

**HETEROGENIDAD DEL PAISAJE DE PÁRAMO EN EL MUNICIPIO DEL
CERRITO, SANTANDER, COLOMBIA.**

**MERLYN KATHERINE CAICEDO VILLAMARIN
SAMUEL FERNANDO BARRERA HERRERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MÁLAGA
2017**

**HETEROGENIDAD DEL PAISAJE DE PÁRAMO EN EL MUNICIPIO DEL
CERRITO, SANTANDER, COLOMBIA.**

**MERLYN KATHERINE CAICEDO VILLAMARIN
SAMUEL FERNANDO BARRERA HERRERA**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Forestal**

**DIRECTOR:
JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA
GeólogoM.Sc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MÁLAGA
2017**

DEDICATORIA

A Dios por ser luz y guía en mi vida.

A Juan Diego, amor de mi vida y motor de mi existencia.

A mi Ángel, Tito Villamarin, por dejar huellas imborrables en mi corazón y por amarme sin medida.

A mis padres por su amor, apoyo incondicional, por creer en mí, motivarme siempre a ser mejor y por enseñarme que el éxito es el resultado del esfuerzo.

A mis hermanos, Giselle y Jorge, por ser mis cómplices, amigos, protectores y mi más grande ejemplo de lucha y constancia.

A mis sobrinos, Valeria, Martin y Fernanda, por ser el mejor regalo que mis herman@s me hayan podido dar, por su ternura y su luz.

A Paulo Nicolás Carrillo por ser mi mejor primo y amigo incondicional.

A Samuel, Carlos y Angie, por enseñarme el verdadero valor de la amistad, por estar siempre para mí, por las risas, los viajes y lo que nos hace falta por compartir.

A Carlos José...

Merlyn Katherine Caicedo Villamarin

A mi hija Palomita, mi inspiración.

A mis padres por su amor y paciencia.

A mi sobrina Angelita.

A mis hermanos Julian y Angela por su sencilla amistad y complicidad.

Samuel Fernando Barrera Herrera

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a:

Profesor **JORGE EDUARDO PINTO VALDERRAMA**, por la dirección de nuestro trabajo.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER por la oportunidad de llevar a cabo nuestros estudios de pregrado, por formar profesionales íntegros, con amplia visión global.

Doctores **JOSÉ VALENTÍN ROCES DÍAZ** y **CARLOS ANTONIO LÓPEZ**, docentes de la **Universidad de Oviedo** (España), por su acogida y colaboración brindada para llevar a cabo este trabajo.

Profesor **EULOGIO CHACÓN** de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela por sus valiosos aportes en la realización de este proyecto.

A nuestras familias y amigos, por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MATERIALES Y MÉTODOS	18
1.1 ÁREA DE ESTUDIO	18
1.2 DISEÑO METODOLÓGICO	20
1.2.1 Fase preliminar	20
1.2.2 Fase de oficina	21
2. RESULTADOS	29
2.1 DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA	29
2.2 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE PAISAJE	31
2.3 MÉTRICAS DE CONFIGURACIÓN A NIVEL DE CLASE	32
2.4 ÍNDICES DE ÁREA	35
2.4.1 Índice del parche más grande (LPI)	35
2.5 ÍNDICES DE FORMA	36
2.6 ÍNDICES DE AGREGACIÓN	37
2.6.1 Distancia Euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN)	37
2.6.2 Índice de agregación	37
2.7 RELACIÓN NÚMERO DE PARCHES (NP) E ÍNDICE DEL PARCHES MÁS GRANDE (LPI)	38

	Pág.
2.8 ÍNDICE DE VEGETACIÓN REMANENTE (IVR)	39
3. DISCUSIÓN	40
4. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFIA	43
APENDICE	46

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Métricas a nivel de clase: área/forma/agregación	22
Cuadro 2. Métricas de diversidad a nivel de paisaje	27
Cuadro 3. Índice de vegetación remanente (IVR)	28
Cuadro 4. Índices de diversidad del paisaje para los años 1992 y 2016	31
Cuadro 5. Métricas de configuración a nivel de clase año 1992	32
Cuadro 6. Métricas de configuración a nivel de clase año 2016	33
Cuadro 7. Indicador tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización: Área de Páramo del Municipio del Cerrito, Santander	19
Figura 2. Mapa de altitudes: Área de Páramo, Municipio del Cerrito, Santander	19
Figura 3. Diagrama metodológico	20
Figura 4. Mapa de coberturas de la tierra para el año 1992	29
Figura 5. Mapa de coberturas de la tierra para el año 2016	30
Figura 6. Extensión de cada una de las coberturas de la tierra para los años 1992 y 2016	30
Figura 7. Relación del Número de parches (NP) e índice del parche más grande (LPI)	38

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Coberturas de la tierra, ecosistema de Páramo, Cerrito, Santander	47
Anexo B. Software empleado para el procedimiento metodológico	50

RESUMEN

TITULO: HETEROGENIDAD DEL PAISAJE DE PÁRAMO EN EL MUNICIPIO DEL CERRITO, SANTANDER, COLOMBIA*

AUTOR: MERLYN KATHERINE CAICEDO VILLAMARIN
SAMUEL FERNANDO BARRERA HERRERA**

PALABRAS CLAVE: TELEDETECCIÓN, ECOLOGÍA DEL PAISAJE, DIVERSIDAD DE PAISAJE, HETEROGENEIDAD, PÁRAMO, CONECTIVIDAD, ANÁLISIS MULTITEMPORAL.

DESCRIPCIÓN

En este trabajo de investigación se presenta un análisis comparativo de la heterogeneidad del paisaje dentro del ecosistema de Páramo presente en el Municipio del Cerrito, Santander. Se emplearon mapas de coberturas de la tierra de los años 1992 y 2016, en donde se realizó una clasificación no supervisada de 11 coberturas, interpretadas en base a la leyenda CORINE LAND COVER adaptada para Colombia. En cada año de estudio se aplicaron métricas de configuración del paisaje, diversidad y configuración a nivel de clase con el fin de estimar el impacto y heterogeneidad del paisaje mediante el uso del software de código abierto FRAGTATS 3.3. Se evidencia que el paisaje objeto de estudio presenta una heterogeneidad alta debido al número de parches que lo conforman, 102 y 124, en los dos periodos estudiados, respectivamente. Las coberturas dominantes y con mayor continuidad son: Herbazal denso de tierra firme no arbolado con 70.03% y pastos limpios con 10.99%, la primera con el tiempo ha disminuido a 52.57% y la segunda ha aumentado a 15.12%, lo cual implica procesos de fragmentación e intensificación de actividades antrópicas, también inferir que el aumento de una cobertura antrópica y la disminución de una cobertura natural es debido a los procesos de quema que llevan a cabo los lugareños.

*Trabajo de grado

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia – IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama. Geólogo M.Sc.

ABSTRACT

TITLE: HETEROGENICITY OF THE PARAMO LANDSCAPE IN THE MUNICIPALITY OF CERRITO, SANTANDER, COLOMBIA*.

AUTHORS: MERLYN KATHERINE CAICEDO VILLAMARIN
SAMUEL FERNANDO BARRERA HERRERA**

KEYWORDS: REMOTE SENSING, LANDSCAPE ECOLOGY, LANDSCAPE DIVERSITY, HETEROGENEITY, PARAMO, CONNECTIVITY, MULTITEMPORAL ANALYSIS.

DESCRIPTION:

This work presents a comparative analysis of the heterogeneity of the landscape within the Páramo ecosystem present in the Municipality of Cerrito, Santander. Land cover maps of 1992 and 2016 were used, in which an unsupervised classification of 11 coverages was performed, interpreted according to the legend CORINE LAND COVER adapted for Colombia. In each study year, landscape configuration, diversity metrics and level clase configuration were applied at the classroom level in order to estimate the impact and heterogeneity of the landscape through the use of FRAGTATS 3.3 open source software. It is evident that the landscape under study presents a high heterogeneity due to the number of patches that make up it in the two periods studied, 102 and 124, respectively. The dominant and more continuous coverings are: dense Herbazal of non-woodland with 70.03% and clean pastures with 10.99%, the former has decreased over time to 52.57% and the latter has increased to 15.12%, which implies processes of fragmentation and intensification of anthropic activities, also to infer that the increase of anthropic cover and the reduction of a natural cover is due to the burning processes that the villagers carry out.

