por el Proyecto "Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador" (EC 008301), ejecutado por EcoCiencia en colaboración con el Ministerio del Ambiente y con el apoyo financiero del Gobierno de los Países Bajos.

Esta obra y otras publicaciones de EcoCiencia pueden ser obtenidas en las oficinas de la Fundación. Se aceptan canjes con material afín.

© 2001, EcoCiencia.
Reservado todos los derechos

Isla San Cristóbal N44-495 e Isla Seymour.
Casilla Postal: 17-12-257
Quito, Ecuador.
Correo electrónico: info@ecociencia.org o biodiversidad@ecociencia.org
Página web: <http://www.ecociencia.org>



Contenido

Agradecimientos	5
Presentación	7
<i>Luis Suárez</i>	
Breve introducción a los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja	9
<i>Miguel A. Vázquez y Carmen Josse</i>	
Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador	15
<i>Zhofre Aguirre, Eduardo Cueva, Bolívar Merino, Wilson Quishpe y Augusto Valverde</i>	
Evaluación ecológica rápida de la herpetofauna en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador	37
<i>Marcelo Díaz y Esteban Baus</i>	
Evaluación ecológica rápida de la avifauna en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador	47
<i>Verónica Benítez y Tania Sánchez</i>	
Evaluación ecológica rápida de la mastofauna en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador	73
<i>Diego Tirira S.</i>	
Diagnóstico socioeconómico en los bosques secos de La Ceiba y Romerillos (Cordillera Arañitas), provincia de Loja, Ecuador	89
<i>Carolina Chiriboga y Eduardo Morcillo</i>	
Los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja: situación y perspectivas de conservación	123
<i>Miguel A. Vázquez, Lucienne Berenschot, Antonio Crespo, Eduardo Cueva, Fausto López, Tjalling Postma, Wilson Quishpe y Vicente Solórzano.</i>	
Cobertura vegetal y uso del suelo mediante el uso de sistemas de información geográfica del sur del cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador	133
<i>Fernando Rodríguez y Guillermo Sánchez</i>	

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO: UN ESTUDIO MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SUR DEL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR

Fernando Rodríguez y Guillermo Sánchez.

Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos. EcoCiencia. Isla San Cristóbal N44-495 y Seymour. Casilla Postal: 17-12-257. Quito, Ecuador. Correo electrónico: sig@ecociencia.org.

Resumen

El uso de herramientas con tecnología de punta, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sensores Remotos, permitieron generar información espacial sobre la cobertura vegetal y el uso del suelo de la zona sur del Cantón Zapotillo, suroccidente de la provincia de Loja. Utilizamos una imagen satelitaria Landsat TM5 de marzo de 1996. Hicimos recorridos de observación directa en el campo, mismos que se registraron con el uso de un GPS (Global Positioning System). Luego del tratamiento digital de la imagen de satélite, identificamos siete clases de formaciones vegetales: bosque deciduo con cobertura mayor al 70%, bosque deciduo con cobertura entre el 50 y 70%, bosque deciduo con cobertura entre el 30 y 50%, herbazal ralo, matorral seco alterado, cultivos y suelo desnudo. El grado de confiabilidad de la información generada es del 85%, pudiendo haber algunos errores de interpretación por los niveles de reflectancia similares entre dos tipos de formaciones vegetales de bosque deciduo. Los SIG nos permitieron mapear las características de la superficie de la tierra (cobertura vegetal y uso del suelo) para establecer, en este caso, la condición y extensión de uno de los remanentes de bosques secos que se encuentran en el área de estudio y posibilitar, de esta manera, el planteamiento de estrategias de conservación de los recursos naturales en la zona.

Palabras clave: sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos,, bosque deciduo, cobertura vegetal, uso del suelo, cantón Zapotillo, Loja, Ecuador.

Summary

The use of high performance tools and technology like Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing, allowed us to generate spatial information of land use and land cover for the southern region of Cantón Zapotillo, Loja province. A satellite imagery for march 1996 was used. Ground observation were registered using a GPS (Global Positioning System). After the satellite imagery digital analysis, we identified seven classes of vegetation types: deciduous forest with coverage major than 70%, deciduous forest with coverage between 50 and 70%, deciduous

forest with coverage between 30 and 50%, sparse grassland, dry shrub, agricultural field and bare soil. The confidence rate of this information is around 85%, some errors of misinterpretation could be done due to the similar reflectance levels of two different vegetation types of deciduous forest. GIS let us map the land surface characteristics (land use and land cover) in order to establish the condition and extension of a remnant of dry forest in the study area, and allow us to plan conservation strategies of the natural resources for this area.

