

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



**ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL CAMPO
PETROLERO CAÑO LIMON – ESTERO DE LIPA – ARAUCA**

Autor:

**Sandra Ximena Hermosilla Bello
Código: 3101206**

**Tipo de Publicación:
Artículo**

Tutor:

**Geóloga. M.Sc. ELSA ADRIANA CÁRDENAS
Coordinador Especialización en Geomática**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL CAMPO PETROLERO CAÑO LIMÓN – ESTERO DE LIPA - ARAUCA

FRAGMENTATION ANALYSIS BASED ON COVERAGE EXISTING OIL FIELD CAÑO LIMÓN- ESTERO DE LIPA - ARAUCA

Sandra Ximena Hermosilla Bello
Bióloga Ambiental
sxhermosilla@gmail.com

RESUMEN

Los ecosistemas tropicales sufren rápidos procesos de deforestación y de fragmentación que tienen, entre otras consecuencias, la desaparición de numerosas especies vegetales y animales, es decir, una pérdida de biodiversidad. En la región de del área de explotación petrolera Caño Limón - Arauca, la vegetación se distribuye en su mayoría en ecosistemas denominados esteros, que constituyen zonas de bajos indudables por las características hidrológicas de la zona. Con base en el cálculo de índices de fragmentación utilizando la extensión Patch Analyst 5 para ArcGIS 10, se llevó a cabo una caracterización de los patrones de fragmentación en esta zona. Se discutió la utilidad de los índices utilizados para el estudio del paisaje en la región. Se observó que la zona de estudio presenta una gran variedad en cuanto al tamaño, a la forma y al grado de aislamiento, por lo que constituyen zonas particularmente interesantes para estudiar las relaciones entre fragmentación de los hábitats y biodiversidad.

Palabras clave: Estero, índices de fragmentación, Biodiversidad,

ABSTRACT

Tropical ecosystems undergo rapid deforestation and fragmentation that have, among other consequences, the disappearance of many plant and animal species, namely, a loss of biodiversity. In the region of the area of oil exploration Caño Limón - Arauca, vegetation is distributed mostly in ecosystems called "Esteros", which are flood plain areas given by the hydrological characteristics of the area. Based on the calculation of index fragmentation using Patch Analyst extension for ArcGIS 10, it held a characterization of fragmentation patterns in this area. The usefulness of the indices used to study the landscape in the region was discussed. It was noted that the study area has a great variety in size, shape and degree of isolation, which are particularly interesting areas to study the relationships between habitat fragmentation and biodiversity.

Keywords: "Estero", fragmentation index, biodiversity

INTRODUCCION

La cuenca del Río Orinoco forma una de las cuencas hidrográficas de mayor extensión del planeta, con 1.110.000 km², a lo largo de su canal principal, formando una planicie de inundación de aproximadamente 7.000km². Esta la sabana de inundación se caracteriza por la existencia de diversos ambientes acuáticos de poca profundidad que ocupan extensas zonas lacustres estacionales, donde el suelo permanece anegado en el verano conservando suficiente humedad para mantener la vegetación acuática; estos ecosistemas denominados esteros son ambientes con una alta diversidad y con características ecológicas y biológicas particulares, siendo de esta manera vulnerables a pequeños cambios dados por la intervención antrópica [1].

La transformación de la cobertura vegetal natural es un proceso dinámico que facilita cambios en la composición, estructura y funcionamiento del paisaje [2], favoreciendo de esta manera la pérdida de biodiversidad y la fragmentación del hábitat [3]. El término fragmentación se emplea comúnmente para expresar la división de un hábitat que naturalmente se encontraba continuo, en parches aislados que difieren en forma y tamaño [4]. Este proceso involucra un cambio en el flujo de materia y energía y genera cambios en las características del ambiente, además de modificar el flujo biológico en el paisaje, como la dispersión, disposición de recursos y la distribución espacial de los individuos [5]. Dicho cambios pueden deteriorar la integridad biológica del paisaje, además de generar una disminución en la diversidad biológica de la zona fragmentada [5].