*Bachelor Thesis

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia – IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Jorge Eduardo Pinto Valderrama. Geólogo M.Sc.

INTRODUCCIÓN

El Páramo es uno de los biomas cuyas condiciones están determinadas por su altura sobre el nivel del mar y su posición en el relieve montañoso de algunos países andinos ecuatoriales y Costa Rica¹. Este ecosistema se constituye como un componente importante de la biodiversidad de los países en donde hacen presencia². Se estima que Colombia es el país que más Páramos posee en el mundo, ya que cuenta con el 60% del total de estos ecosistemas³. Sin embargo, son considerados como uno de los ecosistemas más vulnerables a escenarios de cambio climático, hasta el punto de asegurar que el impacto será fatal e irreversible⁴. Es a su vez uno de los ecosistemas con mayor afectación antrópica en el continente debido al establecimiento de cultivos de papa, introducción de ganado, minería y expansión de las ciudades⁵.

La pérdida de ecosistemas es una problemática mundial que afecta la vida de los seres humanos, debido a que se asume que los recursos naturales son un bien colectivo⁶. De acuerdo con Cortés-Duque y Sarmiento⁷ los páramos al ser territorios

¹GUHL, E. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Bogotá: Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1982, 7p.

²BALSLEV, H., & LUTEYN, J. L. Páramo; an Andean ecosystem under human influence. London; San Diego: Academic Press, 1992. 22p.

³MORALES R., Mónica et. al.. Atlas de páramos de Colombia. [En línea]. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2007, 28p. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/es/estado-de-los-recursos-naturales/item/299-atlas-de-paramos-de-colombia>.

⁴GREENPEACE, C. Cambio climático: Futuro negro para los páramos. [En línea]. Colombia: Greenpeace, Noviembre, 2009. (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: <http://www.greenpeace.org/colombia/es/Informes/Cambio-Climatico-Futuro-negro-para-los-paramos/>

⁵MORALES-BETANCOURT, Juan Alejandro y ESTÉVEZ-VARÓN, Jaime Vicente. El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción?. [En línea]. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, Revista Luna Azul, núm. 22, enero-junio, 2006, pp. 42. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: www.redalyc.org/pdf/3217/321727224004.pdf

⁶LORENZETTI, Ricardo Luis. Teoría del derecho ambiental. [En línea]. México: Porrúa, 2008, 15p. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/226894734/Teoria-Del-Derecho-Ambiental-Lorenzetti-Ricardo-Luis>

⁷CORTÉS D, J. & SARMIENTO P, C. E. Visión socio ecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana. Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013, 32p.

estratégicos están expuestos a la mala gestión de los entes gubernamentales al desconocer las realidades geográficas, ambientales y sociopolíticas, consecuencia de esto es que el conocimiento oficial dista de las realidades de las zonas andinas ecuatoriales. El Páramo del Almorzadero, objeto de estudio en este trabajo, no es ajeno a las diversas problemáticas que amenazan a estos ecosistemas, debido a que las actividades económicas desarrolladas por el hombre dentro de este territorio lo han transformado en un agro ecosistema.

En el contexto de la ecología del paisaje, analizar y estudiar los territorios permite realizar una interesante valoración de la situación y evolución de los paisajes, con el fin de aportar información útil para la conservación de los ecosistemas⁸. Para Chuvieco⁹ las dimensiones espaciales y temporales son un aporte significativo al estudio del medio ambiente ya que tienen la capacidad de hacer seguimiento a procesos dinámicos. Por otra parte, la heterogeneidad es una propiedad de los paisajes que se presenta como un mosaico donde la estructura, función y cambio produce pautas repetitivas y patrones espaciales¹⁰.

Por tanto, estudiar las causas y consecuencias de la heterogeneidad del paisaje permite entender la interacción entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos. Desde el enfoque de este trabajo, se establece como unidad de análisis el ecosistema de Páramo presente en el Municipio del Cerrito, Santander y se busca una aproximación al estudio de la estructura del paisaje mediante el análisis de índices de heterogeneidad espacial. El objetivo de este estudio fue analizar

⁸VILA SUBIRÓS, Josep. et. al. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. [En línea]. En: Documents d'Anàlisi Geogràfica, 2006, núm. 48, p. 149. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: www.web2.udg.edu/.../Conceptos%20y%20métodos%20fundamentales%20en%20ecología...

⁹CHUVIECO S, E. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Tercera edición. Barcelona, España: Editorial Ariel S. A., 2008. 586p.

¹⁰MARQUEZ, G. Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. [En línea]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Gestión y Ambiente, 2000. 40. (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: www.idea.unal.edu.co/publica/docs/veg-pob-huella-eco.pdf

comparativamente los procesos de fragmentación y heterogeneidad espacial en el área de estudio entre los años 1992 y 2016 mediante reconocimientos ecológicos, el estudio de la fragmentación, la determinación de los parámetros descriptores de la heterogeneidad espacial y el análisis de esta en relación al tipo de uso del suelo.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está localizada al interior del municipio del Cerrito, en la parte oriental del departamento de Santander dentro de la denominada zona andina. El municipio del Cerrito se halla ubicado en una zona geográfica de páramo, la cual es montañosa, con una elevación que va desde los 2436m.s.n.m hasta los 4500m.s.n.m (figura 1). De acuerdo a Calle¹¹ el área de estudio está ubicada en la provincia norandina, en los distritos de selvas nubladas orientales de cordillera oriental, distrito de páramo de la cordillera oriental y selvas nubladas occidentales de la cordillera oriental (figura 2).

El municipio del Cerrito posee alrededor del 35% del área del Complejo de Paramos del Almorzadero, convirtiéndolo así, en el municipio con el mayor porcentaje de participación dentro de este ecosistema, a su vez, es considerado como el municipio que posee la mayor riqueza de humedales de alta montaña dentro del Páramo con 12 lagunas y 5 complejos lagunares. Sustenta su base económica casi exclusivamente en la agricultura y la ganadería, actividades que contribuyen a la degradación del ecosistema debido a los impactos negativos que genera la influencia antropogénica.

¹¹Ibid., p. 6

Figura 1. Mapa de localización: Área de Páramo del Municipio del Cerrito, Santander

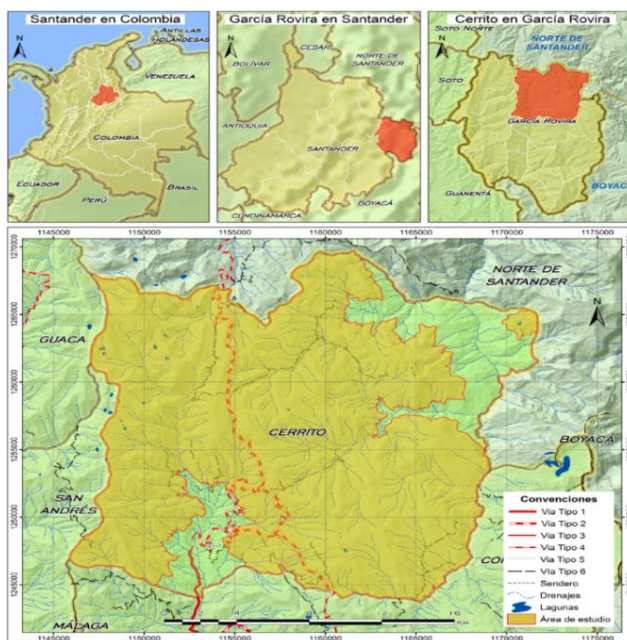
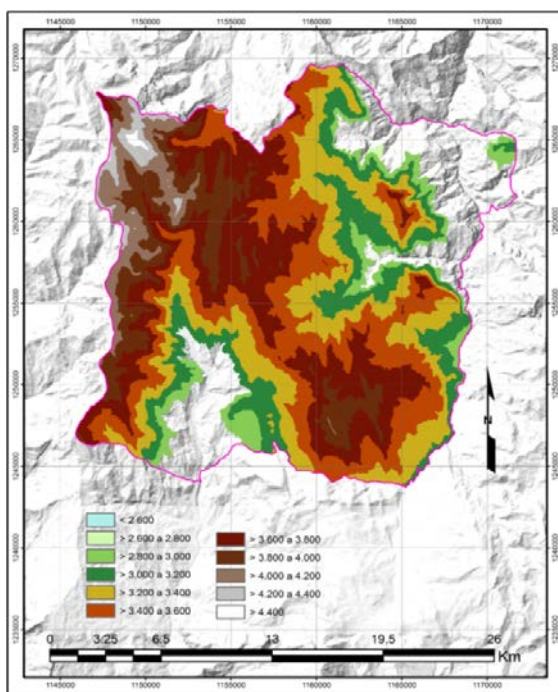


Figura 2. Mapa de altitudes: Área de Páramo, Municipio del Cerrito, Santander

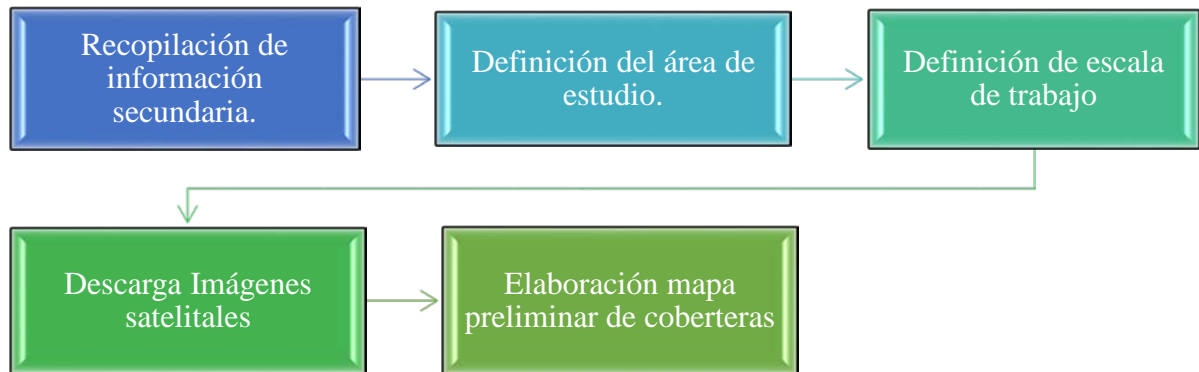


1.2 DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio se desarrolló en dos fases como se especifica en la figura 3.

Figura 3. Diagrama metodológico

Fase preliminar



Fase de oficina



1.2.1 Fase preliminar. Se realizó una búsqueda exhaustiva de información secundaria con el fin de trazar la hoja de ruta del proyecto. Se estableció como área de estudio el ecosistema de Páramo presente en la jurisdicción del municipio del Cerrito, Santander. Se descargaron dos Imágenes Landsat a través del servidor Earth Explorer del sitio web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) (Congedo, 2016). El área de estudio se distribuye entre la imágenes satelitales de la plataforma Landsat identificadas con el Path & Row 7-55. Se establecieron unas configuraciones de búsqueda como criterios de descarga, para tal fin se empleó un porcentaje de nubosidad inferior al 10%.

Se seleccionaron las imágenes Landsat 4 TM del 02 de Septiembre de 1992 y Landsat 8 OIL del 16 de enero de 2016. Para el pre-procesamiento de las imágenes

se emplearon dos protocolos diferentes, para la imagen Landsat 4 TM se siguieron los postulados de Cabrera et al¹², para la imagen Landsat 8 OIL se empleó la caja de herramientas de GEOBIA para Arcgis.

Posteriormente, se creó un mapa de coberturas vegetales en el área de estudio mediante el método de clasificación no supervisada, utilizando la metodología CORINE LAND COVER adaptada para Colombia en el año 2010¹³ y propuesta por la Unión Europea. Se estableció como escala de trabajo la 1:30000 y como unidad mínima cartográfica a $\frac{1}{4}$ de centímetro cuadrado equivalente a 2,25 ha en el terreno. No se realizó la validación de la clasificación.

1.2.2 Fase de oficina. Una vez corregidos los mapas con la información obtenida en campo, se procedió a comparar los mapas finales con base en la heterogeneidad del paisaje a través de índices cuantitativos. Para el cálculo de los índices se empleó el software de código abierto FRAGSTATS 3.3, desarrollado por la Universidad de Massachusetts. Los índices calculados fueron: Área (CA), Índice de parche más grande (LPI), Proporción perímetro/área (PARA_MN), Índice de forma(SHAPE_MN), Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN), Índice de agregación (AI), Número de parches (NP) (cuadros 1, 2 y 3).

¹²CABRERA, E.; GALINDO, G. & VARGAS, D.M. Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia, Nivel Nacional Escala Gruesa y Fina. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2011. 44 p.

¹³MELO, Luis y CAMACHO, Milton. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamiento de cobertura y uso de la tierra. Centro de investigación y Desarrollo de Información Geográfica-CIAF. Bogotá D. C Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005. 12p.

Cuadro 1. Métricas a nivel de clase: área/forma/agregación

Tipo	Métrica	Descripción	Rango
ÁREA	Área (CA)	CA equivale a la suma de las áreas (m ²) de todos los parches del tipo correspondiente, dividida por 10,000 (para convertir a hectáreas); es decir, el área total de la clase.	CA > 0, sin límite CA se aproxima a 0 en la medida en que el tipo de parche sea más raro en el paisaje. CA = TA cuando todo el paisaje está compuesto por un solo tipo de parche; esto es, cuando toda la imagen está incluida en un solo parche.
	Índice de parche más grande (LPI)	LPI es igual al área (m ²) del parche más grande del tipo de parche correspondiente dividido por el área total del paisaje (m ²), multiplicado por 100 (para convertir a un porcentaje); En otras palabras, LPI es igual al porcentaje del paisaje comprendido por el parche más grande.	0 < LPI ≤ 100 LPI se aproxima a 0 cuando el parche más grande del tipo de parche correspondiente es cada vez más pequeño. LPI = 100 cuando todo el paisaje consiste en un solo parche del tipo de parche correspondiente; Es decir, cuando el parche más grande comprende el 100% del paisaje.

Cuadro 1. (Continuación)

Tipo	Métrica	Descripción	Rango
FORMA	Proporción perímetro/área (PARA)	PARA es igual a la relación entre el perímetro del parche (m) y el área (m ²).	PARA > 0, sin límite.
	Índice de forma(SHAPE)	El índice de forma es una métrica que aporta información de la complejidad geométrica de los fragmentos. Mide la relación entre el perímetro de un fragmento y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área, de tal forma que mayores valores de este índice muestran un incremento de la complejidad de sus formas. Al contrario que para el caso del GYRATE_MN, este índice no es sensible al tamaño de mancha. Aporta también una medida de la compacidad/forma de los fragmentos.	SHAPE ≥ 1, sin límite. SHAPE = 1 cuando el parche es máximamente compacto (es decir, cuadrado o casi cuadrado) y aumenta sin límite a medida que la forma del parche se vuelve más irregular.

Cuadro 1. (Continuación)

Tipo	Métrica	Descripción	Rango
AGREGACIÓN	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN)	<p>Es la media para cada uso de la distancia a la tesela más próxima del mismo uso, y aporta información acerca del grado de aislamiento de los distintos fragmentos. Una disminución de sus valores puede suponer la aparición de nuevos fragmentos en el caso de usos que se encuentran muy aislados, mientras que por el contrario su incremento puede suponer la agregación de múltiples fragmentos que se encontraban muy cercanos.</p>	<p>ENN > 0, sin límite. ENN se aproxima a 0 cuando la distancia al vecino más cercano disminuye. El mínimo ENN está restringido por el tamaño de la celda y es igual al doble del tamaño de la celda cuando se usa la regla del parche de 8 vecinos o la distancia entre los vecinos diagonales cuando se usa la regla de 4 vecinos. El límite superior está limitado por la extensión del paisaje. ENN es indefinido y se denomina "N / A" en el archivo .patch "nombre base" si el parche no tiene vecinos (es decir, no hay otros parches de la misma clase).</p>

Cuadro 1. (Continuación)