Key words: geographic information system (GIS), remote sensing, deciduous forest, vegetation coverage, land use, canton Zapotillo, Loja, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de conocer el entorno natural en el que se desenvuelve el ser humano ha llevado a que se desarrollen herramientas que faciliten integrar la información ambiental, social y económica. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas que permiten generar, almacenar, manipular, analizar y representar datos espaciales que están integrados dentro de un sistema de coordenadas de manera digital (Jensen, 1996). La aplicación de SIG hace que la actualización y análisis de datos sea mucho más eficiente. Además, el principal potencial de esta herramienta es que permite graficar o representar la información generada para facilitar su difusión y su uso en programas de monitoreo (Microimages, 1999).

Otra herramienta importante para la generación de datos sobre las características físicas de áreas particulares son los sensores remotos. Estos permiten obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través de equipos que no están en contacto con el objeto de estudio; los sensores remotos básicamente nos dan información sobre las características de la superficie de la tierra (Lillesand y Kiefer, 1987). Debido a su utilidad, estas tecnologías han sido aplicadas en infinidad de actividades como el levantamiento y procesamiento de información sobre los recursos naturales (formaciones vegetales y uso del suelo) (Chávez *et al.*, 1977; Bauer, 1984; Levinsohn y Brown, 1992). La importancia del uso de SIG y sensores remotos radica en la utilidad para su planificación y toma de decisiones sobre el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales de un área específica.

La escala a la cual se pueden emplear estas técnicas va desde lo global (cambios climáticos, movimiento de masas de agua), hasta lo regional (deforestación) y lo lo-

cal (procesos de cambio en uso del suelo y colonización en sitios específicos). (Levinsohn y Brown, 1992).

En el caso del Ecuador, pocos son los trabajos realizados sobre levantamiento de los recursos naturales para la zona sur de la provincia de Loja. Se han utilizado estas herramientas en estudios como el Diagnóstico socio-ambiental e institucional de los cinco cantones suroccidentales de Loja, en 1998 (Proyecto Bosque Seco, 1999) y en la Estrategia para la protección de las áreas silvestres del sistema regional de áreas protegidas de las provincias de El Oro, Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago (CECIA, 1998).

OBJETIVOS

Los objetivos de la aplicación de SIG como parte de las evaluaciones ecológicas rápidas fueron:

- Identificar los remanentes de bosque seco en la zona sur de la provincia de Loja.
- Generar información espacial de base, en formato digital, del estado de los bosques secos en la zona de estudio y el uso del suelo.

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación, superficie y división administrativa

El estudio fue desarrollado en la zona sur del cantón Zapotillo, provincia de Loja, desde la población de Zapotillo hasta Paletillas, incluyendo la zona este de la Cordillera Arañitas (frontera con el Perú) (Mapa). El área de estudio se encuentra en el cuadrante de coordenadas 04° 09' 15" S; 80° 27' 33" W y 04° 24' 13" S; 80° 08' 03" W, y cubre una extensión de 700 km².

Aspectos demográficos

La población del cantón Zapotillo, según el censo de 1990 (INEC, 1991; cit. en Proyecto Bosque Seco, 1999) era de 10.234 habitantes, con una densidad de 8,5 personas por km². Por ubicarse en una zona de poca productividad, esta densidad poblacional es la más baja de la provincia. Hacia el norte del cantón, en el sector de Paletillas, la densidad es más alta que en el sur.

Tenencia de la tierra

Hacia 1974, la característica general de la zona era la presencia de haciendas de grandes extensiones hacia el norte y propiedades de menor extensión hacia el sur, en el área de Cazaderos. A partir de 1974, las propiedades se parcelaron por causa de herencia de tierras; en la actualidad existen pequeñas propiedades, muchas de ellas dedicadas a producción a nivel familiar, pero con una costumbre de compartir algunos espacios de uso común, para el pastoreo (Pietri, 1984; cit. en Proyecto Bosque Seco, 1999).

Datos físicos, climatológicos e hidrológicos

La topografía en el cantón Zapotillo varía de menos de 400 m de altitud, hacia el sur y noroeste, y hasta 800 y 1000 m de altitud, hacia el centro.