En la actualidad se presentan diversas

estrategias de conservación, enfocadas al manejo integral de extensos territorios, paisajes o regiones ([6], [7], [8]), dado que muchos procesos ecológicos operan en amplias escalas espacio-temporales. Para que los procesos de conservación sean efectivos se debe tener en cuenta la complejidad e importancia de estos procesos, teniendo en cuenta tres características, como son la estructura, la función y el cambio. La estructura se refiere a la disposición y las relaciones espaciales de los componentes que hacen parte de la zona y estudiando los tamaños, formas, cantidades y configuración. La función se refiere a las interacciones de los elementos espaciales entre la energía, los materiales y los organismos, mientras el cambio se refiere a la alteración o modificación de la estructura y función del mosaico ecológico en el tiempo [9]

En términos estructurales, los paisajes se pueden considerar como superficies heterogéneas, que se representan como un mosaico integrado por un conjunto unidades homogéneas denominadas parches y entre las cuales se forman relaciones espaciales y funcionales. Los parches son unidades dinámicas pero relativamente uniformes distribuidas en una matriz continua que se reconocen a diversas escalas espaciales y temporales, que desde un enfoque ecológico se asocian a especies, comunidades, ecosistemas o hábitats. La estructura puede ser identificada y descrita a partir de la medición de atributos, tales como el área total del hábitat, el tamaño de los parches, la distancia entre fragmentos y el nivel de contraste entre los componentes del paisaje, entre otros [10]. Estos atributos pueden servir para cuantificar la magnitud del proceso de fragmentación del paisaje y, a su vez, determinar la integridad biológica de la vegetación natural. A la fecha existen

un gran número de métricas que se emplean para medir atributos estructurales [10].

Por otro lado, uno de los ejes principales de las labores conservacionistas ha sido propender por la salvaguardia de áreas importantes en términos físico-bióticos, por medio de la creación de áreas protegidas, y garantizar los flujos de materia, energía y organismos (*i.e.*, funcionamiento del paisaje) entre ellas, a través de la identificación o establecimiento de corredores biológicos [11] que faciliten el movimiento de organismos entre áreas y mantengan la viabilidad de las poblaciones. Esto ha generado un cambio en la forma en la cual se manejan de las áreas protegidas, pasando de la planificación individual a la planificación integral sobre grandes territorios en donde las áreas hacen parte de un sistema o red de

1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La región seleccionada corresponde a la zona de influencia directa del campo petrolero caño limón y el estero de Lipa, ubicados en el departamento de Arauca, entre los municipios de Arauca y Arauquita. El estero mayor de Lipa se localiza al sur de las instalaciones de PF1, en campo petrolero Caño Limón. Es un cuerpo con una superficie de 113

conservación [6] [12], en donde se reconoce que, si bien, las áreas protegidas contribuyen a la conservación, por lo general, sus territorios son insuficientes para mantener procesos y patrones ecológicos [13]. Por lo tanto, el diseño de estrategias de conservación a largo plazo y su manejo debe ser entendido a nivel de paisaje o región, sobre todo, en regiones altamente heterogéneas dominadas por una matriz antrópica con diversos tipos de coberturas vegetales e intensidades de usos de la tierra [6].

El presente análisis tiene como objetivo diagnosticar la fragmentación de las coberturas del área del complejo petrolero Caño Limón - Estero de Lipa, dada por la expansión del área de estructuras para exploración y explotación de hidrocarburos, sobre la ecología del paisaje de la zona.

km de forma ovoide. El sistema de esteros de Lipa lo constituyen una serie de esteros menores individuales de diferente forma y tamaño que se prolongan hacia el noroeste del estero mayor de Lipa, con un área aproximada de 318km (Figura 1). La región de Caño Limón – Estero de Lipa se presenta sobre una llanura de inundación, con una dinámica fluvial lacustre y fluviolacustre muy dinámica, activa y sensible ante cualquier cambio morfológico que se produzca, ya sea de origen natural o antrópico [1].

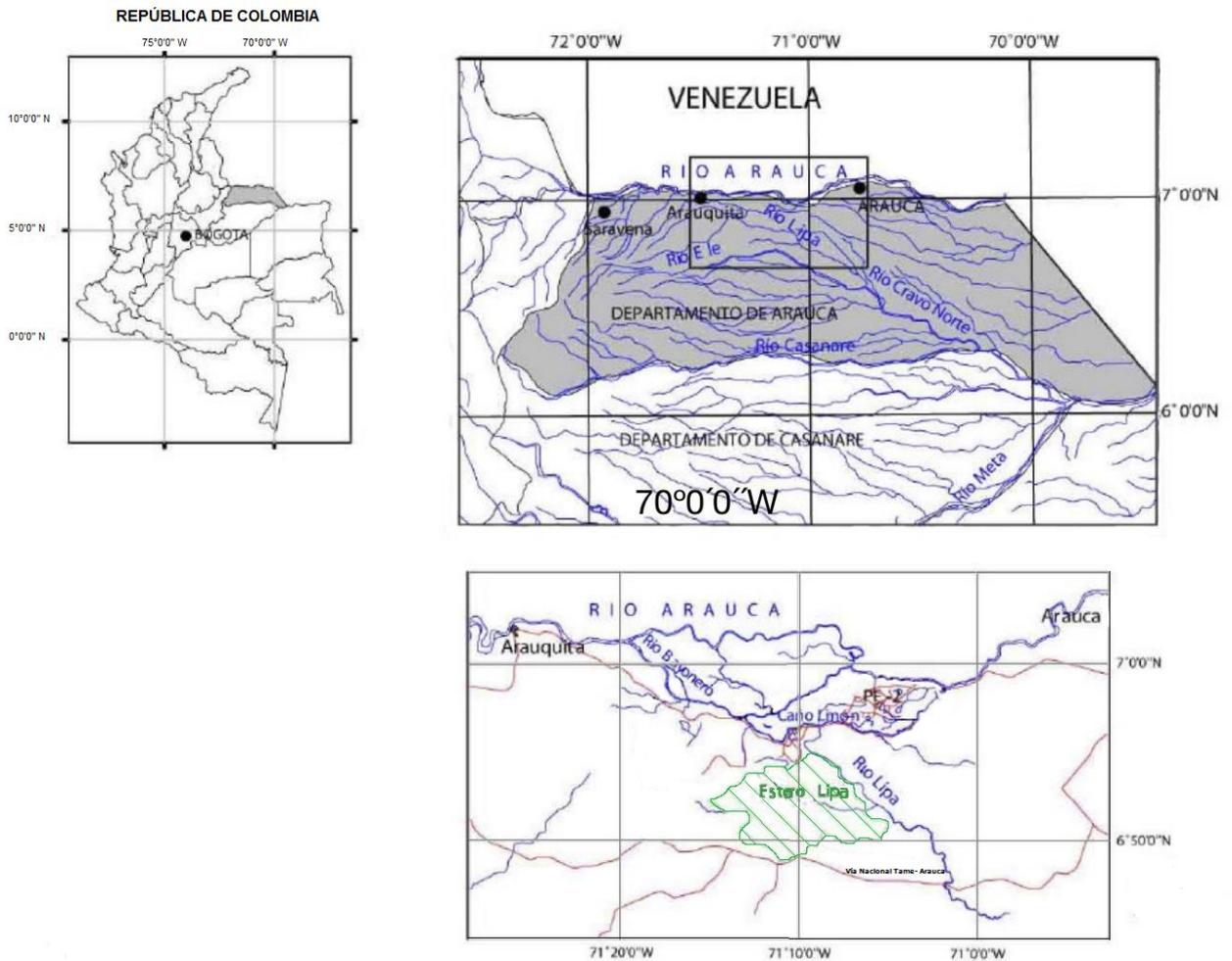


Figura 1. Localización del área de estudio en nivel nacional, regional y departamental (IDEAM, 2000)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la generación del análisis se contó con una imagen satelital Landsat 8 (Path:6 /Row: 55) la cual fue obtenida del servicio de imágenes del Servicio Geológico de

Estados Unidos (U.S. Geological Survey) (<http://earthexplorer.usgs.gov>) (Figura 2).

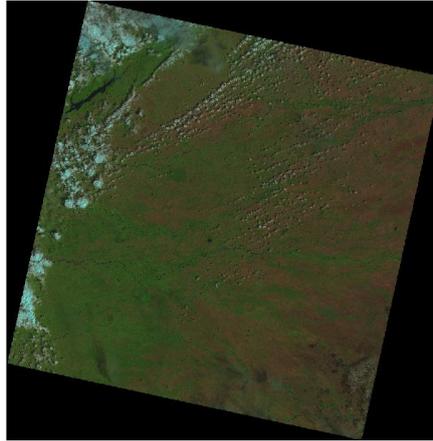
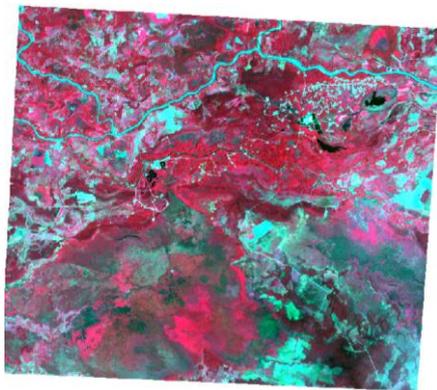


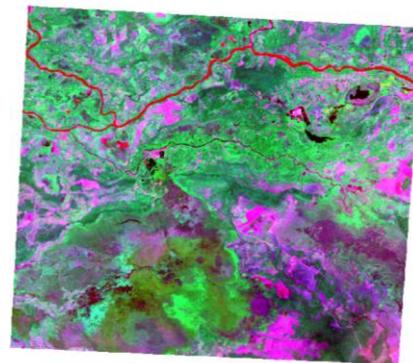
Figura 2. Imagen Landsat 8-OLI/TIRS utilizada en el desarrollo del Proyecto

Con el fin de realizar la clasificación de los usos y las coberturas, la imagen se agrupo mediante el uso de las herramientas del programa ArcGIS 10. Para interpretar la cobertura de la imagen se procedió a realizar combinaciones de bandas 432, 543 y 564 de la cual se escogio la combinación 564 por ser la que

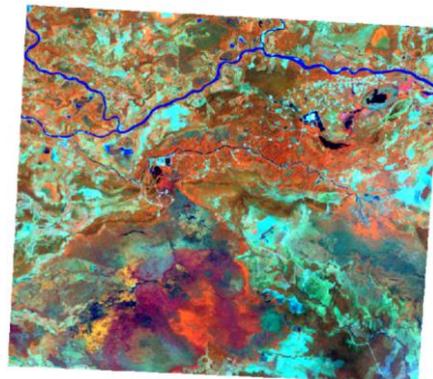
permite realizar una mejor interpretación de la diferentes coberturas, presentes en el área de estudio, como los ríos (drenajes), zonas inundables, cultivos, área urbana, humedales (esteros), suelo desnudo, piscinas de tratamiento y pastos



Composición 432



Composición 543



Composición 564

Figura 3. Composiciones de las bandas para la interpretación de las coberturas presentes en el área de estudio.

Las 25 clases o categorías de las coberturas fueron adaptadas del tercer nivel jerárquico establecido por la nomenclatura del Corine Land Cover. El área de estudio se delimitó por medio de una extracción por máscara, teniendo en cuenta las coordenadas específicas de la zona de influencia de la explotación petrolera Caño Limón y el Estero de Lipa. El análisis de los niveles de fragmentación se realizó con Patch Analyst 5 para ArcGIS 10.

Para la identificación del estado de fragmentación de la zona de estudio, se siguieron dos metodologías, basadas en las mismas premisas, conocidas como métricas del paisaje, que tienen en cuenta relaciones geométricas entre los elementos de análisis. Dentro de las variables tenidas en cuenta, están [10]:

Área total (Total Área TA): TA es igual a la superficie total expresada en hectáreas.

Numero de parches (NumP): Número de Parches (unidades) presentes en un paisaje. En NP no se incluye ningún parche de fondo situada dentro del perímetro del paisaje, ni parches situadas en la frontera del paisaje.

Tamaño medio de parche (Mean patch size MPS): Corresponde a la superficie total del paisaje (m^2), dividida por el número total de teselas, y todo ello dividido por 10.000 para convertirlo en hectáreas.

Total de borde (Total edge TE): es igual a la suma de las longitudes de todos los segmentos de borde. Si hay alguna frontera de paisaje, TE incluye aquellos segmentos que constituyan un verdadero borde de parche. Si la frontera del paisaje está ausente. Haya o no haya frontera de paisaje,

TE incluye la porción que especifique el usuario de borde de fondo. TE es igual a 0 cuando no hay bordes en los parches analizados en el paisaje. Esto es, cuando todo el paisaje está constituido por un único parche, y no se especifican fronteras del paisaje o los bordes de fondo a ser incluidos.

Índice medio de forma (Mean Index Shape MSI): es igual a la suma del perímetro de los parches (m) dividido por la raíz cuadrada de área de los parches (m^2) de cada parche, ajustada mediante una constante al estándar circular (formato vectorial) o al estándar cuadrado (formato raster), dividida por el número de parches (NP); en otras palabras, MSI es el promedio del Índice de forma (SHAPE) de los parches presentes en el paisaje. Este índice tiende a 1 cuando todas las teselas del paisaje son circulares (formato vectorial) o cuadradas (formato raster). MSI crece sin límite cuando las formas de los parches se vuelven más irregulares.

Índice medio de forma, ponderado por el área (Area-weighted Mean Shape Index AWMSI): es igual a la suma, para todas las parches, de su perímetro (m) dividido por la raíz cuadrada de su área (m^2), ajustada por una constante para el estándar circular (formato vectorial) o para el estándar cuadrado (formato raster), multiplicado por el área del parche (m^2) dividido por el área total del paisaje. En otras palabras, AWMSI es el promedio del índice de forma (SHAPE) de las teselas, ponderado por el área del parche, de modo que los parches mayores pesan más que las menores. El índice es igual 1 cuando todas las teselas del paisaje son circulares (formato vectorial) o son cuadradas (formato raster); AWMSI crece sin límite cuando las formas de las teselas se vuelven más irregulares.

Dimensión fractal teselar media (Mean Patch Fractal Dimension MPFD): es igual a la suma del doble del logaritmo del perímetro de las teselas (m) dividido por el logaritmo del área teselar (m²) para cada tesela del paisaje, dividido por el número de teselas; La fórmula raster está ajustada para evitar el sesgo del perímetro. Una dimensión fractal superior a 1 en un mosaico bidimensional indica una separación respecto de la métrica euclídea (es decir un incremento de complejidad de forma teselar) MPFD se acerca a 1 en formas de perímetros muy sencillos tales como círculos o

cuadrados, y se acerca a 2 en formas de perímetros altamente lobulados.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En términos generales, de acuerdo a la imagen analizada, se pueden evidenciar 25 tipos distintos de coberturas asociadas al área de estudio (Tabla 1), asociadas a más de 250 polígonos diferentes, siendo la cobertura más abundante el Herbazal denso inundable con 36 % del total del área de estudio (17.218 ha).

Tabla 1. Coberturas asociadas al área de Caño Limón – Estero de Lipa (Arauca)

	Etiquetas de fila	Área ha	% Área
1	1.1.1. Tejido urbano continuo	28	0
2	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	60	0
3	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	79	0
4	1.3.1. Zonas de extracción minera	177	0
5	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	592	1
6	2.3.1. Pastos limpios	1.585	3
7	2.3.3. Pastos enmalezados	136	0
8	2.4.1. Mosaico de cultivos	28	0
9	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	58	0
10	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1.091	2
11	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	453	1
12	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	2.028	4
13	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3	0
14	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	2.873	6
15	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.693	8
16	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	5.399	11
17	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	274	1
18	3.1.4. Bosque de galería y ripario	129	0
19	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	17.218	36
20	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	5.070	11
21	4.1.1. Zonas Pantanosas	1.484	3
22	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.461	7
23	5.1.1. Ríos (50 m)	708	1
24	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	696	1
25	5.1.4.2. Lagunas de oxidación	44	0
Total general		47367	100

Del análisis realizado para el estado de las unidades de cobertura, se puede establecer, que las unidades más irregulares respecto a su forma, son los ríos (índice de forma de 11.4) y los bloques de explotación petrolera (8.9), mientras que las coberturas con formas más regulares, corresponden a lagunas de oxidación (1.3) y tejido urbano (1.4).

Respecto a la dimensión fractal o a las formas de los perímetros se evidencia que la cobertura de pastos enmalezados (1.6) presenta una forma altamente lobulada al igual que

los ríos (1.5), dado que el valor es más cercano a dos, mientras que las lagunas de oxidación (1.2) presenta una forma perimetral más sencilla, en este caso de manera circular.

La complejidad de las teselas se evidencia con los altos valores presentes en el índice AWMSI, para las coberturas ríos (15.2), explotación de hidrocarburos (11.0) y red vial, ferroviaria y terrenos asociados (6.3), esto dado principalmente por las condiciones hidrográficas de la zona, que imposibilita el desarrollo de infraestructura regular.

Tabla 2. Índices espaciales de paisaje para el área de estudio

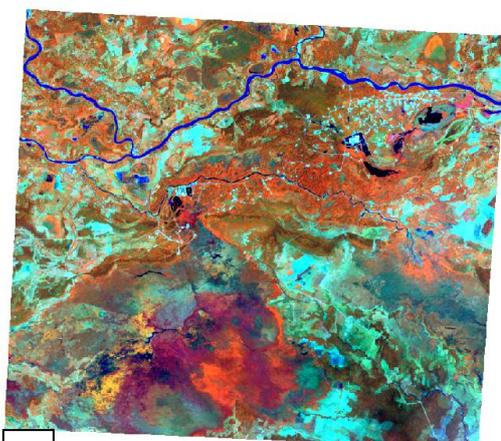
Nombre	AWMSI	MSI	MPFD	TE	MPS	NumP
1.1.1. Tejido urbano continuo	1.4	1.4	1.3	3659.9	139767.0	2.0
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	2.0	1.7	1.3	6935.4	297729.3	2.0
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	6.3	4.6	1.4	27464.3	263292.4	3.0
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.9	2.9	1.4	27309.9	441329.1	4.0
2.3.1. Pastos limpios	2.7	2.9	1.4	77288.5	2264062.1	7.0
2.3.3. Pastos enmalezados	1.9	2.2	1.6	8028.4	682277.5	2.0
2.4.1. Mosaico de cultivos	1.2	1.2	1.2	2244.9	278042.5	1.0
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1.4	1.4	1.3	5490.4	291530.2	2.0
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.7	2.0	1.3	73673.1	1212040.0	9.0
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1.7	1.7	1.3	39733.2	452860.7	10.0
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	3.2	2.5	1.3	144562.7	1690024.5	12.0
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.6	3.6	1.4	14318.4	1293811.5	1.0
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2	2.2	1.3	353044.7	1207056.3	42.0
4.1.1. Zonas Pantanosas	2.1	2.0	1.3	96114.3	1060137.9	14.0
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2.2	1.8	1.3	101460.6	3146518.2	11.0
5.1.1. Ríos (50 m)	15.2	11.4	1.5	190838.8	2360722.6	3.0
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	2.0	1.9	1.3	47639.3	773264.7	9.0
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	11.0	8.9	1.5	110646.5	2961521.6	2.0

Nombre	AWMSI	MSI	MPFD	TE	MPS	NumP
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1.7	1.7	1.3	25465.2	391971.7	7.0
5.1.4.2. Lagunas de oxidación	1.3	1.3	1.2	3068.5	437993.3	1.0
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.6	3.6	1.5	2308.6	33299.0	1.0
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.5	2.6	1.3	159739.1	2873126.9	10.0
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	2.4	2.1	1.3	209232.2	1538854.2	24.0
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	2.8	2.2	1.3	284556.1	1928114.9	28.0
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	3.8	2.3	1.3	730129.6	3311123.7	52.0

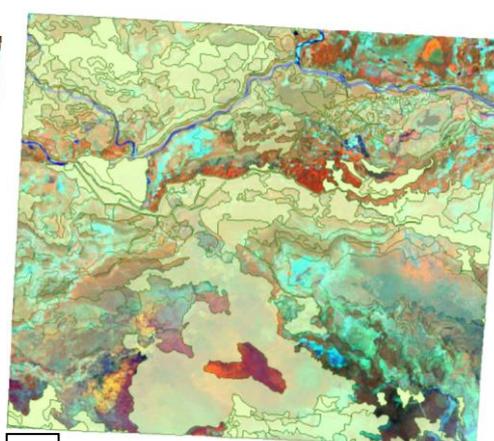
La gran complejidad que presentan los ríos del sector estudiado, se debe a los innumerables cambios que la hidrografía de la zona ha sufrido desde 1957, década en la que se formó el brazo Bayonero, formando una red de cauces irregulares que favorecieron la formación de caños temporales, lo que se evidencia en los valores más altos de los índices AWMSI, MSI y MPFD.

Respecto a la cobertura con mayor área, denominada Herbazal denso inundable se evidencia una mayor continuidad respecto a otras coberturas tanto en los índices analizados como en la interpretación

de la imagen (Figura 4). Esta cobertura corresponde a la zona que se conoce ecológicamente como estero, en este caso el Estero de Lipa, que pertenece a las depresiones inundables del río Lipa y que permiten la formación de estos ecosistemas que se caracteriza por su composición de vegetación palustre y flotante. Sin embargo el mayor valor en el índice TE, evidencia que el estero (herbazal denso inundable- vegetación acuática sobre cuerpos de agua) presenta un mayor borde, por lo ecológicamente es más susceptible a los cambios por presión antrópica que se están generando en la zona (Figura 4C).



A



B

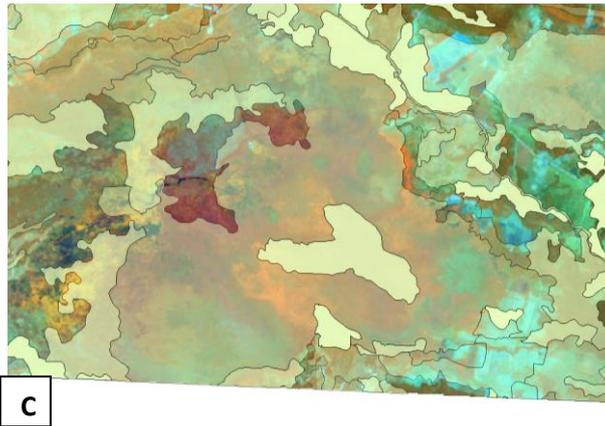


Figura 4. A: Composición de bandas para la determinación de coberturas presentes en el área de estudio. **B:** Coberturas área de estudio. **C:** Estero de Lipa

Sin embargo, para el análisis realizado se demuestra que la zona del Estero de Lipa es la cobertura más uniforme por lo que la intervención antrópica enfocada a la explotación petrolera no ha generado una fragmentación determinante en la dinámica ecológica del ecosistema. No obstante al comparar el área del mismo y compararlo con estudios previos como el del IDEAM (2000), es notable la disminución en área que ha sufrido en Estero, pasando de 34.944 ha en 1973 a 32.638 ha en 1985 y a 20.679 ha en la actualidad, teniendo en cuenta que los esteros están conformados por las coberturas de herbazal denso inundable y vegetación acuática sobre cuerpos de agua, que corresponde a la vegetación típica de los humedales y esteros.

En general el impacto directo más significativo generado por las actividades constructivas dentro del Estero Lipa y el área de esteros de Caño Limón, es la interrupción del flujo natural debido a la construcción

de la infraestructura necesaria para los procesos de exploración y explotación, así como la afectación de la cobertura vegetal tanto palustre, flotante y de la ronda de protección hídrica, y afectación de las comunidades faunísticas. Es de anotar, que la alteración de vegetación traerá consigo otros impactos de alta importancia ecológica como son la perturbación del hábitat y con la fragmentación del ecosistema la alteración de los corredores biológicos, dado que la interrupción de la continuidad y uniformidad de la cobertura vegetal, crea una barrera que afecta la dispersión de las especies de fauna y puede a aislar o dividir la vegetación lo que dificulta procesos como la migración, el intercambio y la interacción de especies terrestres; de igual manera, la remoción de cobertura puede implicar una reducción en la disponibilidad de fuentes de alimento y refugio para la fauna silvestre terrestre y aérea, propia del área de estudio.

4. CONCLUSIONES

Este estudio muestra que las coberturas presentes en la zona de Caño Limón – Estero de Lipa, constituyen un hábitat fragmentado y presentan una gran diversidad en cuanto al tamaño, a la forma, al grado de aislamiento y al tipo de matriz. La disposición espacial y la variedad de tamaño de las componentes del paisaje generan extensas áreas heterogéneas e inconexas entre sí.

Los ríos del área estudiada dentro el complejo Caño Limón – Estero de Lipa, presentan unidades más irregulares respecto a las otras coberturas estudiadas, dicho comportamiento correspondería a las transformaciones de la dinámica hidrológica de la zona, por la necesidad de disponibilidad de agua para los complejos de explotación y exploración petroleras de la zona.

A pesar de que el Estero de Lipa no presenta una fragmentación determinante y posee mayor área pero un borde más irregular, es más susceptible a la presión por las acciones antropogénicas que se presentan en la zona, por lo que a futuro, puede verse seriamente fragmentado, repercutiendo en la dinámica ecológica de este ecosistema.

Por sus características de paisaje únicas y su importante biodiversidad, la región de Caño Limón – Estero de Lipa constituye un excelente laboratorio natural para desarrollar estudios sobre el impacto de la estructura y de la fragmentación del paisaje y las repercusiones de las mismas sobre la biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IDEAM, "Diagnóstico Ambiental y Lineamientos para el uso sostenible del área Caño Limón - Estero de Lipa," Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Bogotá, Técnico 2000.
- [2] K McGarigal and S A Cushman, "Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects," *Ecological Applications*, vol. 12, pp. 335-345, 2000.
- [3] L Fahrig, "Effects of habitat fragmentation on biodiversity," *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 34, pp. 487-515, 2003.
- [4] K McGarigal and W C McComb, *Forest fragmentation effects on breeding bird communities in the Oregon coast ranges*, L Rochelle, L Lehman, and A Wisniewski, Eds. Leiden, Holanda: Brill Academic Publishers, 1999.
- [5] G H Kattan, *Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies*, M R Guariguata and G H Kattan, Eds. San José, Costa Rica: LUR, 2002.
- [6] T S Hoctor, M H Carr, and P D Zwick, "Identifying a linked reserve system using a regional landscape approach : The Florida ecological network," *Conservation Biology*, vol. 14, pp. 984-1000, 2000.

- [7] R F Noss, *Landscape connectivity: Different functions and different scales*, W E Hudson , Ed. Washington, Estados Unidos: Island Press, 1991.
- [8] M E Soulé, *Viable Population for conservation*, M E Soulé, Ed. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1987.
- [9] G Sánchez-Rojas and A Rojas-Martínez, *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*, G Sánchez-Rojas and A Rojas-Martínez, Eds. Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2007.
- [10] K McGarigal and B J Marks, *FRAGSTATS*, G A Bradshaw and P A Marquet, Eds. Berlin, Alemania: Springer-Verlag, 2003, vol. 162.
- [11] A F Bennet, "Enlizando el paisaje: El paisaje de los corredores y la conectividad en el conservación de la vida silvestre," UICN, San José CR, 1999.
- [12] K Poiani, B Richter, M Anderson, and H Richter, "Biodiversity conservation at multiple scales; functional sites, landscapes, and networks," *BioScience*, no. 50, pp. 133-146, 2000.
- [13] E W Sanderson, K H Redford, A Vedder, B Coppolillo, and S E Ward, "A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements," *Landscape and Urban Planning*, no. 58, pp. 41-56, 2002.
- [14] Beier P y Noss R, "Do habitat corridors provide connectivity," *Conservation Biology*, vol. 12, no. 6, pp. 1241 -1252, 1998.