Tipo	Métrica	Descripción	Rango
AGREGACIÓN	Índice de agregación (AI)	<p>AI es igual al número de adyacencias similares que involucran a la clase correspondiente, dividida por el número máximo posible de adyacencias similares que implican la clase correspondiente, lo que se logra cuando la clase se agrupa al máximo en un solo parche compacto; Multiplicado por 100 (para convertir a un porcentaje). Si a_i es el área de la clase i (en términos de número de celdas) y n es el lado de un mayor entero cuadrado menor que a_i, y $m = a_i - n^2$, entonces el mayor número de aristas compartidas para la clase i, G_{ii} tomará una de las tres formas: $\text{Max-}g_{ii} = 2n(n-1)$, cuando $m = 0$, o $\text{Max-}g_{ii} = 2n(n-1) + 2m - 1$, cuando $m \leq n$, o $\text{Max-}g_{ii} = 2n(n-1) + 2m - 2$, cuando $m > n$.</p>	<p>$0 \leq AI \leq 100$ Dado cualquier P_i, AI es igual a 0 cuando el tipo de parche focal está máximamente desagregado (es decir, cuando no hay adyacencias similares); AI aumenta a medida que el tipo de parche focal se agrupa cada vez más y es igual a 100 cuando el tipo de parche se agrega al máximo en un solo parche compacto. AI está indefinido y reportado como "N / A" en el archivo de clase "basename" clase si la clase está formada por una sola celda</p>

Cuadro 1. (Continuación)

Tipo	Métrica	Descripción	Rango
AGREGACIÓN	Número de parches (NP)	El número de teselas es la métrica más sencilla que puede dar una idea de la medida en que un uso se encuentra dividido o fragmentado. Únicamente consiste en identificar el número de teselas o fragmentos individuales existentes de cada uno de los usos urbanos identificados. Por tanto puede orientar acerca de la fragmentación que cada uso presenta en los distintos escenarios	NP ≥ 1, sin límite. NP = 1 cuando el paisaje contiene sólo 1 parche del tipo de parche correspondiente; Es decir, cuando la clase consiste en un solo parche.

Fuente: MacGarigal et al, (2002).

Cuadro 2. Métricas de diversidad a nivel de paisaje

Tipo	Descripción	Rango
Riqueza de parches(PR)	PR es igual al número de tipos de parche diferentes presentes dentro del límite del paisaje.	$PR \geq 1$, sin límite
Índice de diversidad Shannon (SHDI)	SHDI equivale a menos la suma, para todos los tipos de parche, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche, multiplicada por el logaritmo natural de dicha proporción. Nótese que P_i está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.	$SHDI \geq 0$, sin límite $SHDI = 0$ cuando el paisaje contiene tan solo 1 parche (es decir que no hay diversidad). SHDI aumenta a medida que la cantidad de diferentes tipos de parche (la riqueza de parches) se hace mayor, y/o la distribución proporcional de área entre los diferentes tipos de parche se hace más equitativa.
Índice de diversidad de Simpson (SIDI)	SIDI equivale a 1 menos la suma, para todos los tipos de paisaje, de la abundancia proporcional de cada tipo de parche elevada al cuadrado. Nótese que P_i está basada en el área total del paisaje (A) excluyendo cualquier background interno presente.	$0 \leq SIDI < 1$ $SIDI = 0$ cuando el paisaje solo contiene un parche (es decir que no hay diversidad). SIDI se acerca a 1 a medida en que aumenta la cantidad de los tipos de parche (riqueza de parches), así como a medida en que la distribución proporcional del área entre los tipos de parche se hace más equitativa.

Fuente: MacGarigal et al, (2002).

Cuadro 3. Índice de Vegetación Remanente (IVR)

	Descripción	Rango
Índice de vegetación remanente (IVR)	<p>El Índice de Vegetación Remanente IVR expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma, así: $IVR = (AVR/At) * 100$ donde AVR es área de vegetación remanente y At es área total de la unidad, en kilómetros cuadrados. Se consideran 4 categorías de transformación, por modificación de la propuesta de Hannah et al. (op. cit), sobre una base cuantitativa. Los resultados se relacionan, por comparación con valores de referencia, con su capacidad para sostener funciones ecológicas y servicios para la sociedad y se relacionan con la sostenibilidad,</p>	<p>NT o no transformado, cuando $IVR \geq 70\%$, esto es, al menos 70% de la vegetación primaria permanece en una unidad. NT corresponde a Sostenibilidad Alta (SA). PT o parcialmente transformado, cuando $70\% > IVR > 30\%$: Sostenibilidad Media (SM) MT o muy transformado, cuando $30\% > IVR > 10\%$: Sostenibilidad Baja (SB) CT o completamente transformado, para IVR</p>

Fuente: Márquez, 2000

2. RESULTADOS

2.1 DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA

Las figuras 4 y 5 presentan los mapas de cobertura de la tierra generados para los dos años estudiados (1992 y 2016). La interpretación de las imágenes Landsat 4TM y Landsat 8 OIL dio como resultado once tipos de coberturas; en la figura 6 se presenta la extensión de cada una de las coberturas para cada año, en el año 1992 no se identificó la cobertura antrópica denominada 'Mosaico de pastos y cultivos' y para el año 2010 la cobertura natural denominada Bosque abierto.

Figura 4. Mapa de coberturas de la tierra para el año 1992

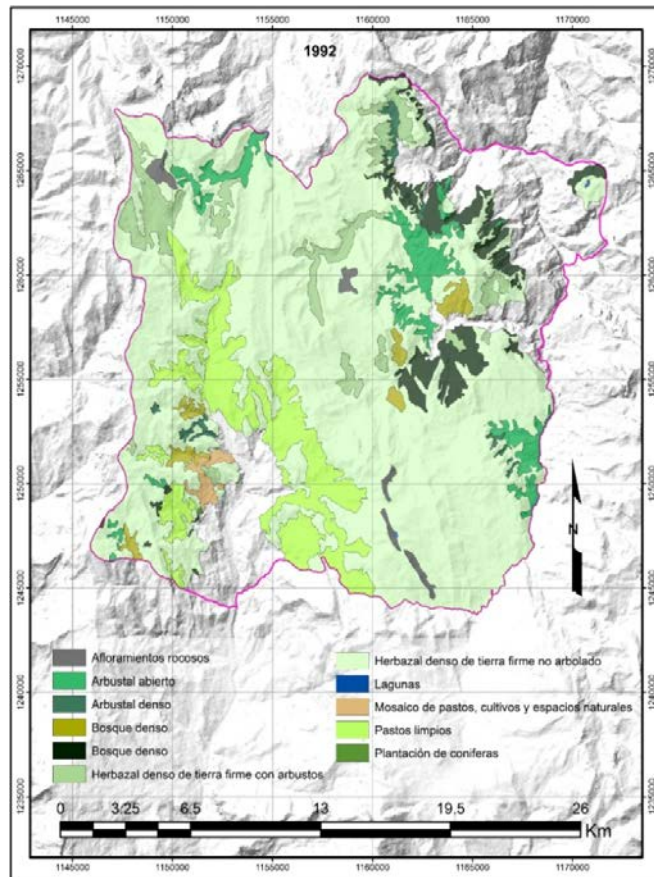


Figura 5. Mapa de coberturas de la tierra para el año 2016

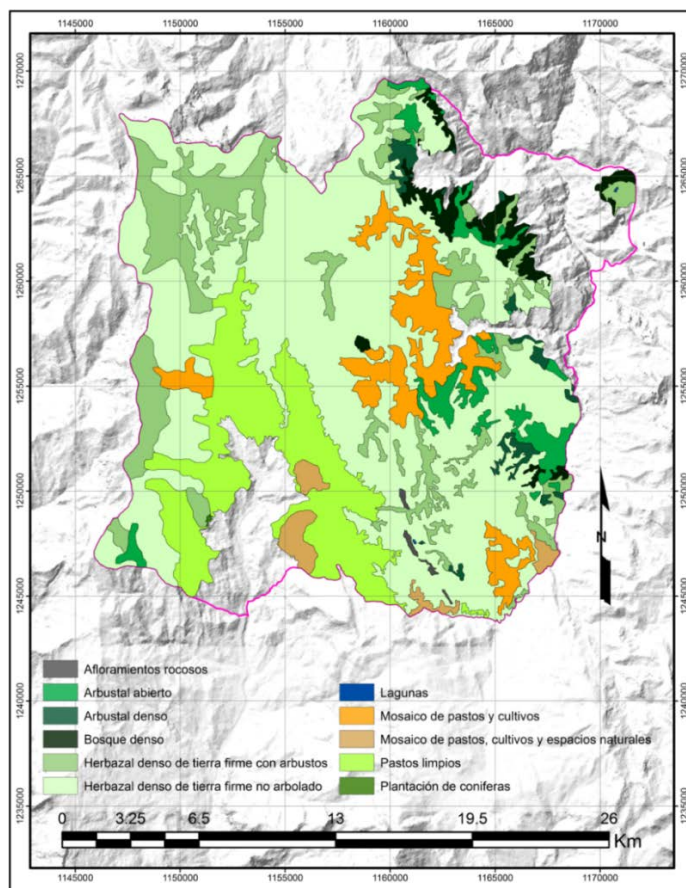
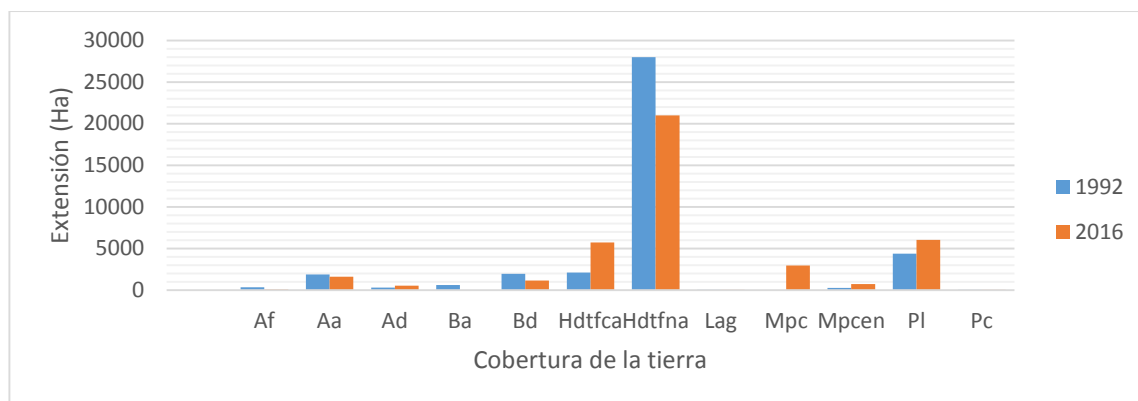


Figura 6 Extensión de cada una de las coberturas de la tierra para los años 1992 y 2016



Se encontró que para el año 1992, la superficie del Herbazal denso de tierra firme no arbolado ocupaba el 70% del área total con aproximadamente 27970.82 has y representaba la cobertura predominante del ecosistema de Páramo en el Municipio del Cerrito, en segundo lugar se encontraban los pastos limpios con 4392.72ha, mientras que la plantación de coníferas ocupaba la menor extensión con 7,71 has.

Los resultados para el año 2016 evidencian la disminución en la extensión de la cobertura de mayor área, Herbazal denso de tierra firme no arbolado, a un 53% del área total con 20998.75 has. Sin embargo, la cobertura de Pastos limpios presenta un aumento del 4% para un área total de 6039.89 has. El Herbazal denso de tierra firme con arbustos presentó un aumento bastante significativo en su extensión ya que pasó de un 5% a un 14% con 5743.94 has. Para este año la cobertura que ocupó menor área fueron las Lagunas con 4.87 has.

2.2 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE PAISAJE

Para los dos años estudiados (1992 – 2016) se evidenció igual cantidad de clases de parches presentes en el paisaje, 11 exactamente. Los índices de diversidad de SHANNON y SIMPSON, demostraron para los dos años que hubo una riqueza media y una distribución no tan proporcional del área de las diferentes coberturas. Sin embargo, para el año 2016 hubo una tendencia a la superioridad en los dos índices, lo que indica que la riqueza de fragmentos fue mayor y la distribución del área más equitativa (cuadro 4)

Cuadro 4. Índices de diversidad del paisaje para los años 1992 y 2016

Índices de diversidad	1992	2016
PR	11	11
SHDI	1.1237	1.4786
SIDI	0.4894	0.6715

2.3 MÉTRICAS DE CONFIGURACIÓN A NIVEL DE CLASE.

En los cuadros 5 y 6 se observa los diferentes índices de área, forma y agregación calculados a nivel de clase para los años estudiados.

Cuadro 5. Métricas de configuración a nivel de clase año 1992

Tipo	Métrica	1992										
		Af	Aa	Ad	Ba	Bd	Hdtca	Hdtfna	Lag	Mpcen	PI	Pc
Área	Área (CA)	370,87	1878,03	307,28	611,15	1988,12	2142,18	27979,22	9,54	262,85	4392,52	7,79
	Área (CA)	74,17	134,15	34,14	101,86	79,52	153,01	1472,59	4,77	262,85	732,09	7,79
	Área (CA_SD)	28,28	187,13	38,61	44,67	166,06	185,60	4729,99	0,20	0,00	1259,49	0,00
	Área (CA_CV)	38,13	139,50	113,09	43,86	208,81	121,30	321,20	4,25	0,00	172,04	0,00
	Índice de parche más grande (LPI)	0,31	1,77	0,31	0,50	1,99	1,81	52,71	0,01	0,66	8,84	0,02
Forma	Proporción perímetro/área (PARA_MN)	100,67	147,87	197,96	89,58	189,40	102,07	117,94	242,17	83,32	94,06	188,82
	Proporción perímetro/área (PARA_SD)	25,84	61,76	55,33	23,61	76,03	40,54	74,21	0,85	0,00	49,18	0,00
	Proporción perímetro/área (PARA_CV)	25,66	41,77	27,95	26,36	40,14	39,72	62,92	0,35	0,00	52,28	0,00
	Índice de forma (SHAPE_MN)	2,03	2,56	2,20	2,16	2,04	2,24	2,74	1,30	3,36	3,10	1,29
	Índice de forma (SHAPE_SD)	0,27	1,06	0,61	0,49	0,82	0,71	1,81	0,03	0,00	1,75	0,00
	Índice de forma (SHAPE_CV)	13,11	14,51	27,96	22,83	39,91	31,44	65,96	2,20	0,00	56,36	0,00

Cuadro 5. (Continuación)

Tipo	Métrica	1992										
		Af	Aa	Ad	Ba	Bd	Hdtca	Hdtfna	Lag	Mpcen	PI	Pc
Agregación	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN)	3640,96	400,27	864,02	1642,18	508,31	1186,04	365,77	19023,94	N/A	360,46	N/A
	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_SD)	4165,96	670,64	659,09	873,26	810,47	1006,88	768,36	0,00	N/A	266,66	N/A
	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_CV)	114,42	167,55	76,28	53,18	159,44	84,89	210,07	0,00	N/A	73,98	N/A
	Índice de agregación (AL)	97,32	96,88	95,17	97,42	97,06	97,57	99,00	95,66	97,78	98,37	98,32
	Números de parches (NP)	5,00	14,00	9,00	6,00	25,00	14,00	19,00	2,00	1,00	6,00	1,00

Cuadro 6. Métricas de configuración a nivel de clase año 2016

Tipo	Métrica	2016										
		Af	Aa	Ad	Bd	Hdtca	Hdtfna	Lag	Mpc	Mpcen	PI	Pc
Área	Área (CA)	79,13	1619,84	566,69	1167,93	5744,66	20998,40	4,79	2966,33	744,86	6040,24	7,27
	Área (CA)	15,83	101,24	33,33	73,00	151,18	1749,87	2,40	423,76	186,22	1208,05	3,63
	Área (CA_SD)	9,01	11,01	51,64	82,87	350,59	3106,48	0,03	430,69	88,54	2009,91	3,54
	Área (CA_CV)	56,91	116,57	154,9	113,53	231,91	177,53	1,41	101,64	47,55	166,38	97,52
	Índice de parche más grande (LPI)	0,07	1,08	0,44	0,81	5,30	26,90	0,01	3,40	0,84	12,96	0,02
Forma	Proporción perímetro/área (PARA_MN)	252,24	136,05	291,16	326,77	161,60	72,77	350,79	68,56	64,08	344,08	808,78
	Proporción perímetro/área (PARA_SD)	115,66	74,92	364,76	613,78	241,48	50,33	17,46	26,85	31,63	338,23	524,56

Cuadro 6. (Continuación)

Tipo	Métrica	2016										
		Af	Aa	Ad	Bd	Hdtca	Hdtfna	Lag	Mpc	Mpcen	PI	Pc
Forma	Proporción perímetro/área (PARA_CV)	45,85	55,07	125,28	287,83	149,43	69,16	4,98	39,17	49,36	97,43	64,86
	Índice de forma (SHAPE_MN)	2,00	2,11	1,72	2,09	2,29	3,15	1,33	2,55	1,96	2,49	1,44
	Índice de forma (SHAPE_SD)	0,26	0,76	0,79	0,77	0,92	2,34	0,05	1,24	0,70	1,42	0,44
	Índice de forma (SHAPE_CV)	12,84	36,11	45,86	36,77	40,19	74,16	3,57	48,43	35,74	56,85	30,77
Agregación	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN)	2999,48	1373,27	670,32	770,69	498,71	223,44	19124,39	1770,01	2323,74	645,17	42,43
	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_SD)	5029,54	3389,79	755,46	1587,56	760,84	142,39	0,00	2569,9	1573,74	988,44	0,00
	Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_CV)	167,68	246,84	112,7	205,99	152,56	63,73	0,00	145,19	67,72	152,59	0,00
	Índice de agregación (AL)	94,49	97,19	96,04	96,76	97,59	98,77	93,43	98,23	98,52	99,09	94,10
	Números de parches (NP)	5,00	16,00	17,00	16,00	38,00	12,00	2,00	7,00	4,00	5,00	2,00

2.4 ÍNDICES DE ÁREA

Analizando los datos a nivel de clase obtenidos para los años estudiados, se puede observar en los cuadros 5 y 6 que por un amplio margen en la temporalidad elegida el Herbazal denso de tierra firme no arbolado (Hdtfna) es la cobertura más representativa dentro del paisaje de Páramo en el Municipio del Cerrito, Santander. En el año 1992 ocupó 27979.22 ha, estuvo representado por 19 fragmentos con un tamaño promedio de 1472.59 ha y un coeficiente de variación de 321.20%, mientras que para el año 2016 su extensión total fue de 20998.40%, con 12 fragmentos con un tamaño promedio de 1749.87 ha y un coeficiente de variación de 177.53%.

Los pastos limpios (PI) fueron el segundo tipo de coberturas más representativo en el paisaje de Páramo en el año 1992 presentando una pequeña cantidad de polígonos con tamaños relativamente grandes de aproximadamente 732.09ha. Sin embargo, para el año 2016 la cobertura que ocupó el segundo lugar en representatividad fue el herbazal denso de tierra firme con arbustos (Hdtca), cobertura que presentó un aumento significativo en el número de fragmentos, paso de 14 a 38, con tamaños promedio de 153,01 y 151,18ha, siendo una de las coberturas más fragmentadas.

Las plantaciones forestales, corresponden solamente al 0.01% en los años de 1992 y 2016, encontrándose 1 y 2 fragmentos, con áreas promedio de 7,79ha y 7,27ha, para cada año, respectivamente.

2.4.1 Índice del parche más grande (LPI). El fragmento más grande para el año 1992 pertenece a una cobertura natural, Herbazal denso de tierra firme no arbolado y ocupó un 52.71%, seguido por el fragmento de pastos limpios con un valor de 8.84% y el bosque denso con un 1.99%. Las coberturas que presentaron el porcentaje más bajo para este índice fueron las lagunas y la plantación de coníferas. En el año 2016, la cobertura con el parche más grande sigue siendo el herbazal denso de tierra firme no arbolado, sin embargo, este valor con respecto al de 1992

disminuyó considerablemente a un valor porcentual de 26.90%, seguido de los pastos limpios que aumento a un 12.96% y las coberturas con el parche más pequeño siguieron siendo las lagunas y las plantaciones de coníferas con valores que se mantuvieron estables, respecto a los del año anterior.

2.5 ÍNDICES DE FORMA

La complejidad en la forma de los parches en los dos años de estudio mediante la variabilidad de dos métricas: el índice de proporción perímetro/ área (PARA) y el índice de forma (SHAPE).

En general para el índice de proporción perímetro/área (PARA) aumentaron en los años estudiados en las coberturas analizadas. En 1992 la cobertura que presento el valor más alto fue la de lagunas con un 242.17, seguido del Arbustal denso (Ad) con 197.96, posteriormente el Bosque denso con 189.40, la cobertura que presento el menor valor para este índice fue el mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpcen) con 83.32. Para el 2016 las coberturas que presentaron el mayor valor en este índice fueron: Plantación de coníferas (808.78), Lagunas (350.79) y Pastos limpios (344.08), el menor valor lo presento el Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales con (64.08).

De acuerdo con los cuadros 5 y 6 se puede concluir que en el año 1992 la cobertura Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales presento mayor tendencia a la irregularidad, es importante aclarar que esta cobertura solo presento 1 fragmento, seguido de los pastos limpios y el herbazal denso de tierra firme con arbustos. En el año 2016 las coberturas que presentaron mayor irregularidad fueron: Herbazal denso de tierra firma no arbolado, mosaico de pastos y cultivos y los pastos limpios. De manera general, esto permite deducir que las diferentes coberturas presentan formas irregulares, exceptuando las plantaciones de coníferas, que es la cobertura más compactada, es decir, la que más tiene tendencia a la forma circular.

2.6 ÍNDICES DE AGREGACIÓN

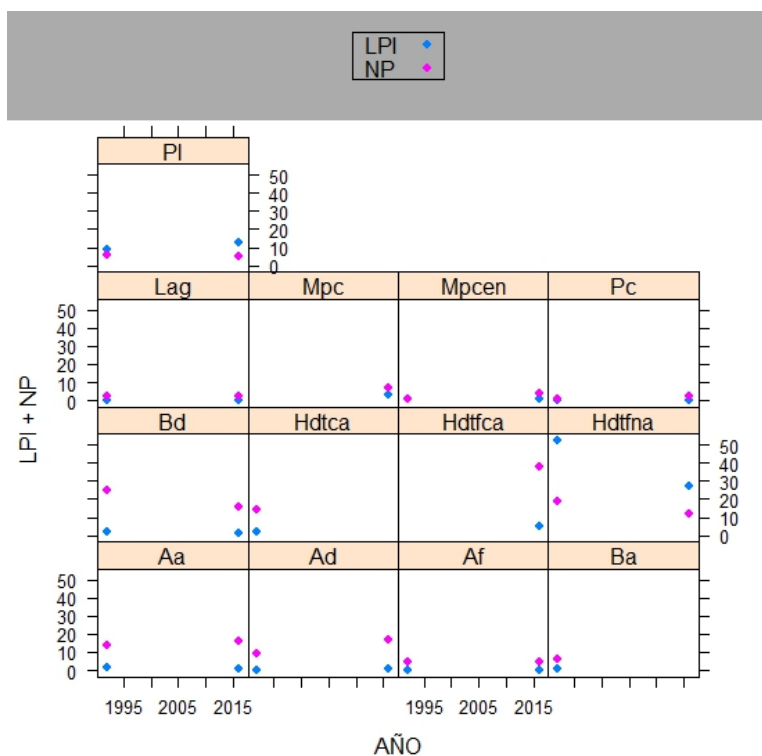
2.6.1 Distancia Euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN). Con base en los resultados para esta escala de interpretación es posible afirmar que en promedio, los pastos limpios fue la cobertura con los fragmentos más cercanos en 1992 y las plantaciones de coníferas en 2016. En cercanía de promedios siguen el Herbazal denso de tierra firme no arbolado en los dos años. Finalmente se presume que las lagunas y los afloramientos rocosos son las coberturas analizadas más aisladas. Las coberturas herbazal denso de tierra firme no arbolado y el arbustal abierto en los dos años presentan los valores del coeficiente variación más altos, lo que puede indicar que estos polígonos se encuentran en medio de fragmentos más grandes de otras coberturas.

2.6.2 Índice de agregación. En el año 1992 el índice de agregación para todas las coberturas presento valores superiores al 95%, lo cual indica que estas coberturas correspondieron a vegetación densa y continua, siendo el herbazal denso de tierra firme no arbolado la cobertura con mayor valor porcentual con el 99%. Para 2016 tres coberturas presentaron valores inferiores al 95%, estas fueron: Afloramientos rocosos con 94.49%, plantación de coníferas con 94.10% y las lagunas con 93.43%, se puede inferir que estos valores corresponden a vegetación discontinua, dispersa o bordes.

2.7 RELACIÓN NÚMERO DE PARCHES (NP) E ÍNDICE DEL PARCHE MÁS GRANDE (LPI)

En la figura 7 se presenta la relación entre el número de parches (NP) y el índice de parche más grande (LPI) para los dos años estudiados. En los pastos limpios el NP disminuyó, pero el LPI aumentó, en las lagunas estos valores se mantuvieron estables, mientras que el mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales las dos variables aumentaron, en las plantaciones de coníferas el NP aumento y el LPI se mantuvo estable, en el bosque denso el NP disminuyo considerablemente y el LPI presento un comportamiento estable, el Herbazal denso de tierra firme con arbustos tuvo un alza significativa en los dos índices, el Herbazal denso de tierra firme no arbolado se redujo notoriamente en los dos índices, el arbustal abierto presento un aumento en el NP y el LPI se mantuvo constante, similar comportamiento evidencio el arbustal denso, los afloramientos rocosos se mantuvieron estables.

Figura 7. Relación del Número de parches (NP) e índice del parche más grande (LPI)



2.8 ÍNDICE DE VEGETACIÓN REMANENTE IVR

Se consideró el índice de vegetación remanente IVR para calcular la capacidad del ecosistema para sostener funciones ecológicas, servicios para la sociedad y su relación con la sostenibilidad; para el cálculo del IVR solo se tuvieron en cuenta las coberturas naturales (cuadro 7).

Cuadro 7. Indicador tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra

Cobertura	1992	2016
	IVR (%)	IVR (%)
Afloramientos rocosos	0.92	0.19
Arbustal abierto	4.70	4.05
Arbustal denso	0.76	1.41
Bosque abierto	1.53	0
Bosque denso	4.97	2.92
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	5.36	13.62
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	70.03	52.57

El cuadro evidencia las coberturas naturales con su respectiva proporción respecto al área ocupada para 1992 y 2016. Para conocer el índice se realizó la sumatoria de las áreas de las coberturas naturales y luego se dividió en el área total del páramo y se multiplico por 100.

El análisis general para el Páramo en el Municipio del Cerrito, Santander se evidencia una sumatoria de 88.29 y 74.79 has para cada año, respectivamente, lo cual indica que el páramo se encuentra NT o no transformado y con Sostenibilidad Alta (SA). Sin embargo, se evidencia la tendencia de disminución del índice a lo largo del tiempo, lo cual implica que la transformación aumente y la sostenibilidad baje.

3. DISCUSIÓN

Se han presentado procesos de deforestación y pérdida de oberturas naturales a causa de cambios en el uso del suelo, en el municipio del Cerrito, Santander, se puede ver evidenciado por la pérdida de áreas de coberturas como el Herbazal denso de tierra firme no arbolado, los afloramientos rocosos y el arbustal abierto que tienen un porcentaje de pérdida del 17.46%, 0,73% y 0,65%, respectivamente, y una expansión de las áreas agrícolas aumentando la cobertura de pastos en un 4.13% y el mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales en 1.21%. Esto está en concordancia por lo reportado por Armenteras et al¹⁴ en el documento “Análisis preliminar de patrones del paisaje en paisajes rurales ganaderos”, en donde afirma que los páramos se encuentran naturalmente fragmentados a nivel regional debido a su distribución geográfica y a la heterogeneidad del paisaje.

En relación a las métricas del paisaje se evidencian procesos de fragmentación debido a que en la mayoría de las coberturas aumento el número de parches y la distancia euclidiana, mientras que el área media de estas disminuyó. Se evidenciaron procesos de expansión de la cobertura antrópica, pastos limpios. En estudios realizados en páramos del Municipio de Gutiérrez, Cundinamarca¹⁵, se encontró que coincide con lo reportado en este estudio, ya que las actividades agrícolas generan un impacto negativo sobre las coberturas de la tierra que afectan la sostenibilidad del suelo.

El índice de vegetación remanente evidenció para la escala analizada 1:30.000 que el Páramo en el Municipio del Cerrito, Santander se encuentra NT o no transformado

¹⁴ARMENTERAS, D; GAST, F y VILLAREAL, H. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. [En línea]. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. Pág. 250 (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: [www.cimun.unal.edu.co/.../armenteras%20et%20al_bc_03\(1\).pdf](http://www.cimun.unal.edu.co/.../armenteras%20et%20al_bc_03(1).pdf)

¹⁵LEÓN, D. (2014). Diagnóstico de la fragmentación antropogénica del paisaje para el municipio de Gutiérrez Cundinamarca. Tesis de Maestría en Diseño y Gestión de Procesos. Chía: Universidad de La Sabana, Facultad de Ingeniería, 2014, 56p.

y con una Sostenibilidad Alta (SA), sin embargo, lo reportado por Calle ¹⁶para la provincia norandina, en los distritos: selvas nubladas orientales de la cordillera oriental, distrito de páramo cordillera oriental y selvas nubladas occidentales cordillera oriental, en los cuales se enmarca nuestra área de estudio, el IVR a la escala 1:1'500.000 expresa la categoría de transformación como PT o parcialmente, transformado y M con sostenibilidad media. Esta variación se debido a la escala, entre más grande la escala la precisión se pierde.

Por el análisis de la configuración del paisaje espacial y temporalmente brinda criterios para el ordenamiento territorial, ya que al conocer la dinámica de transformación de los mismos se pueden incluir en el diseño de estrategias de conservación asociadas al uso del suelo.

¹⁶MARQUEZ, G. Op. Cit., p. 8

4. CONCLUSIONES

EL análisis multitemporal permitió hacer una comparación de las coberturas de la tierra a escala 1:30.000 del Páramo el Almorzadero, jurisdicción del Cerrito, Santander entre los años 1992 y 2016. Como fenómenos de interés se pudieron observar los procesos de fragmentación e intensificación de actividades antrópicas, también se puede inferir que el aumento de una cobertura antrópica y la disminución de una cobertura natural son debido a los procesos de quema que llevan a cabo los lugareños.

El aumento del número de parches y la distancia euclidiana producen el rompimiento de áreas de vegetación continua y la disminución del área media causado la fragmentación del paisaje y la pérdida de coberturas naturales propias del ecosistema de paramo. Las áreas con menor afectación a causa de la acción antropogenica, son aquellas en donde la topografía impide la accesibilidad y el clima presenta temperaturas demasiado bajas.

La heterogeneidad del paisaje ha aumentado la dominancia durante la temporalidad estudiada, lo cual explica el aumento de la transformación de territorios para la realización de diferentes actividades económicas.

El índice de vegetación remanente cataloga al área de estudio como NT o no transformada y con sensibilidad alta (SA). Sin embargo, se hace necesario adoptar medidas de ordenamiento territorial más acertadas que permitan la correcta conservación del ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

ARMENTERAS, D; GAST, F y VILLAREAL, H. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. [En línea]. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. Pág. 245 – 256. (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: [www.cimun.unal.edu.co/.../armenteras%20et%20al_bc_03\(1\).pdf](http://www.cimun.unal.edu.co/.../armenteras%20et%20al_bc_03(1).pdf)

BALSLEV, H., & LUTEYN, J. L. Páramo; an Andean ecosystem under human influence. London; San Diego: Academic Press, 1992. 282p.

CABRERA, E.; GALINDO, G. & VARGAS, D.M. Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia, Nivel Nacional Escala Gruesa y Fina. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2011. 44 p.

CHUVIECO S, E. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Tercera edición. Barcelona, España: Editorial Ariel S. A., 2008. 586p.

CORTÉS D, J. & SARMIENTO P, C. E. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana. Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013, 252p.

DUNNING, John B.; DANIELSON, Brent J. y PULLIAM, H. Ronald. Ecological Processes That Affect Population sin Complex Landscapes. [En línea]. En: Oikos, Vol.65, No.1.Oct.,1992,pp.169-175.(Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: <http://links.jstor.org/sici?sici=0030-1299%28199210%2965%3A1%3C169%3AEPTAPI%3E2.0.CO%3B2-W>

GREENPEACE, C. Cambio climático: Futuro negro para los páramos. [En línea]. Colombia: Greenpace, Noviembre, 2009. (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: <http://www.greenpeace.org/colombia/es/Informes/Cambio-Climatico-Futuro-negro-para-los-paramos/>

GUHL, E. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Bogotá: Jardín Botánico José Celestino Mutis, 1982, 127p.

LEÓN, D. (2014). Diagnóstico de la fragmentación antropogénica del paisaje para el municipio de Gutiérrez Cundinamarca. Tesis de Maestría en Diseño y Gestión de Procesos. Chía: Universidad de La Sabana, Facultad de Ingeniería, 2014, 68p.

LORENZETTI, Ricardo Luis. Teoría del derecho ambiental. [En línea]. México: Porrúa, 2008, 195p. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/226894734/Teoria-Del-Derecho-Ambiental-Lorenzetti-Ricardo-Luis>

MACGARIGAL, Kevin, *et al.* FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Oregón USA.: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2002. p.122.

MARQUEZ, G. Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. [En línea]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Gestión y Ambiente, 2000. 33-49. (Recuperado en Mayo de 2017) Disponible en: www.idea.unal.edu.co/publica/docs/veg-pob-huella-eco.pdf

MELO, Luis y CAMACHO, Milton. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamiento de cobertura y uso de la tierra. Centro de investigación y Desarrollo de Información Geográfica-CIAF. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2005. Bogotá D. C: Colombia. 156 p.

MORALES BETANCOURT, Juan Alejandro y ESTÉVEZ-VARÓN, Jaime Vicente. El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción?. [En línea]. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas, Revista Luna Azul, núm. 22, enero-junio, 2006, pp. 39-51. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: www.redalyc.org/pdf/3217/321727224004.pdf

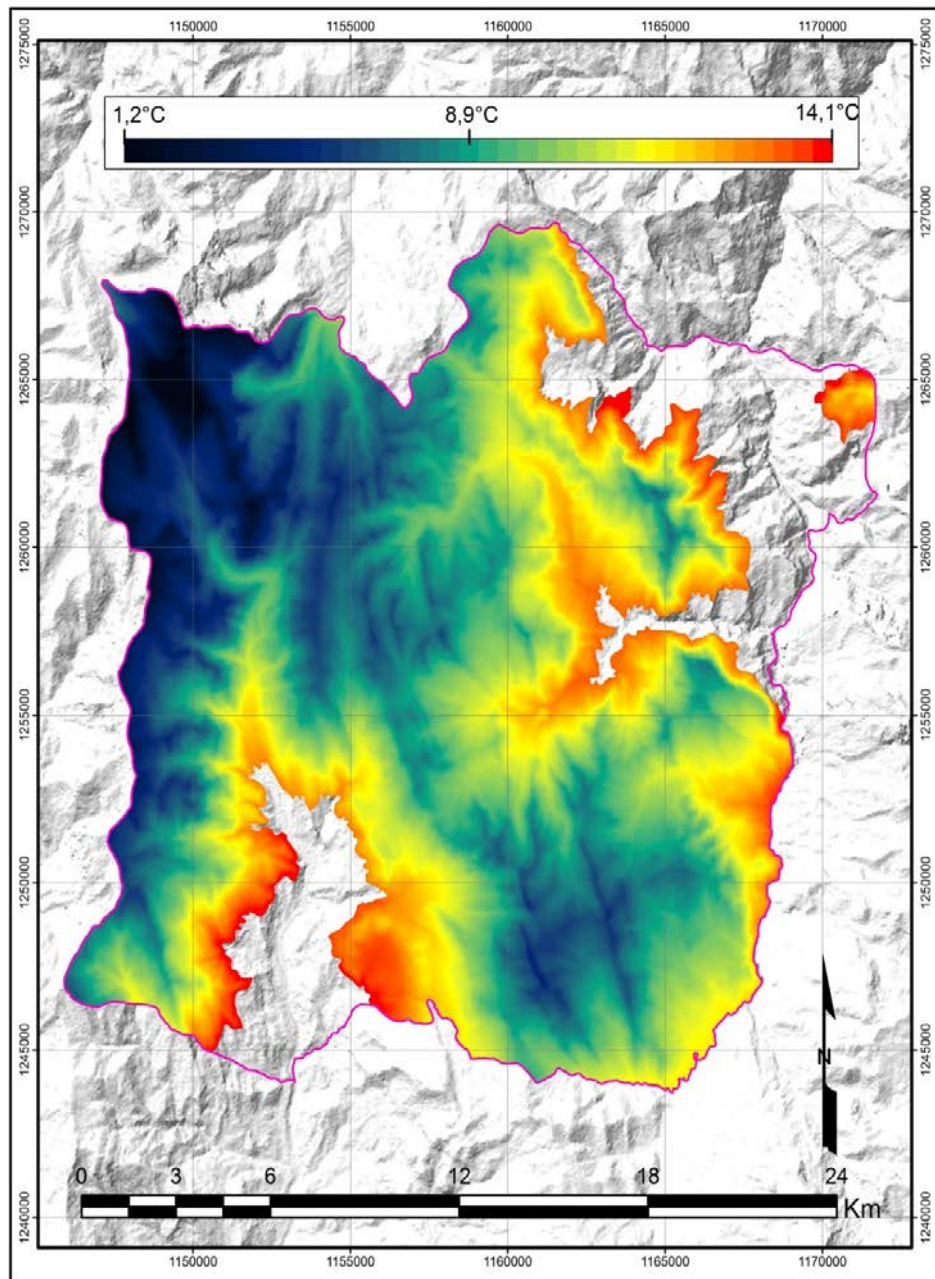
MORALES R., Mónica *et. al.* Atlas de páramos de Colombia. [En línea]. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2007, 208p. (Recuperado en Mayo de 2017). Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/es/estado-de-los-recursos-naturales/item/299-atlas-de-paramos-de-colombia>.

VILA SUBIRÓS, Josep. *et. al.* Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. [En línea]. En: Documents d'Anàlisi Geogràfica, 2006, núm. 48, p. 151-166. (Recuperado en Mayo

de 2017). Disponible en: www.web2.udg.edu/.../Conceptos%20y%20métodos%20fundamentales%20en%20ecología...

APENDICE

A continuación se presenta el mapa de temperaturas elaborada para el área de estudio.



Mapa de temperaturas para el área de Páramo del Municipio del Cerrito, Santander.

Anexo A. Coberturas de la tierra, ecosistema de Páramo, Cerrito, Santander

Aquí se presenta una descripción detallada de cada una de las coberturas identificadas dentro del área de estudio. Se tuvo en cuenta el catálogo de coberturas de la tierra Colombia (IDEAM). Las coberturas de la tierra identificadas fueron las siguientes:

Código	Cobertura	Descripción IDEAM
2.3.1	Patos limpios	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.
2.4.3	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.
3.1.1	Bosque denso	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999)

Código	Cobertura	Descripción IDEAM
3.1.5	Plantación de coníferas	Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).
3.1.2	Bosque abierto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).
3.2.1.1.1.1 1	Herbazal de tierra firme no arbolado	Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso de tierra firme, donde no existe presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos, o en caso de existir en ningún caso representarán más de 2% del área total de la unidad. Se localizan principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima, como la altillanura de la Orinoquía, y las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña.
3.2.1.1.1.3 3	Herbazal de tierra firme con arbustos	Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total de la unidad, los cuales se localizan en áreas con limitantes edáficos, generalmente en alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña.
3.2.2.1	Arbustal denso	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999)

Código	Cobertura	Descripción IDEAM
3.2.2.2	Arbustal abierto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
3.3.2	Afloramiento rocoso	Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciár. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas.
5.1.2	Lagunas	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.

Anexo B. Software empleado para el procedimiento metodológico

La siguiente tabla presenta la descripción y uso del software empleados para desarrollar el presente estudio.

Software	Descripción	Uso
ArcGis 10.3	Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, Bajo el nombre genérico ArcGis se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.	Este software fue empleado para generar y realizar los procedimientos con las imágenes satelitales, además de generar los mapas de coberturas de la tierra para cada uno de los años estudiados.
Fragatas	Es un software de código abierto diseñado para calcular diferentes métricas del paisaje a través de tres niveles: Parche, Clase y Paisaje.	Utilizado para el cálculo y análisis de las siguientes métricas a nivel de clase: Área (CA), Índice de parche más grande (LPI), Proporción perímetro/área (PARA_MN), Índice de forma (SHAPE_MN), Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN_MN), Índice de agregación (AI), Número de parches (NP) y a nivel de paisaje: Riqueza de parches (RP), Índice de Shannon (SHDI) e Índice de Simpson (SIDI).