La precipitación media anual es de 400 a 600 mm en la parte sur y oeste del cantón, y sube hasta 800 y 900 mm en la zona que limita con los cantones Pindal y Puyango. La temperatura varía entre 24° C y 26° C. Desde el punto de vista hidrológico, la mayoría del cantón pertenece a la cuenca del río Alamor (Proyecto Bosque Seco, 1999).

Ecosistemas naturales

El cantón Zapotillo corresponde al piso de tierras bajas, secas y calientes. Las formaciones vegetales presentes en la zona son: bosque seco, bosque seco abierto/chaparro alto, chaparro espinoso bajo y abierto y chaparro espinoso alto. Estas formaciones en conjunto ocupaban el 83% de la superficie cantonal en 1983. La actividad productiva agropecuaria predominante es el pastoreo, bovino hacia el norte y caprino al sur (Proyecto Bosque Seco, 1999).

MÉTODOS

Para elaborar el mapa de uso actual del suelo y formaciones vegetales utilizamos una imagen satelitaria Landsat TM5 P11R63, cuadrantes 2 y 4, de marzo de 1996. Esta imagen fue procesada digitalmente con el uso del programa SIG TNT Mips v.6.2. Para la generación del producto final fue necesario establecer el siguiente procedimiento:

Preproceso

El proceso inicial de procesamiento de la imagen satelitaria fue la georeferenciación y rectificación de las subescenas 2 y 4. La rectificación es el proceso de transformación de los datos de un sistema de grilla a otro, usando un polinomio de orden n (Lillesand y Kiefer, 1987) El sistema de coordenadas de referencia utilizado fue el plano Universal de Mercator (UTM). La zona escogida fue la 17 Sur sobre el Elipsoide Hayford.

El segundo paso fue leer las coordenadas, en las cartas topográficas 1:50.000, de puntos conocidos o visibles en la imagen satelitaria, para luego ingresarlos en el sistema.

Posteriormente, realizamos la corrección geométrica. Las imágenes crudas contienen distorsiones geométricas significativas, y no pueden ser usadas para generación de mapas. Las fuentes de estas distorsiones son variables: velocidad y altitud de la plataforma, distorsión panorámica, curvatura de la Tierra, desplazamiento por relieve y refracción atmosférica, entre otros. Este proceso permitió corregir celdas distorsionadas de la imagen con el fin de crear una representación más confiable de la escena original (Lillesand y Kiefer, 1987).

Procesamiento

Categorizamos automáticamente todos los píxeles entre 11 clases de formaciones vegetales y usos del suelo. En este estudio usamos el método de clasificación digital para obtener las diferentes clases presentes en la zona.

Resaltamos las características de la superficie para mejorar la visualización. Para todos los procesos en donde fue necesario analizar visualmente la imagen, utilizamos la combinación de bandas 4, 5, 3 (Red, Green, Blue).

Realizamos una clasificación automática para tener un conocimiento previo de las clases de formaciones vegetales y uso del suelo del área de estudio. La clasificación no supervisada se basa totalmente en procesos computacionales y permite al usuario establecer varias categorías o clases en base a los valores espectrales de la imagen satelitaria (ERDAS, 1994). Para este estudio tomamos áreas que pudimos reconocer en la imagen satelitaria (cultivos, bosques, centros poblados y cuerpos de agua) y realizamos pruebas con dos modelos de clasificación automática: *Simple one-class clustering* e *ISODATA*. El segundo modelo fue el que más se ajustó a la realidad y por ello lo usamos para la clasificación no supervisada en toda el área de estudio. Usamos las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 de la imagen Landsat TM5, con los siguientes parámetros: N (número máximo de clusters o clases a ser considerados = 11), T (máximo porcentaje de píxeles cuyos valores no serán cambiados entre interacciones) y M (número máximo de interacciones). (Microimages, 1999).

Sistema de clasificación vegetal

Para este proyecto usamos la "Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental" (Sierra, 1999) como base. Decidimos emplear este sistema, porque recoge muchos de los criterios de los sistemas anteriores (e.g. Acosta-Solís, 1977; Cañadas-Cruz, 1983). Se debe tomar en cuenta que esta clasificación preliminar, al igual que otros sistemas de clasificación de vegetación, permite la discusión y, por lo tanto, su modificación en algún momento (véase Aguirre *et al.*, en este libro).

Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo recolectamos puntos de control que sirvieron como fuente de datos al momento de la clasificación supervisada. Durante una semana, conjuntamente con una investigadora botánica (Josse, 1999) hicimos un recorrido preliminar para el reconocimiento de las formaciones vegetales identificadas previamente en la clasificación no supervisada de la imagen satelitaria. Los 45 puntos de observación fueron georeferenciados con el uso de un GPS Trimble Geoexplorer II, mismos que luego fueron corregidos diferencialmente. Este es un proceso por el cual el error de toma de datos en el campo, que normalmente es de entre 30 a 100 m, se reduce a menos de 3 m (Trimble, 1999).

