

**Cartografía de las coberturas y los usos de la
tierra para una evaluación de la
fragmentación en el municipio de San
Antonio de Oriente, Francisco Morazán**

Camilo Vélez González

**Escuela Agrícola Panamericana Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

Cartografía de las coberturas y los usos de la tierra para una evaluación de la fragmentación en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Camilo Vélez González

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano
Noviembre, 2013

Cartografía de las coberturas y los usos de la tierra para una evaluación de la fragmentación en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán

Presentado por:

Camilo Vélez González

Aprobado:

Alexandra Manueles, M.Sc.
Asesora principal

Laura Elena Suazo, Ph.D.
Directora
Departamento de Ambiente y
Desarrollo

Luis Caballero, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Cartografía de coberturas y usos de la tierra para una evaluación de la fragmentación en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras

Camilo Vélez Gonzáles

Resumen: El municipio de San Antonio de Oriente ubicado en el departamento de Francisco Morazán posee una extensión territorial de 211.71 km² y una población al año 2001 de 12,063 habitantes. Ante la ausencia de las herramientas de planificación territorial, se generó la línea base de los usos y las coberturas de la tierra en el año 2010, como un insumo principal para un posible estudio de cambios a realizarse en cinco años o como insumo de la ordenación territorial. Adicionalmente se evaluaron indicadores de fragmentación del paisaje a las coberturas naturales del municipio. Las coberturas y los usos de la tierra se derivaron de 17 imágenes satelitales Geoeye de 2.5 m de resolución y de datos de campo. Las imágenes se interpretaron y clasificaron de acuerdo al nivel jerárquico 3 de la metodología CORINE Land Cover, a una escala 1:50,000 y con una Unidad Mínima Cartografiada (UMC) de 900 m². Las métricas de la fragmentación del paisaje se evaluaron a nueve coberturas naturales mediante el uso del programa Fragstat 3.3. El Porcentaje de Paisaje (PP) y el Índice de Parche Mayor (IPM) demuestra que la cobertura predominante es el bosque de pino ralo (55%), el Número de Parche (NP) muestra como los matorrales y los pastizales son las cubiertas más fragmentadas en el paisaje. Finalmente, el Índice de Dimensión Fractal (IDF) indicó las cubiertas con formas naturales más complejas y menos intervenidas que son los bosques de pino denso y latifoliado con valores de 1.13 y 1.16 respectivamente.

Palabras clave: Fragstat 3.3, indicadores de fragmentación, interpretación visual.

Abstract: The municipality of San Antonio de Oriente placed in the department of Francisco Morazán has a territorial extension of 211.71 km² and a population in the year 2001 of 12,063 habitants. Knowing about the absence of territorial planning tools, a base line of all the uses and covers of the territory was assembled for the year 2010, as a principal input for a possible changes study to be done in five years for a ordering planning project. Additionally fragmentation metrics and indicators were measures for the landscape for the natural ecosystems. The uses and the covers of the earth were derivate from 17 images obtained from Google Earth Pro by Geoeye 2.5 resolution satellite, and field data. The images were classified using the third level of hierarchy established by the CORINE Land Cover, a basic scale of 1:50,000 and the smallest cartographic unit (SCU) of 900m². The metrics evaluated for the landscape fragmentation analysis were evaluated on nine reclassified natural covers using the Fragstat 3.3. The Percent of the landscape (PL) and the Largest Patch Index (LPI) show that the predominance in cover here is the thin pine forest (55%), Number of Patches show us how the shrub lands and the grass lands are the most fragmented covers on the landscape. Finally with the Fractal Dimensional Index (IDF) covers were evaluated by their natural forms, the more complex and less intervened were the thin pine forest and the broad leaf forest with values of 1.13 and 1.16 respectively.

Key words: Fragmentation indicators, Fragstat 3.3, visual interpretation.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	18

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros

Página

1. Distribución de las clases de los usos y las coberturas en función del área en ha y porcentaje de del área total del municipio..... 8
2. Distribución de parches por rangos de área en ha en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013..... 12

Figuras

Página

1. Ubicación del municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán..... 3
2. Procesamiento digital de imágenes para la clasificación de usos y coberturas de la tierra del municipio de San Antonio de Oriente..... 4
3. Preprocesamiento, procesamiento y descripción de cada una de las métricas de fragmentación del paisaje aplicadas al municipio de San Antonio de Oriente. 6
4. Distribución espacial de las 17 clases de usos y coberturas de la tierra del Municipio San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 7
5. Distribución espacial de los rangos de pendiente en porcentaje en el municipio de San Antonio de Oriente. 9
6. Representación gráfica de la métrica de Porcentaje del Paisaje (PLAND) para el municipio de San Antonio de Oriente. 10
7. Relación entre el Área por Clase (CA) y Número de Parches (NP) para el municipio de San Antonio de Oriente. 11
8. Índice del Parche Mayor (LPI) para las coberturas del municipio de San Antonio de Oriente. 12
9. Representación del Índice de Dimensión Fractal (FRAC) para las coberturas del municipio de San Antonio de Oriente. 13

Anexos

Página

1. Descripción de las clases de usos y coberturas de las tierras adaptadas de la nomenclatura del CORINE Land Cover, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013. 18
2. Coberturas y usos de la tierra reclasificadas en tres niveles jerárquicos del CORINE Land Cover, área en hectarareas y porcentajes del área total. 24

1. INTRODUCCIÓN

La tierra como un planeta dinámico, experimenta cambios a corto y largo plazo, causados por los procesos naturales y las actividades humanas. La detección y la cuantificación de los cambios es posible gracias a los avances en las tecnologías de observación de la tierra desde el espacio (Steffen *et al.* 2004). La ciencia que permite la observación desde el espacio se denomina teledetección (en inglés *remote sensing*), esta permite obtener mediciones de las propiedades del objeto, área o fenómeno a partir de imágenes aéreas y satelitales (Schowengerdt 2007).

La teledetección se aplica a diferentes temáticas, como la clasificación de los usos y las coberturas de la tierra, la calidad de agua, el monitoreo atmosférico, mediciones de la temperatura del mar, los suelos y geología, el monitoreo de la desertificación y la deforestación, entre otras (Murai 1974 y Remeijn 1998). La cartografía o mapeo de la cobertura terrestre es un requisito para el desarrollo de políticas en la planificación territorial, el monitoreo de los efectos del cambio climático, los análisis de la fragmentación de los ecosistemas, entre otros. (Aplin 2004 y Anderson *et al.* 1976).

La mayor parte de la información referente a los usos y coberturas puede ser derivada de las imágenes aéreas y satelitales (Prenzel 2003 y Murai 1974). Para extraer la información de una imagen es necesario implementar técnicas de clasificación digital y visual. Esta última permite que el intérprete incorpore e integre criterios espaciales simples y complejos como el color, la forma, el tamaño, la textura, las sombras, el contexto y la etapa fenológica de las cubiertas terrestres (Chuvienco 2008).

Desde el año 1990, la interpretación visual de las imágenes es la técnica de clasificación de las coberturas y los usos de la tierra utilizada por el proyecto CORINE Land Cover (CLC) de la European Environment Agency (EEA, por sus siglas en inglés) (IGN de España y EEA). La metodología CLC fue validada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (IGAC, 2007) y en Centroamérica fue utilizada en el año 2010 por El Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC). Específicamente, en Honduras, la metodología CORINE Land Cover no ha sido utilizada para generar productos de los usos y las coberturas de la tierra a nivel nacional, departamental y municipal, sin embargo, se ha utilizado en proyectos de pequeña escala.

La cartografía de los usos y las coberturas de un territorio es el insumo principal para realizar la planificación territorial, estudios de impacto ecológico y ambiental. La mayor afectación sobre el paisaje natural se da cuando el ser humano realiza parcelaciones agrícolas e industriales, estas pueden modificar las condiciones medioambientales y el funcionamiento de los ecosistemas (INE de México 2006). El estado del paisaje se puede evaluar mediante la aplicación de los indicadores de la fragmentación. La mayoría de las métricas son

cuantitativas y estadísticas a nivel de parche, clase y paisaje en general, estas normalmente se encuentran disponibles en el programa FRAGSTATS (Macgarigal y Marks 1994).

El municipio de San Antonio de Oriente ubicado en Francisco Morazán carece de una cartografía de usos y coberturas actualizada y detallada que permita la toma de decisiones en el tema de planificación territorial y monitoreo multitemporal de los cambios de los usos. Adicionalmente, se realizó una evaluación de la fragmentación del paisaje en municipio. San Antonio de Oriente cuenta con más de seis diferentes ecosistemas que albergan especies valiosas y únicas, la interconectividad entre parches ecosistémicos es fundamental para conservar nichos reproductivos de estas especies.

Objetivos

- Establecer la línea base de usos y coberturas del municipio en el año 2010, como un insumo principal para un posible estudio de cambios de usos y coberturas a realizarse en cinco años y otros análisis que requieran de esta información espacial.
- Aplicar los indicadores de fragmentación del paisaje a las diferentes cubiertas naturales del municipio, con el fin de describir el estado actual de las coberturas

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de San Antonio de Oriente (SAO) se encuentra ubicado entre las coordenadas 14°7'32.65" N - 87°6'25.47" O y 13°56'55.12" N - 86°54'35.92" E. Su extensión territorial es de 211.71 km² y sus límites geográficos son: al norte con el municipio de Valle de Ángeles, al sur con Güinope y Maraita, al este con Morocelí y Yuscarán y al oeste con el Distrito Central y Tatumbla (Figura 1). En el año 2001, según el censo del INE, el municipio cuenta con una población total de 12,063 habitantes. El territorio tiene elevaciones mínimas de 600 msnm y máximas de 2000 msnm. La precipitación en el Valle del Yeguaré tiene una distribución pluvial en dos estaciones que se extienden desde mayo hasta noviembre. La temperatura media anual es de 23°C, febrero el mes más frío con una temperatura mínima diaria promedio de 14°C y hasta 31°C en el mes de abril (Kucharsky y Acosta 2013).

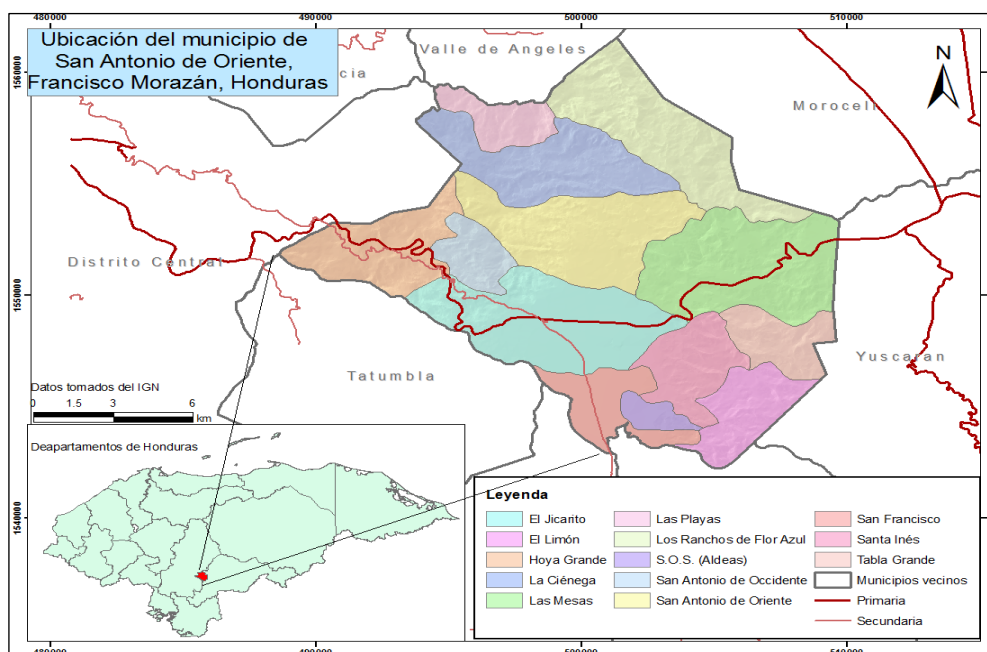


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

En SAO sobresale la zona del Valle del Yeguaré, la cual abarca cuatro aldeas que son Valle de San Francisco, San Antonio de Oriente, El Jicarito y Las Mesas. En SAO existen 13 aldeas, las más pobladas son: El Jicarito con 2,598 habitantes y Valle de San Francisco con 1,311 habitantes (INE, 2001).

Dado el Modelo Digital de Elevación (DEM) y los recorridos realizados por las principales vías de comunicación, se pudo notar que el territorio del valle se localiza entre 600 y 780 msnm, en donde predominan los usos agropecuarios intensivos y tecnificados. En las áreas de pendientes poco pronunciadas se cultivan granos básicos y hortalizas con fines comerciales y de consumo familiar. Finalmente, en las zonas de pendiente moderada y alta se encuentra la agricultura tradicional, caficultura y las áreas boscosas.

Con el fin de realizar la clasificación de los usos y las coberturas, primero se procedió a utilizar imágenes satelitales Geoeye de 2.5 metros de resolución. Estas se descargaron de Google Earth Pro, se georreferenciaron y agruparon mediante el uso de las herramientas del programa ArcGis 9.3. Seguidamente, se realizó la fotointerpretación y digitalización vectorial de 17 clases de los usos y las coberturas. Este proceso requirió de los criterios simples y complejos de interpretación visual, de 200 puntos de control tomados en campo y de información auxiliar. Finalmente, se realizó una generalización cartográfica, para esto se consideró una escala de representación de 1:50,000 y una Unidad Mínima Cartografiable (UMC) de 900 m² (INEGI 2010 y Lencinas 2009) (Figura 2).

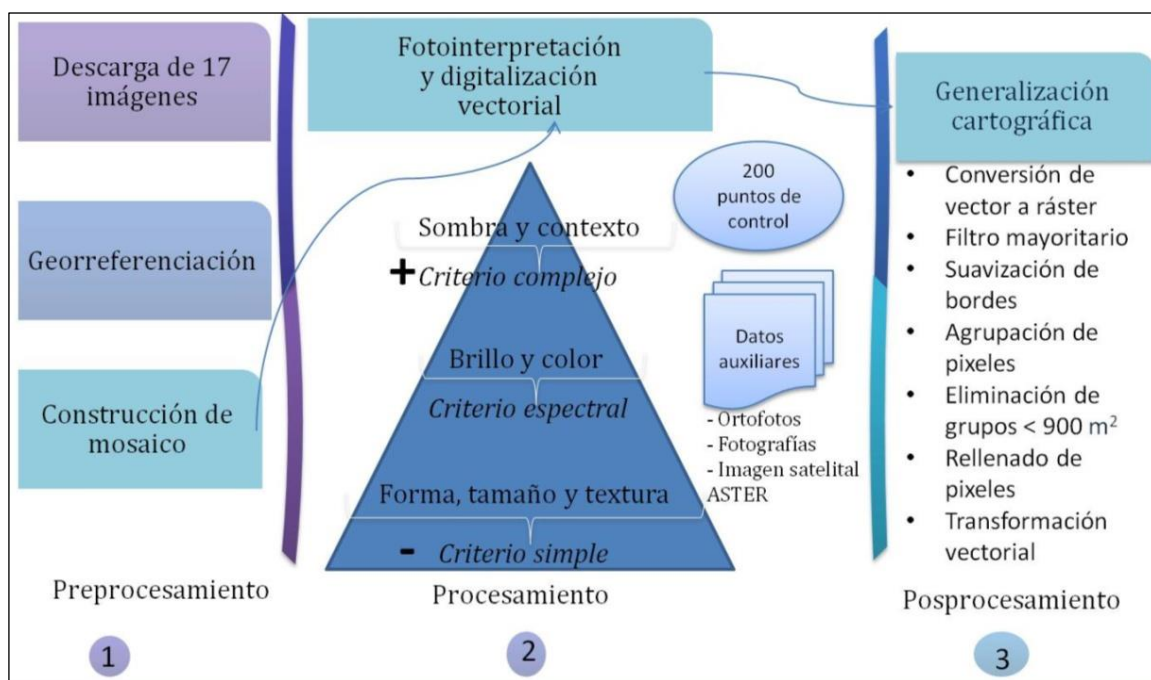


Figura 2. Procesamiento digital de imágenes para la clasificación de usos y coberturas de la tierra del municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, 2013. Fuente: Criterios espaciales adaptados para la interpretación visual de imágenes (Chuvieco 2008).

Las 17 clases o categorías de las áreas boscosas, agrícolas y urbanas fueron adaptadas del tercer nivel jerárquico establecido por la nomenclatura del CORINE Land Cover (Anexo 1). La clasificación final compuesta por 748 polígonos pasó por un proceso de corrección mediante la aplicación de las herramientas siguientes:

- *Majority Filter*: Este filtro reemplaza las celdas o píxeles de la malla ráster basándose en la mayoría de los vecinos contiguos, usando una ventana de 3x3 para reemplazar la celda a corregir.
- *Boundary Clean*: Este proceso suaviza los bordes entre las zonas por una expansión y reducción de los bordes. Para este caso se utilizó una limpieza de bordes de tipo descendiente, esto implica que las zonas de mayor tamaño tienen prioridad para expandirse sobre las áreas más pequeñas.
- *Region Group*: Esta herramienta agrupa los píxeles por conectividad y por el mismo valor de uso en forman diferentes regiones. Es en esta fase que se debe considerar la UMC.
- *Set Null*: Este condicional clasificó como *NoData* a los grupos de píxeles menores a la Unidad Mínima Cartografiable (UMC), en este caso corresponde a 900 m².
- *Nibble*: Los valores *NoData* de la condicional anterior se reemplazaron con los vecinos predominantes más cercanos.

Con el fin de evaluar la fragmentación del paisaje del municipio determinado originalmente por 17 clases de los usos y las coberturas, se seleccionaron nueve categorías naturales, tales como bosque pino ralo, pino denso, bosque latifoliado, bosque mixto, bosque seco y otras. Esta clasificación permitirá que en cinco o diez años se realicen comparaciones de cambio de coberturas, de distribución de cada área, aislamiento y tamaño de los parches (Macgarigal 1994).

En las nueve categorías de cobertura boscosa se aplicaron las métricas de fragmentación computadas en el programa FRAGSTATS 3.3. Para este estudio se seleccionaron métricas a nivel del parche y la clase. Los indicadores a nivel del parche son el Área del Parche (AREA) y el Índice de Dimensión Fractal (FRAC). Las métricas para evaluar las clases son el Área Total (CA), Porcentaje de Paisaje (PLAND), Numero de Parches (NP) y el Índice de Parche Mayor (LPI). Los datos derivados del Fragstat para cada una de las métricas se ordenaron gráficamente en Excel.

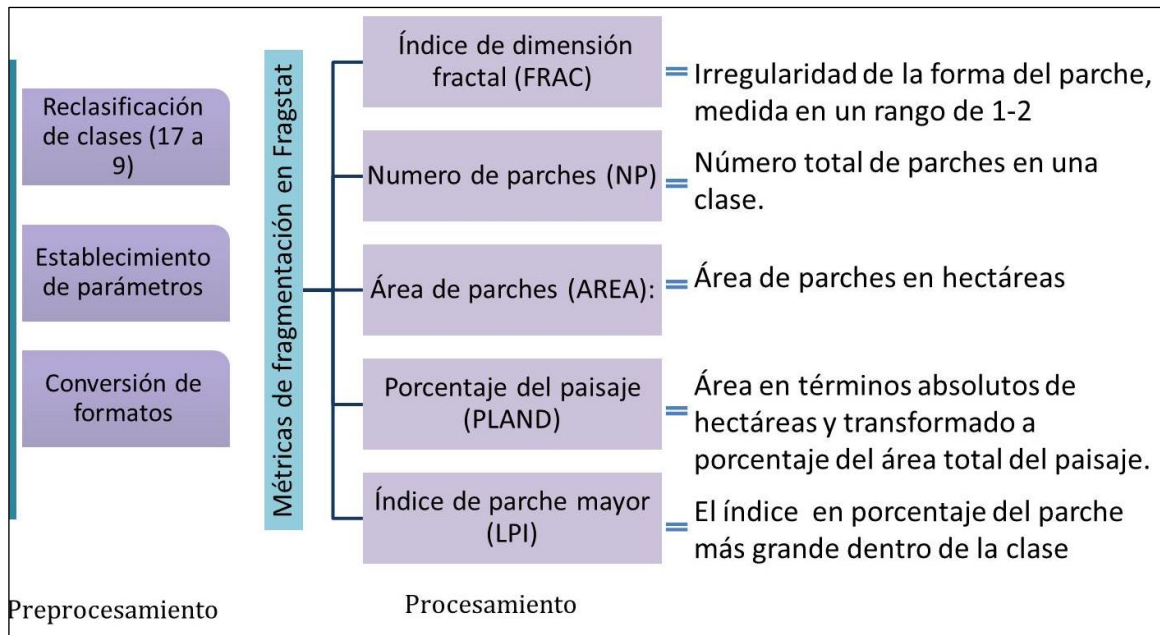


Figura 3. Preprocesamiento, procesamiento y descripción de cada una de las métricas de fragmentación del paisaje aplicadas al municipio de San Antonio de Oriente.
Fuente: Métricas adaptadas de (Macgarigal y Marks 1994).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El municipio de San Antonio de Oriente posee mayores áreas de bosque de pino ralo en las aldeas de Las Mesas, San Antonio de Oriente y Flor Azul. Las tierras agrícolas permanentemente irrigadas se localizan en las aldeas de Jicarito y Valle de San Francisco, ambas ubicadas en el Valle del Yeguaré (600 a 780 msnm). Los cultivos anuales se ubican principalmente en las aldeas de Las Tablas, La Ciénega y Las Playas. (Figura 4)

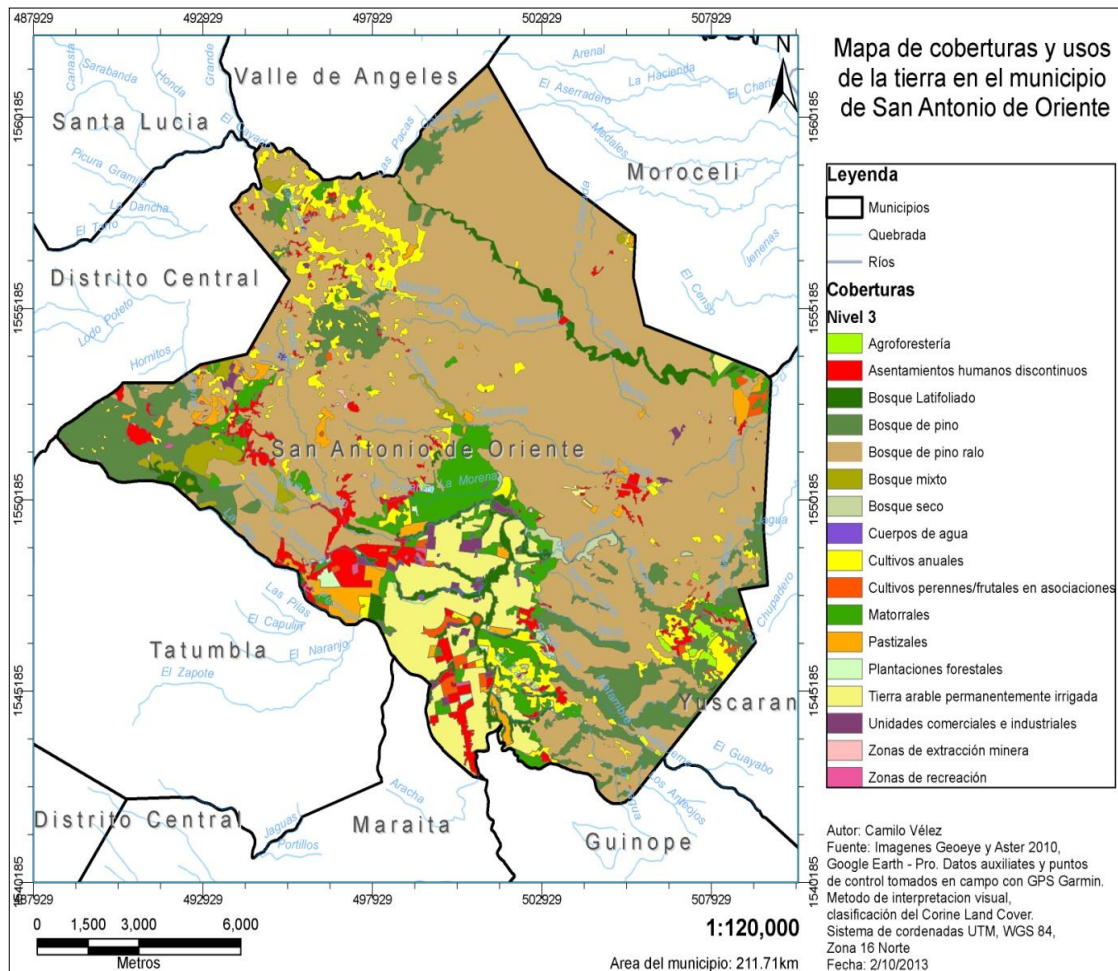


Figura 4. Distribución espacial de las 17 clases de usos y coberturas de la tierra del Municipio San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

La cobertura boscosa representa por el 80% del área total, y alberga el bosque de pino ralo y denso 60% y el 10% respectivamente. En segundo lugar se ubica el área agrícola, la cual cubre el 15.4% del territorio, en esta categoría se localizan las tierras arables permanentemente irrigadas y los cultivos anuales tradicionales 6.3% y 5.9% correspondientemente. Es importante mencionar que los asentamientos humanos discontinuos ocupan 3.8% del territorio (Cuadro 1 y Anexo 2).

Cuadro 1. Distribución de las clases de los usos y las coberturas en función del área en ha y porcentaje del área total del municipio de san Antonio de oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

Clases	Área en ha y porcentaje del área total	
	ha	%
Asentamientos humanos discontinuos	811.7	3.83
Unidades comerciales e industriales	135.1	0.64
Zonas de extracción minera	22.8	0.11
Tierra arable permanentemente irrigada	1333.2	6.30
Cultivos perennes/frutales en asociaciones	167.5	0.79
Pastizales	445.3	2.10
Agroforestería	79.5	0.38
Bosque latifoliado	609.4	2.88
Bosque de pino	2078.8	9.82
Bosque mixto	261.2	1.23
Matorrales	1131.8	5.35
Cuerpos de agua	22.0	0.10
Cultivos anuales	1238.5	5.85
Plantaciones forestales	41.8	0.20
Bosque de pino ralo	12670.0	59.84
Zonas de recreación	23.7	0.11
Bosque seco	99.2	0.47
Totales	21171.4	100.00

Con el fin de relacionar la distribución de los usos y las coberturas con la pendiente, se realizó un mapa de esta variable representada en cuatro niveles de pendientes. Las pendientes superiores al 12% están ubicadas en las mismas áreas donde predomina el bosque de pino ralo. Las tierras permanentemente irrigadas se localizan en pendientes menores al 12%. (Figura5)

Aproximadamente 70% del territorio posee una pendiente de 0 a 12%, se ubican en esa pendiente las aldeas de El Jicarito y Valle de San Francisco. En estas pendientes se localizan las tierras agropecuarias de la Escuela Agrícola Panamericana. Adicionalmente, en las zonas de 0-12% de pendiente se ubican los asentamientos humanos discontinuos y las unidades comerciales, en estas zonas existe una alta accesibilidad a las vías de comunicación.

El 16% del municipio tiene pendientes del 12 a 30%, es aquí donde normalmente se desarrolla la agricultura de granos básicos y cultivos de subsistencia en pequeñas parcelas incluso menores a la UMC (900m²). La mayoría de estas están situadas en las aldeas de Tabla Grande y Las Playas.

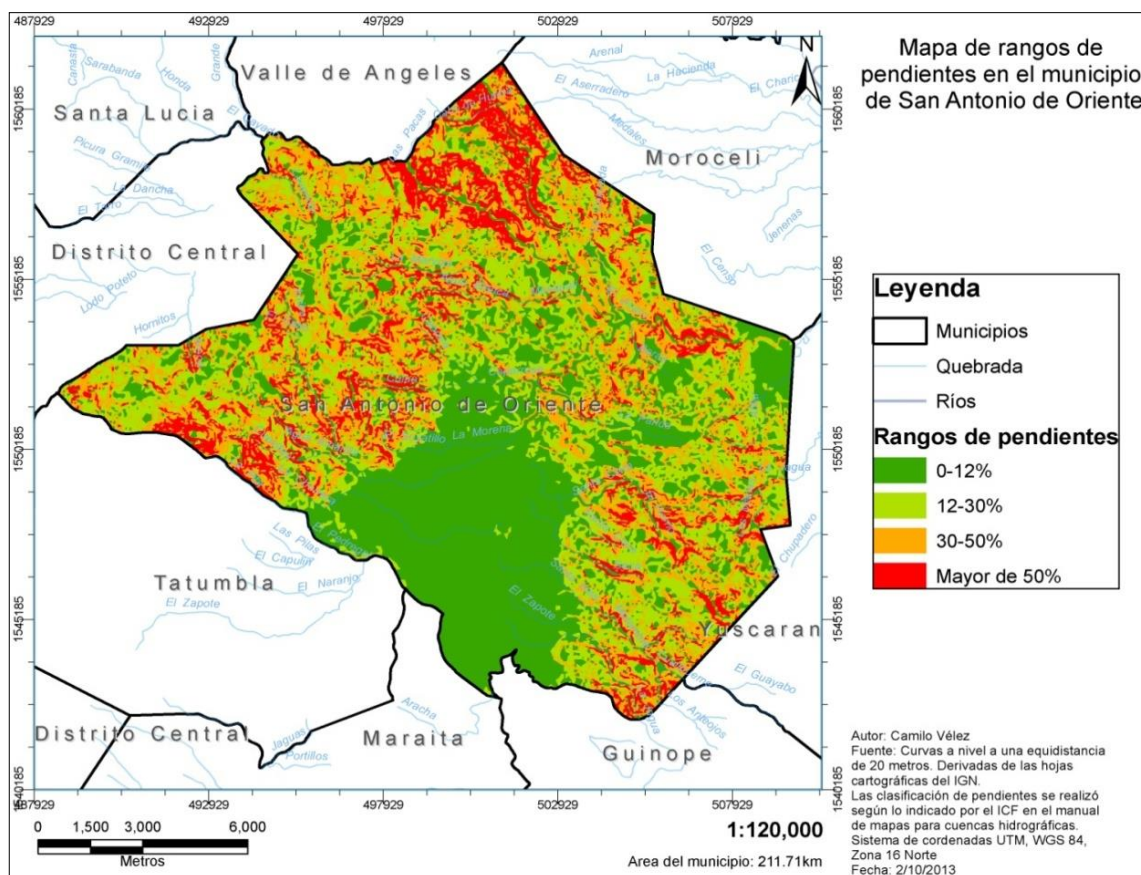


Figura 5. Distribución espacial de la distribución de pendiente en porcentaje en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

Según la métrica de Porcentaje del Paisaje (PLAND), la mayor porción del área del paisaje está dada por el bosque de pino ralo con 60%, 9.8% de bosque de pino denso, 5.3% de matorrales, 2.9% de bosque latifoliado y 4% se distribuye entre agroforestería, bosque mixto, plantaciones forestales y bosque seco. Esta métrica cuantifica el área en hectáreas del paisaje, este indicador ecológico determina la similitud entre parches y el tamaño de cada categoría (Figura 6).

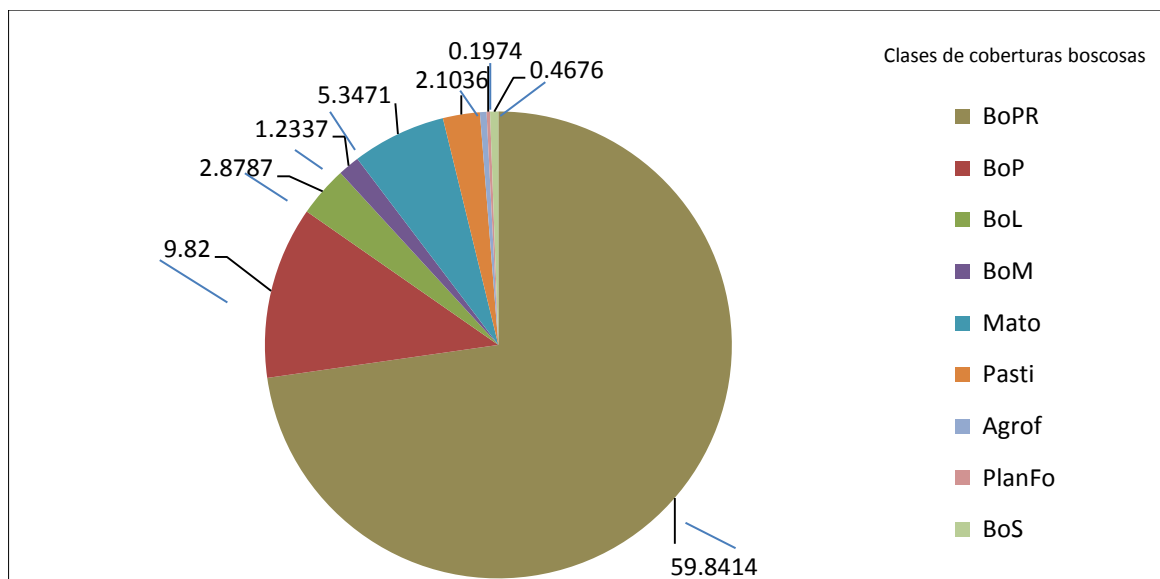


Figura 6. Representación gráfica de la métrica de Porcentaje del Paisaje (PLAND) para el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

BoPR: bosque de pino ralo; BoP: bosque de pino; BoL: bosque latifoliado; BoM: bosque mixto; Mato: matorrales; Pasti: pastizales; Agrof: agroforestería; PlanFo: plantación forestal; y BoS: bosque seco.

La relación entre el Área por Clase (CA) y Número de Parches (NP), en ella se puede apreciar que los valores altos de NP corresponden a las clases de matorrales y pastizales, las cuales contrastan con sus reducidas superficies. La métrica NP indique que cuando una clase tiene mayor número de parches, esta se encuentra más fragmentada (Macgarigal, 1994). (Figura 7)

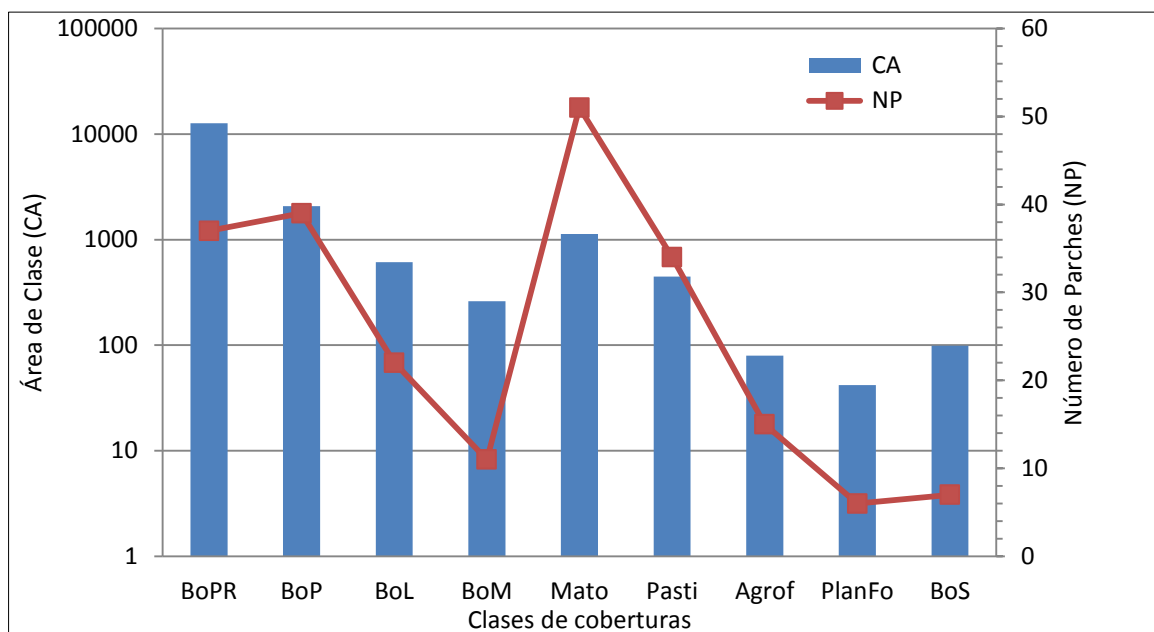


Figura 7. Relación entre el Área por Clase (CA) y Número de Parches (NP) para el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

En el escenario de San Antonio de Oriente, la fragmentación de la clase de matorrales, se debe a que esta es representada por parches de vegetación intervenida y dispersa a lo largo del paisaje. Estos parches se localizan principalmente cerca de los núcleos poblacionales y las áreas agrícolas.

El Índice del Parche Mayor (LPI) representa los parches menos heterogéneos en términos de clase. El parche más grande es el bosque de pino ralo abarcando el 55.81% del área total. El hecho de que este bosque sea el parche más grande no implica que no tenga intervenciones por los asentamientos humanos y actividades agrícolas de subsistencia, ganadería invasiva y otros. (Figura 8).

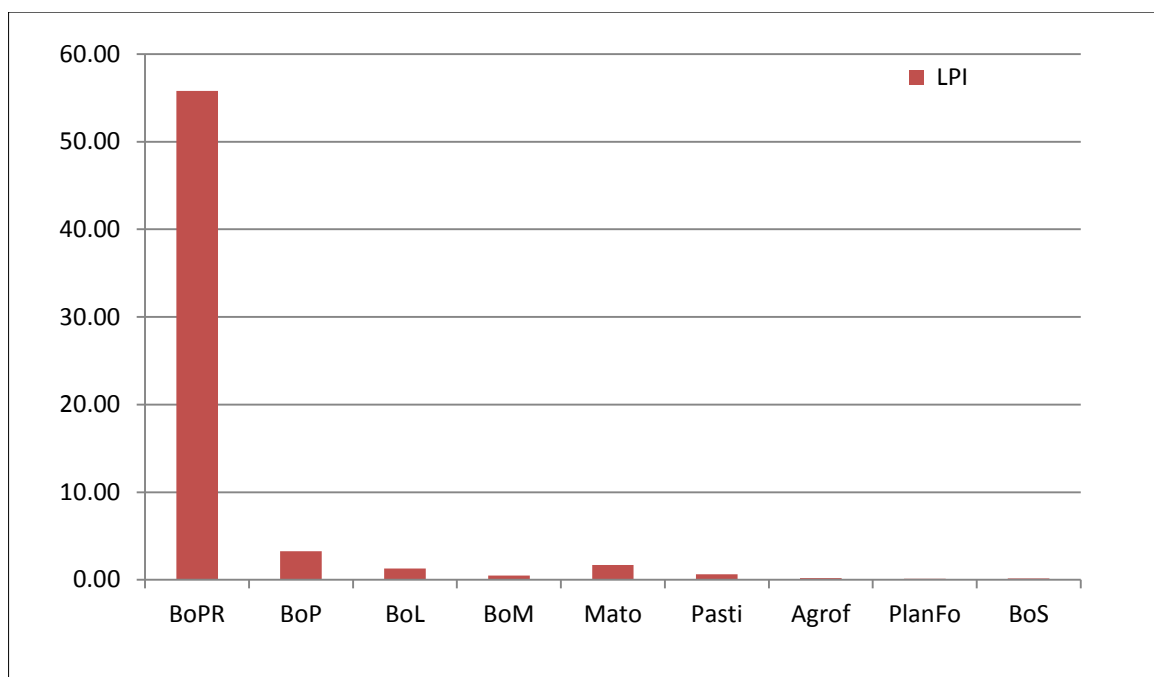


Figura 8. Índice del Parche Mayor (LPI) para las coberturas del municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, 2013.

BoPR: bosque de pino ralo; BoP: bosque de pino; BoL: bosque latifoliado; BoM: bosque mixto; Mato: matorrales; Pasti: pastizales; Agrofo: agroforestería; PlanFo: plantación forestal; y BoS: bosque seco.

En el Cuadro 2 se observa que el bosque latifoliado tiene la mayor parte de parches menores a 10 ha, esto se puede explicar que este bosque ha sido perturbado por la agricultura y asentamientos humanos en las riberas de los ríos del valle del Yeguaré. Por otro lado, nótese que la agroforestería está compuesta por más del 90 % de parches menores a 10 ha, esto se debe a que esta práctica se aplica a pequeñas fincas cafetaleras en la aldea de Las Tablas y Santa Inés.

Cuadro 2. Distribución de parches por rangos de área en ha en el municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

Área en ha	Numero de parches por clase de cobertura								
	BoPR	BoP	BoL	BoM	Mato	Pasti	Agrofo	PlanFo	BoS
< 10	24	23	16	5	26	25	14	5	4
10-100	10	12	4	6	24	6	1	1	3
100-500	2	2	1	0	1	1	0	0	0
>500	1	2	0	0	0	0	0	0	0

El índice de Dimensión Fractal, si se acerca a 1 significa que la forma del parche es menos compleja, semejante a formas regulares, y si se acerca a 2 indica que los parches tienen una forma de borde más redondeada y sin fraccionamientos continuos. Esto es característico de las coberturas menos perturbadas por otras actividades humanas en sus fronteras.

En este caso, nótese que el bosque de pino denso, bosque seco y bosque latifoliado tienen bordes medianamente complejos, es decir bordes más intactos y menos intervenidos. Por otro lado nótese que el bosque pino ralo y bosque mixto, aunque son parches muy grandes en función del área, sus bordes están altamente fraccionados e intervenidos por el impacto antrópico (Figura9).

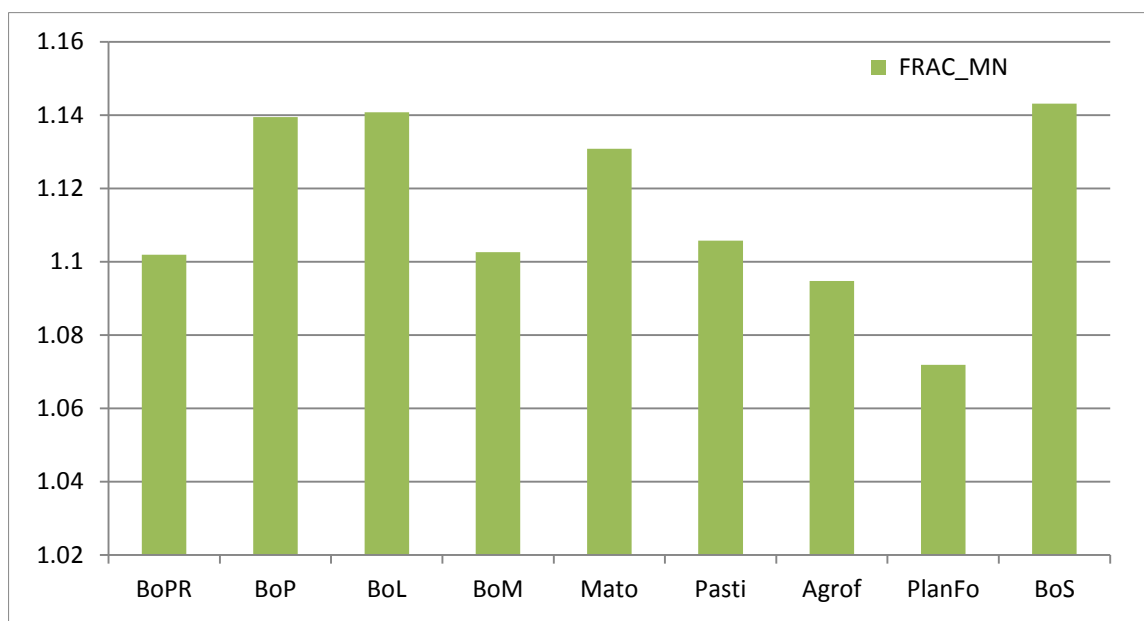


Figura 9. Representación del Índice de Dimensión Fractal (FRAC) para las coberturas del municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, 2013.

4. CONCLUSIONES

- La cartografía de los usos y las coberturas de la tierra indica que el municipio de San Antonio de Oriente está cubierto principalmente por coberturas boscosas, predominando el bosque de pino ralo. Según el índice FRAC y observaciones de campo, este tipo de bosque se encuentra intervenido y perturbado por las actividades humanas.
- Las tierras arables permanentemente irrigadas y los asentamientos humanos discontinuos localizadas principalmente en las tierras planas y cercanas al valle del Yeguaré, representan una amenaza para los corredores de bosque latifoliado y los parches de bosque seco. Por esto es importante tomar medidas de planificación territorial.
- La clasificación de las imágenes satelitales junto con el análisis de los patrones espaciales del paisaje, proporcionaron información relevante que puede servir como base para la planeación de las actividades de ordenamiento territorial y los planes de manejo para la conservación de los sistemas ecológicos del municipio.

5. RECOMENDACIONES

- La información que se obtuvo en este estudio puede servir como base para la planeación de las actividades de restauración y la conservación de los ecosistemas liderados por la EAP o por las autoridades locales.
- Adicionalmente, los datos obtenidos pueden usarse en futuros estudios de cambios del uso de la tierra y las comparaciones de la fragmentación de los ecosistemas del municipio a través del tiempo (estudios multitemporales).
- En caso de realizarse en el futuro un plan de manejo del paisaje, las actividades de restauración pueden enfocarse a la conexión de parches, realizada preferiblemente por coberturas boscosas.
- En esta ocasión solamente se evaluó la fragmentación del paisaje en función de coberturas y no en función de las estructuras lineales. Dado que las carreteras ejercen un alto grado de fragmentación en los hábitats naturales, es necesario aplicar indicadores de la fragmentación lineal en las áreas naturales de mayor importancia ecológica.

6. LITERATURA CITADA

Acosta A., O. Kucharsky. 2012. Estudio edafológico y de cobertura para la modelación hidrológica con el modelo SWAT de la microcuenca Santa Inés, Zamorano, Honduras. 4 p.

Anderson J., E. Hardy, J. Roach, R. Witmer. 1976. Geological Survey: A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. Geological Survey. Ed Digital 2001. United States Department of the Interior. Paper 964. 41 p.

Aplin, P. 2004. Remote sensing: land cover. School of Geography, The University of Nottingham, UK. Progress in Physical Geography 28, 2 pp. 283–293. Arnold 2004. 11 p.

Chuvieco, E. 2008. Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. 3^{ra}ed actualizada, España. Capítulo 4, bases para la interpretación visual de imágenes. 181, 189, 190p.

EEA (European Environment Agency). CORINE Land Cover. (en línea). Consultado el 13 de marzo de 2013. Disponible en <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2007. Informe anual 2007: Proyecto CORINE Land Cover. Bogotá, Colombia. 118 p.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). Ocupación del suelo: Proyecto CORINE Land Cover (CLC). (en línea). Consultado 10 de marzo de 2013. Disponible en <http://www.ign.es/ign/layoutIn/corineLandCover.do>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Procedimiento para el levantamiento y cartografía de las unidades superiores de los paisajes a escalas 1:50,000–1:250,000. Libro Unidades de paisaje. indb 34. Distrito Federal, México. 20 p.

Lencinas, JD. Siebert, A. 2009. Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala. Revista de Ciencias Forestales, Vol. 17, Núm. 1-2. Univercidad Nacional de Santiago del Estero. Buenos Aires, Argentina. 6 p.

Macgarigal, K. Marks, BJ. 1994. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis OR. 97331. Fragstats: Spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure 25.-26. p

Mas, JF. Sandoval JC. 2000. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida “Los Petenes”, Campeche, México. Investigaciones Geográficas del Instituto de Geografía, UNAM. 42-59

Pladeyra S, C. 2006. Paisajes hidrológicos y balance de hídrico de la cuenca Lerma Chapala Escala: 1:250000. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas: Instituto Nacional de Ecología.

Prenzel, B. 2003. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. Department of Geography, York University, Toronto, Canada. Progress in Planning 61 (2004) 281-299. DOI 10.1016/S0305-9006(03)00065-5. Elsevier Ltd. 19 p.

Remeijn, JM. 1998. Application of aerial photography in forest resource management: Interpretation of aerial photography. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Netherlands. 110 p.

Schowengerdt, RA. 2007. Remote Sensing: Model and Methods for Image Processing. 3rd ed. Arizona University, USA. Elsevier Inc. 515 p.

Steffen, W. Sanderson, A. Tyson, PD. Jäger, J. Matson, PA. Moore III, B. Oldfield, F. Richardson, K. Shellnhuber, HJ. Turner, BL. Wasson, JR. 2004. Global Change and Earth System: A planet Under Pressure. Estocolmo, Suecia. 44 P.

Tyler, G. 1992. Ecología y medio ambiente. Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta tierra: Los ecosistemas: ¿qué son? y cómo funcionan? Eds. Trads. I León Rodríguez y V González Velázquez. Grupo Editorial Iberoamérica S.A de C.V. Distrito Federal, México. 827 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de las clases de usos y coberturas de las tierras adaptadas de la nomenclatura del CORINE Land Cover, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. 2013.

1. Asentamientos humanos discontinuos: son áreas residenciales en zonas rurales, caseríos individuales, jardines y calles en áreas superficiales. Desde una fotografía aérea solo se reconoce entre un 50 y 80% del área cubierta por este uso.



2. Unidades comerciales e industriales: estas unidades están localizadas en áreas discontinuas entre áreas rurales y urbanas y son claramente diferenciables, tienen espacios asociados como bodegas y parqueaderos. Incluye hospitales, bases militares, centros comerciales y agroindustriales, universidades y rellenos sanitarios.



3. Zonas de extracción minera: estas son fáciles de reconocer en imágenes de satélite, por lo general son parches blancos que contrastan con los alrededores. Abarca pica de piedra y minería a cielo abierto.



4. Tierra arable permanentemente irrigada: son áreas con cultivos irrigados permanentemente usando una infraestructura como canales y el cultivo no tiene que disponer una fuente artificial de agua, por lo general si es bastante notorio en su teledetección cuando se trata de pivotes.



5. Cultivos perennes/frutales en asociaciones: Se observan en pequeñas parcelas incluyendo cafetales, cítricos y todos los patrones de siembra con plantas de tamaño reconocible que en su contexto permanece en el tiempo como una estructura identificable por el intérprete.



6. Pastizales: cobertura densa dominada por gramíneas sin sistema de rotación, en su mayoría pasturas nativas en parcelación incluyendo malezas pequeñas y pastoreo extensivo de ganado.



7. Agroforestería: se refiere a cultivos anuales o perennes bajo cobertura de árboles en asociación ecológica, un ejemplo de esta clase son los cafetales.



8. Bosque latifoliado: formación de la vegetación principalmente por arboles predominantes y arbustivos, su follaje reflectado a nivel del sensor le da color oscuro u opaco en la imagen, esto se conoce como efecto de sombra.



9. Bosque de pino: vegetación compuesta por árboles, incluyendo arbustos matorrales y pasturas donde predomina la especie Conífera. Sostiene más del 75 % de la superficie, son reconocibles al digitalizar por tener porosidades continuas y menos efectividad que el bosque de hoja ancha.



10. Bosque mixto: vegetación conformada principalmente por árboles, incluyendo arbustos y arbustivas en el dosel inferior. No predominan ninguna de las familias arbóreas conviven en un mismo ecosistema. La categoría también abraza los sistemas complejos de reforestaciones por franjas con diferentes especies.



11. Matorrales: Vegetación dominada por especies arbustivas, herbarias y matorrales de follaje no muy denso pero alto nivel calórico en cuanto a material incendiabile. Especies como el carbón y algunas enredaderas predominan.



12. Cuerpos de Agua: Estrechos de agua artificial o natural, lagunas y ríos.



13. Cultivos anuales: Cultivos no permanentes en tierra trabajable puede o no ser arable e irrigable constantemente. Para este mapa los granos básicos son los cultivos que más se identifican en parcelas desde 300 o 400 m².



14. Plantaciones forestales: manejo de especies forestales en terrenos de uso agropecuario o terrenos que han perdido su vegetación forestal natural. Su patrón es notorio a baja escala. Por lo general la plantación está enfocada en una sola especie.



15. Bosque de pino ralo: es bosque es de altura normal, tienen copas con cobertura de su follaje a menos de 20%, sin importar su estado de desarrollo. Este suceso se da en muchas ocasiones por condiciones del terreno, y por la extracción del recurso.



16. Zonas de recreación: áreas cercanas a las parroquias centrales de las aldeas. Tienen acceso las entidades educativas y se reconocen por tener zonas de jardín o campos de fútbol al alcance de la comunidad. Pueden también ser pavimentados o bajo techo.



17. Bosque seco: Vegetación conformada principalmente por árboles, incluyendo arbustos y arbustivas en el dosel inferior. Este hábitat suele ser inestable ya que mantiene perturbaciones como el fuego frecuentemente.



Anexo 2. Coberturas y usos de la tierra reclasificadas en tres niveles jerárquicos del CORINE Land Cover, área en hectáreas y porcentajes del área total.

Clases del nivel 1	Clases del nivel 2	Clases del nivel 3	Área (ha)	Porcentaje del nivel 3	Porcentaje del nivel 1
Zonas artificiales	Zona urbana	Asentamientos humanos discontinuos	811.68	3.83	
Zonas artificiales	Unidades comerciales e industriales y transportes	Unidades comerciales e industriales	135.12	0.64	
Zonas artificiales	Zonas de minería vertederos y extracción mineral	Zonas de extracción minera	22.75	0.11	
Zonas artificiales	Zonas artificiales no vegetadas	Zonas de recreación	23.74	0.11	4.7
Agricultura	Tierra arable	Tierra arable permanentemente irrigada	1333.19	6.30	
Agricultura	Zonas heterogéneas con agricultura	Cultivos perennes/frutales en asociaciones	167.50	0.79	
Agricultura	Pastizales	Pastizales	445.32	2.10	
Agricultura	Zonas heterogéneas con agricultura	Agroforestería	79.46	0.38	
Agricultura	Zonas heterogéneas con agricultura	Cultivos anuales	1238.47	5.85	15.4
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque latifoliado	609.40	2.88	
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque de pino	2078.77	9.82	
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque mixto	261.15	1.23	
Bosques y áreas semi-naturales	Matorrales o vegetación esclerófila	Matorrales	1131.84	5.35	
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Plantaciones forestales	41.81	0.20	
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque de pino ralo	12670.00	59.84	
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque seco	99.21	0.47	79.8
Aguas en tierra	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	21.98	0.10	0.1