Postproceso

Clasificación supervisada

Para ejecutar la clasificación digital de la imagen satelitaria, procedimos a realizar pequeñas modificaciones al procedimiento descrito por Lillesand y Kiefer (1987), como describimos a continuación:

- a) Fase de entrenamiento: identificamos sobre la imagen, puntos y áreas conocidas de formaciones vegetales para desarrollar una descripción numérica del espectro (valor digital en la imagen satelitaria) de cada formación vegetal. Los datos de campo georeferenciados fueron usados con este fin. De esta manera, todos los puntos o áreas conocidas fueron identificados y almacenados.

El primer paso fue crear las clases características ("*feature class*"). Éstas son las clases de coberturas de vegetación en las que se clasificaron las imágenes, que se basan en la propuesta de Sierra (1999) y que sirvieron de base para su análisis y adecuación por parte del equipo de investigadores que desarrolló el estudio botánico de la zona (Aguirre *et al.*, en este libro).

El segundo paso fue agrupar los puntos o valores espectrales conocidos dentro del mismo rango (clases características).

- b) Fase de clasificación: tomamos las clases características y sometimos a un proceso de clasificación de toda el área de interés, mediante el algoritmo de máxima similitud ("*maximun likelihood*"). Este algoritmo evalúa la varianza y correlación de los valores digitales de las celdas que componen todas las clases características comparándolas con la imagen no clasificada (Microimages, 1999).
- c) Fase de salida: es la manera en que fueron presentados los resultados. Elaboramos los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:100.000.

RESULTADOS

Identificamos siete clases entre cobertura vegetal y uso del suelo para la zona de estudio (Tabla 1), correspon-

dientes a bosque deciduo, zonas agrícolas, matorrales y suelo desnudo (Tabla 1). El error máximo de georeferenciación encontrado fue de entre 30 y 40 m, que está dentro de los estándares de precisión internacional (GTOS, 1992). Luego de la prueba de error en la clasificación, el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos en el mapa fue del 85%.

La formación vegetal predominante en el área corresponde al bosque seco deciduo con cobertura remanente superior al 70%, con una extensión de 330 km². Se distribuye básicamente en las zonas planas y valles del área de estudio. La segunda formación vegetal dominante es el matorral seco alterado, con una superficie de 145 km², distribuido en las zonas donde la presencia humana ha convertido al bosque natural en otro tipo de uso, principalmente para la ganadería y cultivos de ciclo corto. El siguiente tipo de vegetación es el bosque deciduo con cobertura entre el 50 y 70%, y ocupa 91 km². Gran parte de éste ha sido convertido en pastizales y algunas áreas esparcidas en suelos para agricultura. Las zonas de cultivos ocupan 61 km² y están distribuidos cerca de los ríos o fuentes de agua. Además, tienen relación espacial directa con las zonas en las que se encuentran los asentamientos humanos. El herbazal ralo ocupa una superficie de 39 km² y el suelo desnudo 21 km². Estos tipos de uso del suelo se localizan en zonas donde los procesos erosivos han sido ocasionados por cambios en la cobertura vegetal debido al sobrepastoreo, lo que ha producido que el suelo rápidamente pierda su capacidad de retener agua y en consecuencia

los nutrientes sean acarreados y los suelos se vuelvan muy pobres para sostener algún tipo de vegetación. Finalmente, está el bosque deciduo con cobertura entre el 30 y 50%, con una superficie de 13 km², ubicado principalmente en las fuertes pendientes de las zonas de Malvas y Tutumos.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En el área de estudio es evidente que, por las condiciones climatológicas de baja precipitación, el tipo de bosque predominante es el deciduo. Los diferentes porcentajes de cobertura identificados pueden variar según la época del año. La resolución espacial de la imagen satelitaria utilizada (30 x 30 m) y la superficie mínima que representamos en el mapa final, superior a 0,04 km², son factores que pudieron haber afectado en la óptima interpretación de la imagen. Este limitante hace que parches de bosque menores a 0,04 km² no estén representados en el mapa.

Los errores tanto en georeferenciación (35 m), como en la precisión de la interpretación de los datos (85%) están dentro de los estándares estimados para este tipo de trabajos (Jensen, 1996). El no haber alcanzado una mejor precisión pudo deberse a la dificultad de discriminar las pequeñas diferencias en el porcentaje de remanencia de las formaciones vegetales y asociaciones mixtas. Otro factor que pudo haber influido en el margen de error alcanzado fue que la imagen satelitaria utilizada es cuatro años anterior a la fecha en la cual se realizó la investigación y corresponde a la época lluviosa, mientras el trabajo de campo lo realizamos en la época de transición de lluviosa a seca. La característica pérdida estacional de hojas de los bosques deciduos y la variación en la humedad, afectan las características que recogen las imágenes satelitarias, y producen variación en la información obtenida, dependiendo del año y la época de análisis. Esto pudo influir en la interpretación de dichas imágenes en nuestra investigación. Asimismo, los procesos de transformación de bosques en zonas agrícolas o en áreas para ganadería y/o pastizales y, en algunos casos, la regeneración de la vegetación natural, son circunstancias que muchas veces no pueden ser mapeadas o identificadas dentro de estos procesos de análisis digital de imágenes satelitarias.

Tabla 1. Cobertura vegetal y uso del suelo al sur del cantón Zaporillo, Loja, Ecuador.

Formación vegetal y uso del suelo	Superficie (km ²)
Bosque deciduo (cobertura mayor al 70%)	330
Bosque deciduo (cobertura entre 50 y 70%)	91
Bosque deciduo (cobertura entre 30 y 50%)	13
Herbazal ralo	39
Matorral seco alterado	145
Cultivos	61
Suelo desnudo	21
TOTAL	700

El uso de tecnologías, como los sistemas de información geográfica y los sensores remotos para el levantamiento de información espacial sobre uso del suelo y cobertura vegetal, ha demostrado ser una herramienta sumamente efectiva en términos de generar información de calidad y confiable, que nos permita visualizar las condiciones en las que se encuentran los recursos naturales de una determinada zona y su relación con otros factores, como los aspectos sociales, culturales y económicos. Para el caso de Zapotillo, el análisis no solo permitió mapear la vegetación, sino también proponer acciones, con una visión espacial amplia, que pueden ser aplicadas para la conservación de uno de los ecosistemas más amenazados del Ecuador.

Agradecimientos

Al Proyecto Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador (CBE), por haber hecho posible la ejecución de este estudio, en particular a Luis Suárez, director del proyecto y a Miguel A. Vázquez, coordinador de investigaciones, por sus comentarios a este documento. Agradecemos además a Juan F. Freile por sus revisiones y correcciones al manuscrito y a Carmen Josse por su apoyo en el trabajo de campo. Gracias al personal del Herbario Reinaldo Espinosa, de Loja, por su colaboración en el campo.

LITERATURA CITADA

Acosta-Solís, M. 1997. *Ecología y fitoecología*. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito.

- Bauer, M.E. (ed). 1984. *AgRISTARS Issue, Remote Sensing and Environment* 14:1-3.
- Cañadas-Cruz, L. 1983. *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. MAG-PRONAREG. Quito.
- CECIA, 1998. *Estrategia para la protección de las áreas silvestres del sistema regional de áreas protegidas de las provincias de El Oro, Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago*. INEFAN, GEF y CECIA. Quito.
- Chávez, P.S. Jr., G.L. Berlin y W.B. Mitchell. 1977. *Computer enhancement techniques of Landsat MSS digital images for land use/land cover assessments*. Remote Sensing of Earth Resources, Vol. 6, University of Tennessee Space Institute. Tullahoma.
- ERDAS. 1994. *Erdas field guide*. ERDAS Inc. Atlanta.
- Jensen, J. 1996. *Introductory digital image processing*. Kieth C. Clarke, Prentice Hall. New Jersey.
- Josse, C. 1999. *Informe botánico de la salida al sector de Zapotillo, Loja; 26-28 de julio de 1999*. EcoCiencia (documento no publicado).
- Levinsohn, A.C. y S. Brown. 1992. *GIS and sustainable development in natural resource management*. NRE897 Discussion on February.
- Lillesand, T.M. y R.W. Kiefer. 1987. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- Microimages. 1999. *Getting started geospatial analysis*. Microimages Inc. Nebraska.
- Proyecto Bosque Seco. 1999. *Diagnóstico socio-ambiental e institucional de los cinco cantones suroccidentales de Loja*. INEFAN, SNV y Gobierno de los Países Bajos. Loja.
- Sierra, R. (Ed). 1999. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito.