

Universidad de Los Andes

Facultad de Ciencias

Departamento de Biología

Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE)

Mérida- Venezuela

**CAMBIO DE LA COBERTURA CON ÉNFASIS EN LA
TRANSFORMACIÓN DE LOS ARBUSTALES EN EL PÁRAMO DE
GAVIDIA, MÉRIDA- VENEZUELA.**

Bachiller: Krisbel Nathaly Carrero Zambrano

Tutora: Prof(a). Anairamiz Aranguren

Co-tutor: Prof. Javier García

Mérida - Venezuela

Enero – 2021

DEDICATORIA

A mis ángeles en el cielo

A mi Princesa, mi bella hija, Paula Victoria, te dedico este trabajo como muestra de que en la vida todo se puede alcanzar, sin importar cuantas veces nos caigamos, los sueños y las metan se logran, todo depende del amor con el que las hagas. Llegaste en el momento preciso a enseñarme el valor de cada cosa por pequeña que sea, gracias por ser luz e impulso para la culminación de este sueño. Espero poder ser su ejemplo a seguir.

Te Amo muñequita.

A mis sobrinitos, este logro también es para ustedes. Los Amo

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Anairamiz Aranguren, llegaste como un ángel para iluminar mi camino, gran apoyo durante la realización de la investigación, aportando sus conocimientos los cuales fueron necesarios desde el comienzo del trabajo. Gracias por la paciencia, colaboración y por lo atenta que fuiste en todo momento. Te llevare en mi corazón siempre. Gracias por tanto.

A la investigadora Julia Smith, tanto que agradecerte que expresarlo con palabras se queda corto, sin ti nada de esto hubiese sido posible. Me guiaste cuando sentí no encontrar ningún rumbo, tomaste mi trabajo como si fuese tuyo. Te estaré eternamente agradecida.

A la profesora Mayanín Rodríguez Morales, por su comprensión, por cada palabra de aliento, por encaminarme en cada momento que fue necesario, por estar siempre dispuesta a ayudarme cuando más lo necesite.

A la geógrafa Greis Graterol, por su disponibilidad y amabilidad de ayudarme en los momentos que necesite tu ayuda para trabajar en los programas de los que hice uso durante el desarrollo de este trabajo.

A Bladimiro, gracias por su disposición y ayuda en cada salida de campo.

A la facultad de Ciencias, por acogerme desde el día 1 para potenciar mis conocimientos en cada una de sus aulas y formarme como profesional.

A los técnicos del Instituto, gracias por el apoyo.

A mis profesores, gracias por impartir cada una de sus clases, así como sus conocimientos y experiencias, base fundamental durante mi formación académica.

Al Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), por abrirme las puertas para el desarrollo de mi investigación.

Al jurado evaluador, gracias por el tiempo, esfuerzo y constancia en cada etapa de este maravilloso trabajo.

Y por supuesto, a mi Universidad, la ilustre Universidad de los Andes, por ser de mi lo que soy hoy día, permitiéndome crecer profesionalmente, en ella adquirí las herramientas y conocimientos necesarios para este gran logro.

A todos, infinitas GRACIAS por mis guías...!

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su apoyo, amistad, compañía, amor y comprensión en cada una de las etapas de mi vida. Algunas siguen estando conmigo y otras están en mi recuerdo y en el corazón, pero sin importar donde estén, si llegan a leer estos agradecimientos, quiero darle las más sinceras gracias por seguir formando parte de mí y por todo lo que me han brindado a lo largo de este recorrido...

A DIOS padre celestial, por haberme acompañado y ser mi guía durante mi carrera, por darme la fuerza cuando sentí no poder más, por mantenerme de pie, firme, constante y perseverante, llenas mi vida de felicidad, experiencias y aprendizajes. Tu tiempo es perfecto mi Dios, este logro también es para ti.

A mi querida Madre, Maritza Zambrano, pilar fundamental a lo largo de mi vida, sin tu apoyo nada de esto hubiese sido posible. Gracias infinitas por todo tu esfuerzo, consejos, motivación en cada paso de la carrera y sobre todo, por darle a mi hija el doble o más del amor incondicional y puro que siempre me has dado. Te Amo Mamá bella. No me equivoco al decir que eres la mejor mamá del mundo.

Este triunfo es tuyo.

A mi padre, Gregorio Carrero, gracias por enseñarme que mamá puede con todo, eso me impulsó a seguir adelante y ser cada día mejor en este arduo camino.

A mis hermanos, William, Angela, Jonathan, Edson, gracias por ser los mejores hermanos del mundo, por brindarme amor y consejos, quienes me apoyaron al inicio de esta aventura, a pesar de que no están a mi lado en esta etapa que culmino, están conmigo de corazón y sé que están orgullosos de mí por lo que soy hoy día. Juntos aprendimos a seguir adelante sin importar las circunstancias. Este logro es de ustedes amores bellos. LOS AMO ENORMEMENTE. Nunca olvidaré: Quien dijo que sería fácil?.

A mi hermano Alfredo Oballos y a mi Cuñada Nakarí Torres, gracias por llegar a mi vida en el momento justo y preciso, gracias por cada palabra de aliento, por la motivación, por cada detalle, por cada ayuda cuando más lo necesite. Los aprecio enormemente.

A mi amor, un ser especial en mi vida con un corazón noble, gracias por apoyarme y motivarme en cada una de mis metas, por estar a mi lado cuando más lo he necesitado, sin tu apoyo y comprensión esto no hubiese sido posible. Gracias por quererme y ser mi compañero de Vida. Te Amo...

A la familia Contreras Arias, por abrirme las puertas de su casa desde el inicio de esta aventura, quienes me acogieron como una hija más durante el desarrollo de mi carrera. Dios les pague.

A mis amigas que la carrera me regalo, Libzaira Gómez y María Angela Araujo, quienes se convirtieron en mi apoyo incondicional desde el primer momento que nos cruzamos en un aula de clases, con ustedes compartí alegrías y tristezas, triunfos y fracasos, se convirtieron en parte de mi familia. Gracias por aportar opiniones e ideas tanto en este trabajo como en cada una de las materias que cursamos juntas. Las quiero con el alma...!

A mis compañeras que emprendieron junto a mí el camino por la pasión de la Biología. El cariño es inmenso. Las llevo conmigo siempre!

A mis amigas de residencia durante el desarrollo de mi carrera, Verónica Ramírez y Dairi Molina, con ustedes compartí momentos gratos. Las llevo en mi corazón siempre.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma son parte de este logro y lo celebran conmigo...

GRACIAS, MIL GRACIAS...!

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

Las presiones antrópicas en el Páramo de Gavidia están deteriorando la vegetación natural y el hábitat de especies endémicas. Los arbustales es la formación vegetal más afectada, siendo la unidad de menor superficie pero la de mayor riqueza y diversidad. El objetivo de la investigación fue evaluar los cambios de la cobertura vegetal en el páramo de Gavidia, con énfasis en la transformación de los arbustales, por medio de la interpretación de una foto aérea de 1999, una imagen satelital de 2018 y fotos panorámicas del 2019. Para ello, se georreferenció y fotointerpretó la foto con QGIS 2.18 y la imagen satelital con el programa ILWIS 3.2 obteniéndose la superficie, el % de área total que ocupan cada una de las coberturas presentes y otros parámetros. Se encontró que para 1999 los arbustales ocupaban 118,82 ha mientras que en el 2018 se redujo a 109,32 ha, pérdida que conlleva al establecimiento de parcelas destinadas a la agricultura, ya que estas ocupaban para 1999, 182,34 ha, pasando a ocupar para el 2018, 195,68 ha. Por otra parte, se encontró que los arbustales han perdido desde 1999 al 2018, 9,5 ha, además de ser la unidad con mayor fragmentación.

Palabras claves: Arbustales, cambios de la cobertura, deforestación, formaciones vegetales, fragmentación, páramo, SIG.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	6
INDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1.-LA TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTA EN LOS ANÁLISIS MULTITEMPORALES	21
1.2.-SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	24
1.2.1.- TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	25
1.2.2.- GEORREFERENCIACIÓN	26
1.3.- POTENCIALIDAD DEL USO DE INFORMACIÓN ESPACIAL EN LA ECOLOGÍA	27
2.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS	34
3.1.- PREGUNTA	34
3.2.- HIPÓTESIS:	34
4.- JUSTIFICACIÓN	35
5.1.- OBJETIVO GENERAL	38
5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
6.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39

6.1.- UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
6.1.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA	39
6.1. 2.- EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
6.2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURALES	40
6.2.1.- CLIMA	40
6.2.2.- SUELOS	41
6.2.3.- HIDROGRAFÍA	41
6.2.4.- COBERTURA DE LA TIERRA	42
6.2.4.1.- VEGETACIÓN	42
6.2.5.- RELIEVE Y GEOMORFOLOGÍA	44
6.2.6.- GEOLOGÍA	44
6.2.7.- POBLACIÓN HUMANA: GAVIDIA-VALLE LAS PIÑUELAS	45
<u>7.- ASPECTOS METODOLÓGICOS</u>	<u>45</u>
7.1.- REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN	46
7.2.- SELECCIÓN DE LAS IMÁGENES A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN	46
7.3.- VISITAS DE RECONOCIMIENTO EN CAMPO	47
7.4.- GEORREFERENCIACIÓN DE LA FOTO AÉREA DEL AÑO 1999 Y DE LA IMAGEN SATELITAL DEL AÑO 2018 CON UN SIG	48
<u>7.5 ANÁLISIS DE CAMBIOS DE LA COBERTURA</u>	<u>58</u>
<u>8.- RESULTADOS</u>	<u>58</u>
8.1.- ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE COBERTURA DE LA TIERRA DEL AÑO 1999- 2018	58
8.2.- ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS OCURRIDOS EN LA COBERTURA DE LA TIERRA PRESENTES EN EL VALLE LAS PIÑUELAS. PERIODO 1999 – 2018.	69
<u>9.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</u>	<u>73</u>
<u>10.- CONCLUSIONES</u>	<u>82</u>
<u>11.- RECOMENDACIONES</u>	<u>83</u>
<u>12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>84</u>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riqueza, diversidad y equidad de especies estimada de las formaciones vegetales del páramo de Gavidia.....35

Tabla 2. Superficie total, altitud y pendiente promedio de las formaciones vegetales identificadas en el páramo de Gavidia (Venezuela).....36

Tabla 3. Número de especies únicas, endémicas, exóticas y amenazadas de las formaciones vegetales presentes en Gavidia.....36

Tabla 4. Superficie en hectáreas que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para los años 1999 - 2018.....63

Tabla 5. Superficie en hectáreas del cambio de la cobertura de la tierra del Valle Las Piñuelas en Gavidia entre los años 1999-2018.....67

Tabla 6. Número, tamaño promedio de los fragmentos, parche mayor y menor de tres tipos de coberturas que hacen vida en la localidad de Las Piñuelas.....67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la agricultura tradicional en los páramos de Venezuela.....	20
Figura 2. Elementos que forman un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	23
Figura 3. Sistema de coordenadas transversal de Mercator.....	28
Figura 4. Extensión del área de estudio.....	38
Figura 5. Climadiagrama Gavidia.....	39
Figura 6. Mapa del páramo de Gavidia, señalando la zona de estudio, la hidrografía, las zonas de actividad agrícola y la distribución de las viviendas.....	40
Figura 7. Mapa de cobertura, mostrando la zona agrícola y las formaciones vegetales presentes.....	42
Figura 8. Esquema metodológico de la investigación.....	44
Figura 9. Vista en pantalla del programa MapSource para la transferencia de puntos desde el GPS a la computadora.....	46
Figura 10. Herramienta para importar la imagen de satélite y la foto aérea al programa ILWIS 3.2.....	47
Figura 11. Herramienta para la creación de la georreferenciación de la foto aérea e imagen satelital del páramo de Gavidia del año 1999 y 2018 respectivamente.....	48

Figura 12. Herramienta para la elaboración de los mapas de segmentos para definir los límites de las coberturas vegetales y para crear los mapas de hidrología, caminos y carreteras, límite de la cuenca Las Piñuelas.....49

Figura 13. Herramientas para la corrección del mapa de segmentos de límites de coberturas vegetales del páramo de Gavidia.....50

Figura 14. Procedimiento de corrección y chequeo de los segmentos del mapa de límites de coberturas.....50

Figura 15. Herramienta para crear el mapa de puntos para la asignación de cada categoría correspondiente a la cobertura de la tierra.....51

Figura 16. Transformación del mapa de segmento a un mapa de polígono de las coberturas de la tierra.....51

Figura 17. Herramienta empleada para el corte del mapa de coberturas de la tierra 2018.....52

Figura 18. Herramienta para crear el mapa de salida de coberturas 2018.....52

Figura 19. Herramienta para crear el archivo Shapelite del mapa coberturas del 2018 del valle Las Piñuelas.....53

Figura 20. Panel de capas seleccionadas para crear la interpretación visual sobre pantalla de la foto de 1999.....54

Figura 21. Tabla de atributos de cobertura de la tierra para el año 2018 y 1999.....	54
Figura 22. Herramienta para la transformación del mapa de segmento a un mapa de polígono de las coberturas de la tierra 1999.....	55
Figura 23. Herramienta para el cálculo de área de las coberturas.....	55
Figura 24. Herramienta para la intersección de los mapas 1999-2018.....	56
Figura 25. Arbustal.....	57
Figura 26. Rosetal – arbustal alto.....	57
Figura 27. Rosetal – arbustal bajo.....	58
Figura 28. Arbustal.....	58
Figura 29. Rocas.....	59
Figura 30. Humedal.....	59
Figura 31. Cobertura de la tierra para el año 1999.....	61
Figura 32. Cobertura de la tierra para el año 2018.....	62
Figura 33. Superficie en porcentaje (%) que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para el año 1999.....	63

Figura 34. Superficie en porcentaje (%) que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para el año 2018.....64

Figura 35. Superficie en hectáreas de las categorías de coberturas de la tierra para el año 1999 -
2018.....66

Figura 36. Presión antrópica (deforestación) a la cual han sido sometidos los arbustales del Valle Las Piñuelas.....69

Figura 37. *Ardaris eximia* haciendo vida en una serie de especies arbustivas.....70

www.bdigital.ula.ve

1. INTRODUCCIÓN

Son muchas las definiciones que diversos autores le han dado a los términos de uso y cobertura de la tierra. Sin embargo, para fines del presente estudio, se seleccionaron los conceptos más adecuados.

El uso de la tierra es el resultado de un complejo de actividades establecidas por la sociedad dentro del espacio geográfico, las cuales están destinadas a hacer uso de los recursos naturales, obteniendo beneficios para satisfacer las necesidades humanas (Rojas, 1995). El concepto definido pone en relevancia una característica esencial, y es el hecho de que el uso de la tierra hace referencia a la función o al propósito para el cual la tierra es utilizada. Es importante resaltar que el uso de la tierra está condicionado por las acciones de la población y es lo que determina el tipo de cobertura de la tierra.

Se entiende por cobertura a los atributos de la tierra, los cuales por estar localizados sobre ésta, ocupan una porción de la superficie terrestre. La misma puede ser de origen natural (bosques, ríos, desiertos) o de origen artificial (cultivos, pastizales, ciudades) (IGAG, 2005).

En este sentido, la cobertura de la tierra es definida como la capa biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005).

La cobertura de la tierra representa alguna forma de cubierta vegetal, siendo ésta un indicador primario de la extensión y grado a la cual es afectada la superficie, bien sea por la acción antrópica (cultivos, áreas urbanas, industrias, entre otros) o por aspectos físicos (altitud, temperatura, suelo y precipitación) (Valera, 1994). De la misma manera, se aplica al empleo o aprovechamiento cíclico o permanente que el hombre le da a los diferentes tipos de cobertura para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (Vink, 1975, citado por IGAC, 2005).

El cambio de coberturas y uso del suelo es un proceso dinámico, originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas, en áreas aledañas a las quebradas y ríos, así como en las partes altas de las montañas. Estos procesos de cambio son cada vez mayores y ocurren con rapidez, generando la pérdida de la cobertura de la tierra y ocasionando la disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico y suelo; afectando de esta manera a las comunidades que viven en sus alrededores.

Los cambios de la cobertura se pueden observar en los llamados ecosistemas “estratégicos”. Estos son definidos como aquellas áreas dentro del territorio que gracias a su composición biológica, características físicas, estructurales y procesos ecológicos, ofrecen bienes y servicios ambientales imprescindibles para un desarrollo sostenido y armónico de la sociedad (Vega, 2005). Dentro de estos ecosistemas estratégicos destacan los ecosistemas parameros, los cuales son únicos, complejos y de alta diversidad de montaña, restringidos a las cumbres de algunas regiones tropicales de Centro y Sudamérica. Ellos forman una eco-región neo-tropical de altura, que se localiza entre el límite continuo de bosques y las nieves perpetuas (Hofstede *et al.*, 2014).

Verweij (1995) expresa que los páramos se encuentran en los Andes del Norte en Venezuela, Colombia y Ecuador, pero también presenta algunas extensiones en Costa Rica, Panamá y en el norte del Perú. Los páramos tienen importancia para millones de personas, ya que representan una multiplicidad de significados y valores, entre los que podemos mencionar: hábitats en los que se encuentran especies endémicas, ecosistemas que brindan servicios ambientales fundamentales (agua, reservorios de carbono, suelos), espacios de importancia cultural, entre otros. Así: “Los páramos constituyen espacios de vida y territorios sagrados para los pueblos que habitan en o alrededor de ellos, además determinan los modos de vida de los habitantes de las tierras altas” (Maldonado y de Bievre, 2011 citado en Hofstede *et al.*, 2014).

Sus límites pueden variar dependiendo de diversas condiciones de la región donde se localice, entre las que destacan: posición geográfica, precipitaciones, latitud, topografía, la historia tanto geológica como evolutiva del lugar e historia de uso (Morales, 2006). De esta manera, los límites inferior y superior de los páramos, pueden estar determinados por la frecuencia, intensidad y tipo de intervención humana en su ecotono (Morales, 2006).

De acuerdo con Ataroff y Sarmiento, 2003 en condiciones naturales, su clima se caracteriza por una temperatura media anual menor a los 9°C, nivel al que comienzan a ocurrir las heladas, las cuales son frecuentes en los primeros meses del año. Además, presenta elevados ingresos de radiación solar. Con respecto a las precipitaciones pueden ser muy variables, presentándose en un rango de 800 a 1800 mm anuales. Su relieve está dominado por morrenas y valles glaciales. Su vegetación la conforman un grupo de

formaciones vegetales que cambian desde los rosetales casi puros, pasando por los rosetales-arbustales hasta llegar a un arbustal puro, dependiendo de la altitud, el drenaje y otros factores ambientales.

Basado en la posición altitudinal y la estructura de la vegetación, el cinturón de páramo puede subdividirse en tres zonas generales: el sub-páramo o bosque pre-paramero, páramo andino y el páramo altiandino (Monasterio, 1980). El sub-páramo, es la zona de transición entre los bosques montanos y los páramos, conformado por elementos de ambos ecosistemas y elementos propios. El páramo andino, que en muchas áreas es continuo y xeromórfico, está formado por pajonales y pastos en macolla y arbustos enanos entre los que emergen rosetas caulescentes (Jiménez, 2012). El páramo altiandino es, la zona que limita con la nieve, en donde se encuentran pocas plantas de diferentes formas de crecimiento adaptadas a las condiciones más extremas de temperatura y radiación (Cleef, 1981, tomado de Jiménez, 2012). De esta manera, se ha planteado que el límite altitudinal que define la zona del páramo es aquella que oscila desde 3000 hasta los 4500 m de altitud (Ataroff y Sarmiento, 2003).

Estos ecosistemas de la alta montaña tropical, se caracterizan por ser complejos y frágiles (Winiger, 1983), ya que además de las condiciones ambientales particulares que estos presentan, como las bajas temperaturas, las oscilaciones térmicas entre el día y la noche; existe una dinámica determinada por grupos humanos, actualmente comunidades campesinas, que los han habitado desde hace mucho tiempo (Aranguren y Monasterio, 1997). Su historia de ocupación tiene más de 10.000 años (Correal y Van der Hammen 1978, citados en Verweij, 1995), existiendo evidencias de que el páramo ha tenido una interacción con la sociedad desde el principio de la ocupación del continente por la especie humana. Debido a ello el páramo puede ser visto como un socio-ecosistema (Hofstede *et al.*, 2014). Sin embargo, desde hace al menos 500 años, han sido usados para actividades agropecuarias desde la llegada de los españoles, los cuales introdujeron nuevos cultivos y animales domésticos como vacas, caballos y ovejas, y con quienes incrementó la extracción de plantas para combustible y material de construcción, lo que resultó en un importante ciclo de degradación de hábitats boscosos y parameros en los Andes (Hofstede *et al.*, 1995).

Esta historia de la ocupación del páramo, determina hoy en día diferentes grupos humanos dedicados a la agricultura bajo sistemas productivos muy diferentes. Por ejemplo: a) haciendas de miles de hectáreas de la época colonial o republicana; b) nuevos propietarios de páramo, quienes bajo una visión empresarial, le usan para fines agroindustriales en monocultivos de papa, ajo, ganado y plantaciones forestales; c) pequeños productores, y d) sistemas agrícolas orientados a la subsistencia familiar. Estos sistemas productivos afectan de diferentes maneras a los páramos y hacen que sean considerados como uno de los ecosistemas con alta incidencia antrópica del continente (Morales y Estévez, 2007).

A pesar de que los ecosistemas parameros están siendo altamente afectados por las actividades que a diario el hombre realiza en su entorno, día a día se siguen sumando nuevos espacios con recursos disponibles con el propósito de lograr así, satisfacer sus necesidades. Hay dos tipos de impactos sobre los ecosistemas parameros, entre si muy relacionados: impactos locales como la agricultura, ganadería, minería, deforestación, entre otros e impactos globales entre los que destaca el calentamiento global (Castaño, 2002).

A pesar de la conocida vulnerabilidad y la preocupación generalizada sobre el impacto del cambio climático en el páramo (Castaño, 2002, Young *et al.*, 2011), el conocimiento de los efectos potenciales o actuales es muy limitado. Esto se debe, en parte, a que la historia del desarrollo académico sobre los páramos en general es relativamente corta, lo que implica un reciente conocimiento de nivel aceptable que nos permita conocer las bases de su funcionamiento socio-ecosistémicos para entender la complejidad del impacto del cambio climático (Anderson *et al.*, 2011, Cuesta *et al.*, 2012 citado en Hofstede *et al.*, 2014). La segunda razón es la falta de datos que comprueben el cambio climático, debido a una deficiente red de estaciones meteorológicas, dada la alta complejidad geográfica de los Andes (De Bievre *et al.*, 2012) y la tercera razón es la ausencia de estudios de monitoreo de largo plazo en ecosistemas y sociedades que permitan monitorear cambios sobre el tiempo (Cuesta *et al.*, 2014).

Basándonos en lo anterior, prácticamente, el único conocimiento comprobado empíricamente sobre los efectos del cambio climático en los páramos es el aumento de la temperatura promedio. Hay indicios de que la temperatura máxima está subiendo, mientras

que el comportamiento de las temperaturas mínimas no está claro. Hay quienes reportan un aumento de las temperaturas mínimas, mientras otros mencionan una mayor incidencia de heladas (temperaturas mínimas más extremas) (Hofstede *et al.*, 2014).

En consecuencia el páramo parece amenazado tanto por las actividades humanas, en muchos casos insostenibles, como la agricultura, ganadería y la minería, que se llevan a cabo directamente en su entorno, como por aquellas que lo afectan de manera indirecta como el calentamiento global (Nannetti, S/F).

Uno de los páramos venezolanos en el que se han centrado estudios de vegetación, suelos, cambio de la cobertura, es el páramo de Gavidia, el cual corresponde a la unidad ecológica de páramo andino (Monasterio, 1980). Esta localidad está conformada por dos áreas que son Micarache y Las Piñuelas. La vegetación natural de esta zona fue clasificada en el 2013 (Llambí *et al.*, 2013) en las siguientes formaciones vegetales: Rosetal-arbustal bajo (formación más extensa), el Rosetal-arbustal alto, el arbustal (formación más intervenida y con la menor superficie, pero con la mayor riqueza y diversidad de especies) y, el rosetal pajonal, (localizado por encima de los 3700 msnm).

En el páramo de Gavidia el manejo actual de los recursos naturales es el resultado de una secuencia de cambios que se vienen dando desde el pasado hasta los últimos años, dando lugar a un sistema campesino en transformación acelerada (Sarmiento y Monasterio, 1993; Acevedo *et al.*, 1985). Las tierras de Gavidia comenzaron a ser utilizadas para el pastoreo extensivo de ganado vacuno y equino a finales del siglo XIX (Smith, 1995). Este páramo presenta un régimen de disturbios complejos que incluyen, agricultura, pastoreo y la deforestación de su cobertura vegetal e intervenciones que difieren en escala, frecuencia e intensidad (Jiménez, 2012).

La historia de intervenciones en el área de Gavidia fue analizada por Smith (1995) señalando que en 1899 los valles que conforman Micarache y Las Piñuelas pertenecieron a dos dueños. Estaban establecidas tres viviendas, donde posiblemente vivían los medieros encargados de cuidar y trabajar las tierras. A partir de 1902 comienza la fragmentación de las tierras en el Valle Las Piñuelas. En 1912, en la ladera derecha comenzó la mayor división de tierras por medio de la venta, mientras que en la ladera izquierda fue en 1950

cuando el dueño heredero vende la propiedad. Posteriormente, la herencia entre hijos, ventas y sucesiones familiares originaron en el área la disminución del tamaño de las fincas y la fragmentación en parcelas.

Sarmiento y Llambí (2011) mencionan que Gavidia es un ejemplo de un sistema agrícola tradicional de rotación y descansos, que en las últimas décadas ha tendido a intensificarse (Figura 1). Las técnicas agrícolas consisten en un arado dos o tres meses antes de la siembra, la siembra utilizando bueyes y mano de obra principalmente familiar o de trabajo comunitario (mano vuelta), el aporque, la fertilización con abonos químicos, la fumigación con agroquímicos en los últimos años, y la cosecha (Acevedo *et al.*, 1985; Monasterio y Montilla, 1987; Sarmiento-Monasterio, 1988; Sarmiento-Monasterio y Monasterio, 1988 y Sarmiento-Monasterio *et al.*, 1993). Luego de dos o tres cultivos consecutivos de una misma parcela agrícola y por diferentes criterios del campesino dueño de la tierra considera que esta debe dejarse descansando o en barbecho, lo que permite la recuperación de la vegetación natural (fase de sucesión-restauración) (Sarmiento-Monasterio *et al.*, 1990). Cabe mencionar, el sistema de descansos se caracteriza por una pérdida rápida y una recuperación lenta de la fertilidad, la cual no es compensada por la utilización de fertilización mineral (Llambí *et al.*, 2013).

Este sistema agrícola convierte al páramo de Gavidia, especialmente en sus zonas bajas y medias, en un mosaico de parcelas cultivadas, parcelas con diferentes tiempos de descanso (sobre las que se presentan múltiples etapas sucesionales del páramo) y parches de vegetación nativa en aquellas zonas que por múltiples razones no son aptas para el desarrollo agrícola (zonas de alta pedregosidad, cañadas de quebradas, elevadas pendientes y/o de difícil accesibilidad). Es de señalar que este sistema agrícola, llamado aquí tradicional, es el resultado de la fusión de las tradiciones indígenas, de la herencia española y algunos elementos contemporáneos.

Entre los principales cultivos sembrados están la papa y los cereales, como trigo y cebada. En los últimos años se integraron cultivos como el ajo, que demandan grandes cantidades de insumos (agro-tóxicos, fertilizantes) y otros rubros como zanahoria y otras hortalizas (Sarmiento y Llambí, 2011). Es importante señalar que las variedades de papa cultivadas hasta hace pocos años, pertenecían a la subespecie *Solanum tuberosum*

andigenum, conocidas como papas negras, cuyos ciclos de cultivos son largos (8 meses), pero desde hace unas décadas han sido sustituidas por variedades de la subespecie *Solanum tuberosum tuberosum*, las llamadas papas blancas, de ciclos más cortos (Acevedo *et al.*, 1985; Monasterio y Montilla, 1987; Sarmiento-Monasterio, 1988; Sarmiento–Monasterio y Monasterio, 1988 y Sarmiento–Monasterio *et al.*, 1993) este cambio junto con otros, es reflejo del proceso de intensificación de la agricultura, que ha generado la reducción o eliminación de los periodos de descansos en el páramo de Gavidia (Llambí *et al.*, 2004) y la instalación de un sistema de riego (2003) que sirve las zonas bajas del valle Las Piñuelas y la introducción de cultivos como la zanahoria y el ajo, cada vez a mayor escala (Llambí *et al.*, 2013).

Procesos de intensificación en el uso de la tierra como estos, generan impactos importantes en los recursos naturales, modifican aspectos claves del funcionamiento del sistema de la tierra, contribuyen principalmente a la pérdida de la diversidad biótica, a la degradación del suelo y la alteración de los ecosistemas que además de albergar componentes bióticos y abióticos, son sistemas de apoyo para las necesidades humanas (Llambí, 2001). Este sistema agrícola intensivo representa en la actualidad una de las principales amenazas ya que se han observado avances recientes de la frontera agrícola, incluso sobre áreas de parques nacionales (Smith y Romero, 2012).

Por otra parte, el aumento de población local y de los asentamientos humanos en el páramo de Gavidia, ha generado un incremento de las presiones antrópicas, ocasionando así, la deforestación para integrar nuevas áreas a las actividades agrícolas y para la extracción de leña, situación que se ha complejizado en los últimos días, debido a la difícil situación de abastecimiento de gas doméstico para estas zonas.

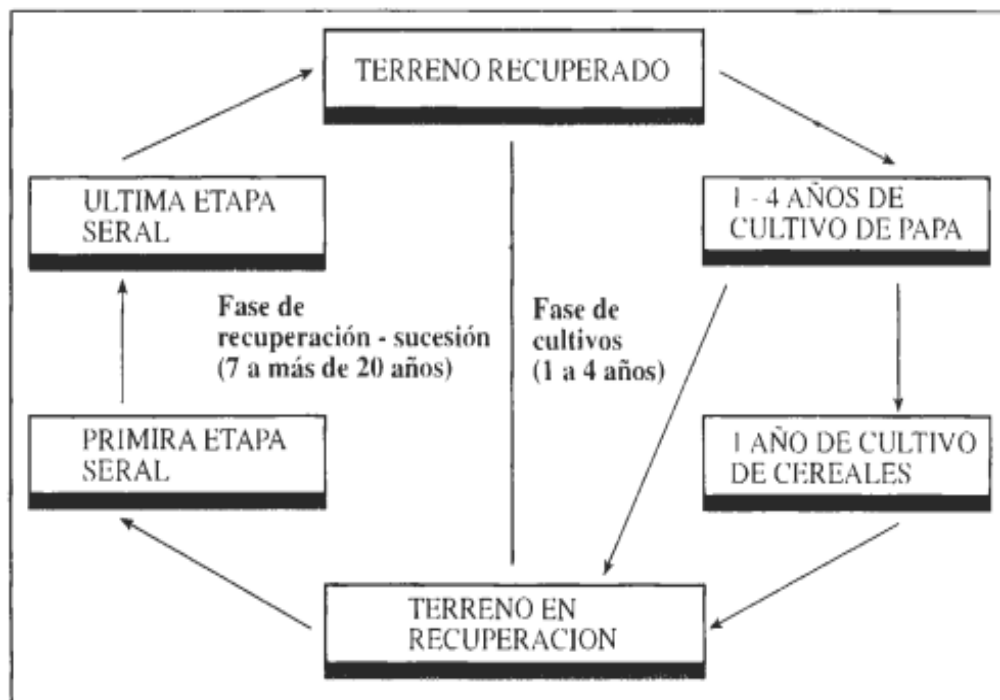


Figura 1. Esquema de la agricultura tradicional en los páramos de Venezuela. Fuente: Sarmiento-Monasterio *et al.*, 1990 tomado de Aranguren-Monasterio, 1997.

1.1.-La teledetección como herramienta en los análisis multitemporales

La teledetección es una herramienta que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre a través de sensores, los cuales están instalados en plataformas espaciales (como satélites, aviones u otros), los cuales emplean la interacción energética que existe entre la Tierra y el sensor, ya sea por reflexión de la energía solar (imágenes satelitales, fotos aéreas) o de un haz artificial (imágenes de radar) o por emisión propia. El haz energético recibido por el sensor se convierte en una imagen de una porción de la superficie terrestre, la cual se almacena y luego se interpreta para una determinada aplicación (Chuvieco, 1990 citado por Contreras y Portillo, 2015).

La teledetección espacial ofrece ventajas únicas frente a otros medios de observación de la Tierra, la toma de datos es homogénea ya que toda la superficie es detectada con el mismo sensor y en cortos periodos asegurando coherencia para abordar estudios teniendo una visión panorámica de los hechos geográficos (Chuvieco, 1996).

De acuerdo con Chuvieco (1996) la interacción del flujo energético que se produce entre un sensor y la cubierta terrestre, permite afirmar que la teledetección espacial es un sistema en el cual incluyen los siguientes elementos:

- Fuente de energía: representa el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor y puede ser generada de forma natural o artificial.
- Cubierta terrestre: constituida por los diversos elementos presentes en la superficie terrestre, donde cada elemento de manera distintiva recibe la señal energética procedente de la fuente de energía, la absorbe, refleja y/o la emite, de acuerdo a las características físicas de éstos.
- Sistema sensor: formado por el sistema sensor y la plataforma que lo alberga (satélite, avión). Su función es captar la energía procedente de la cubierta terrestre, codificarla, grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.
- Sistema de recepción: recibe la información transmitida por el sistema sensor, grabándose en el formato apropiado y tras las oportunas correcciones, la misma se distribuye a los interesados.
- Intérprete: persona o equipo de trabajo que convierte los datos provenientes del sistema de recepción en información temática de interés, a través de un procesamiento y análisis, analógico o digital, con la finalidad de facilitar la evaluación del problema de estudio.
- Usuario final: es el encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, para ser aplicado al estudio de interés.

Actualmente, la aplicación de técnicas en teledetección espacial permite hacer un seguimiento de los cambios en las diferentes coberturas terrestres (Aldana y Bosque, 2008) y con el apoyo de los sistemas de información geográfica (SIG) y de los sensores remotos se pueden lograr cálculos precisos de cambios de la cobertura.

Los sensores remotos son dispositivos que permiten capturar información de los objetos sin tener un contacto directo con ellos (IGAC, 2005). Dentro de los sistemas espaciales de observación terrestre, se pueden diferenciar dos tipos de sensores: los pasivos y los activos. Los sensores pasivos se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior (como el Sol) a ellos, en este caso los diseñados para los estudios ambientales, los

cuales captan los diferentes tipos de cobertura y sus distintas respuestas espectrales, mientras que los sensores activos, son capaces de emitir su propio haz de energía (el radar) (Chuvienco, 1996).

Los sistemas de satélites han constituido la herramienta más fructífera de teledetección que se ha desarrollado hasta el momento. Existen satélites que poseen órbitas circulares casi polares, que permiten que éstos pasen cada 18 días por un mismo lugar ejemplo los Landsat (1, 2, y 3) y cada 16 días en los Landsat (4, 5, 7 y 8), obteniéndose información periódica de todo el planeta Tierra (Chuvienco, 1996).

El uso de los sensores remotos ha jugado un importante rol en la elaboración de mapas, planos, interpretación de recursos y sus superficies, planificación territorial y estudios urbanos (IGAC, 2005). Uno de los sensores remotos más utilizado son las fotografías aéreas. En este caso se extrae la información contenida en la misma. En una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados. Se requieren ciertos conocimientos acerca de los procesos geomorfológicos, formaciones vegetales y usos del suelo del área de trabajo; hace falta además, tener en cuenta la escala del fotograma y el tamaño de los objetos representados. Resulta por tanto una técnica instrumental útil en estudios territoriales (Hernández, 2011).

Hernández (2011) propone que los diferentes componentes que pueden utilizarse en los fotogramas para la identificación de elementos son:

1. Tamaño de los elementos (teniendo siempre en cuenta la escala del fotograma).
2. La forma de los elementos.
3. Las sombras, que pueden dar pistas sobre la forma del objeto oculta en una vista aérea.
4. El tono, que indica la reflectividad en la región del visible.
5. Textura, distribución de colores en una fotografía y,
6. Distribución de los elementos.

1.2.-Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, permiten evaluar fenómenos y su asociación con patrones espaciales, facilitan su análisis, así como la toma de decisiones de una manera más eficaz (Bosque, 1992; Chuvieco, 1990; Behm y Mercado, 2008) (figura 2).

López (2002) define los SIG como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar la información geográfica y sus atributos. Facilitan la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente diferenciados.

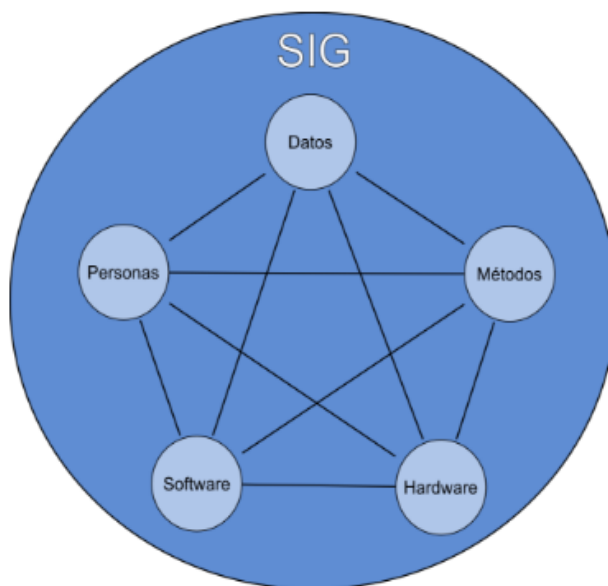


Figura 2. Elementos que forman un Sistema de Información Geográfica (SIG).
Tomada de Bosque (1992).

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos

de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía (Chuvienco, 1990; Wise, 2002).

Un SIG proporciona, para cada tipo de organización basada en ubicación, una plataforma para actualizar datos geográficos sin perder tiempo visitando el sitio y actualizar la base de datos manualmente (Chang, 2007).

La razón fundamental para utilizar SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Maguire *et al.*, 1997).

1.2.1.- Técnicas utilizadas en los sistemas de información geográfica (SIG)

Dado que las modernas tecnologías de sistemas de información geográfica trabajan con información digital, existen varios métodos en la creación de datos digitales, siendo el más utilizado la digitalización, donde a partir de un mapa o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital considerando su georreferenciación (Chang, 2007).

Hoy día, la disponibilidad de imágenes tanto aéreas como satelitales, y la digitalización por esta vía, proporciona la principal fuente de extracción de datos geográficos, forma de digitalización que implica la búsqueda de datos directamente sobre las imágenes. Las imágenes pueden estar representadas en formato digital, en bits, o en formato vectorial de puntos, segmentos y polígonos.

Una imagen de mapa de bits es cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor (La Serna *et al.*, 2009). Ejemplo de estas son las imágenes de satélites y las fotografías aéreas.

La Serna *et al.* (2009) mencionan que una imagen vectorial es aquella que se compone de objetos geométricos independientes entre los que figuran los puntos,

segmentos o polígonos, destacando que las características de estos objetos están definidas por atributos matemáticos que indican su color, posición, tamaño, entre otros. Ejemplo de ellos son los mapas de: carreteras, hidrología de una zona, sitios poblados, parcelas agrícolas, coberturas.

1.2.2.- Georreferenciación

La georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y Datum específicos (Gómez-Lahoz, 2014). Es un aspecto fundamental en el análisis de datos geoespaciales, pues es la base para la correcta localización de la información de mapa y, por ende, de la adecuada fusión y comparación de datos procedentes de diferentes sensores en distintas localizaciones espaciales y temporales.

Se pueden distinguir dos métodos principales de georreferenciación según Gómez-Lahoz (2014):

- Georreferenciación orbital: Se modelan las fuentes de error geométrico conocidas como la curvatura de la Tierra, la distorsión panorámica, la rotación terrestre, entre otros y se emplean correcciones que eliminan estos errores intrínsecos y sistemáticos de forma automatizada. Tiene la importante ventaja de que no necesita de intervención humana una vez que es implementado, pero existe la posibilidad que pueda generar grandes errores en las coordenadas de las imágenes de satélite si su posicionamiento no tiene la suficiente precisión.
- Georreferenciación por puntos de control: a partir de un conjunto de puntos bien identificados en la imagen, y de los que se conocen sus coordenadas, se calculan las funciones de transformación que mejor se ajustan a estos puntos. Para que esta georreferenciación resulte satisfactoria es necesario elegir de forma apropiada los puntos de control (en número, ubicación y distribución). Se trata, de un proceso manual en el que se requiere intervención humana. Ofrece mayor exactitud.

1.3.- Potencialidad del uso de información espacial en la ecología

El uso de sistemas de información geográfica en el área de la ecología ha potenciado su alcance en la comprensión de los procesos y fenómenos que regulan el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas naturales y antrópicos, ya que los mismos están condicionados por las características de los elementos que los conforman y además por la distribución espacial de los mismos. En la bibliografía hay un sin número de ejemplos del uso de información espacial en el área de la ecología, en el siguiente apartado son descritos algunos ejemplos, enfatizando su uso en la evaluación de los cambios de cobertura. Sin embargo, son innumerables sus aplicaciones en diferentes especialidades de la ecología, temas que trascienden los objetivos de esta investigación.

Una manera de verificar la información obtenida con los SIG que se utiliza en ecología es emplear las entrevistas. La entrevista es una técnica de reunir datos, cuyo objetivo es obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos, experiencias, opiniones de personas. Siempre participan como mínimo dos personas, una de ellas adopta el rol de entrevistadora y la otra de entrevistada, generándose entre ambas una interacción en torno a una temática de estudio (Folgueiras, s/f; Dorio *et al.*, 2004).

Dentro de la categoría de entrevistas, se encuentra la entrevista libre, la cual cumple con las siguientes características (D.O.I.E, 2009):

- a. No se estructura ni planifica previamente.
- b. Es la más ágil y la que proporciona más información en general, pero requiere un cierto dominio por parte del entrevistador.
- c. Es flexible y abierta ya que, por más que haya un objetivo de investigación no se espera que sus respuestas se vean compuestas de un contenido ordenado y con cierta profundidad.

2.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La cobertura de la tierra es dinámica, a lo largo del tiempo ha sido variada y transformada, lo cual se puede comprobar y comparar mediante estudios multitemporales.

Los estudios multitemporales son una técnica que sirven para la comparación de dos o más imágenes de distintas fechas que se obtienen por medio de los SIG, con la finalidad de facilitar el monitoreo y la observación de zonas estables y no estables, el uso del suelo y de cobertura boscosa a través del tiempo y espacio indicando tendencias de cambios en la zona de estudio (Contreras y Portillo, 2015).

Para llevar a cabo este tipo de estudio, se requiere definir en primer lugar un sistema de coordenadas: Proyección, Datum y elipsoide.

Cuando se necesita introducir coordenadas con precisión en un SIG, el primer paso es definir unívocamente todas las coordenadas de la Tierra. Esto significa que se requiere de un marco de referencia para las coordenadas de latitud y longitud, debido a que la Tierra es curva y el SIG se ocupa de proyecciones de mapas planos. De esta manera, necesitamos acomodar tanto las vistas curvas como las planas de la tierra.

La proyección es un componente fundamental a la hora de crear un mapa. Una proyección matemática es la manera de transferir información desde un modelo de la Tierra, el cual representa una superficie curva en tres dimensiones, a otro de dos dimensiones como es el papel o la pantalla de un ordenador (Maling, 1991). Así, las proyecciones se utilizan para representar un objeto sobre el plano.

El sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace secante a un meridiano (Deetz, 1994).

La proyección UTM en concreto posee las siguientes características (Deetz, 1994) (figura 3):

- Es una proyección cilíndrica: Se obtiene proyectando el globo terráqueo sobre una superficie cilíndrica.
- Es una proyección transversa: El cilindro es tangente a la superficie terrestre según un meridiano. El eje del cilindro coincide, pues, con el eje ecuatorial.
- Es una proyección conforme: Mantiene el valor de los ángulos. Si se mide un ángulo sobre la proyección coincide con la medida sobre el elipsoide terrestre.

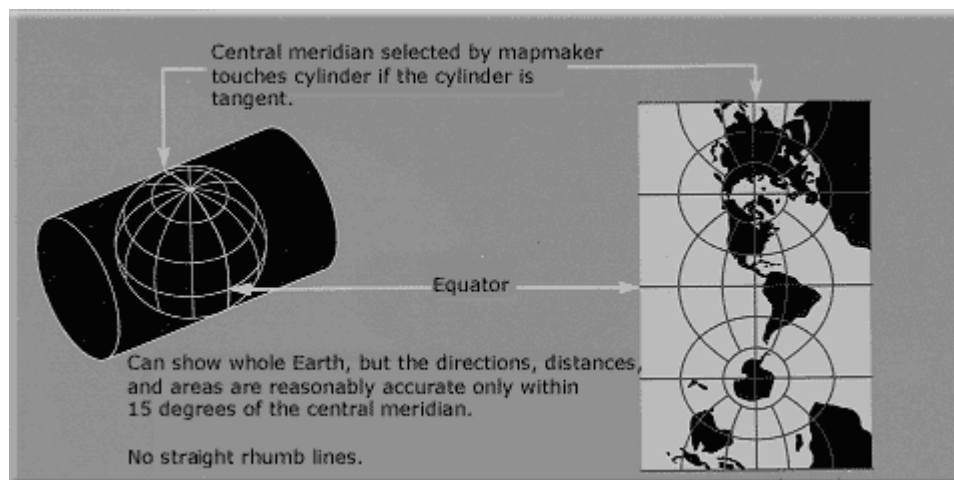


Figura 3. Sistema de coordenadas transversal de Mercator. Fuente: Deetz (1944).

En geodesia un datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la Tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico. Un datum horizontal describe un punto sobre la superficie terrestre. Mientras que uno vertical mide elevaciones o profundidades. De la misma forma, un datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida, utilizada para describir la localización de puntos sobre la Tierra. Dado que diferentes datum tienen distintos radios y puntos centrales, un punto medido con diferentes datum puede tener coordenadas diferentes. Existen cientos de datum de referencia, desarrollados para referenciar puntos en determinadas áreas y convenientes para esa área (Fernández-Coppel, s/f).

Los datum más comunes en las diferentes zonas geográficas son los siguientes:

- América del Norte: NAD27, NAD83 y WGS84
- Brasil: SAD 69/IBGE
- Colombia: MAGNA-SIRGAS1
- Sudamérica: PSAD 56 y WGS84
- España: ED50, desde el 2007 el ETRS89 en toda Europa.

No fue hasta el uso generalizado de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), cuando los geodestas o geodesistas desarrollaron por primera vez un modelo global unificado de elipsoide. Las ondas de radio transmitidas por los satélites GPS y la

trilateración permiten mediciones extremadamente precisas de la Tierra a través de continentes y océanos. Los geodestas o geodesistas podrían crear modelos elipsoidales globales debido a la mejora de las capacidades informáticas y la tecnología GPS (Álvarez, 2009).

Esto llevó al desarrollo de modelos elipsoides globales como WGS72, GRS80 y WGS84 (modelo actual). El Sistema Geodésico Mundial (WGS84, por sus siglas en inglés World Geodetic System 1984), es el sistema de coordenadas de referencia utilizado por el GPS. El WGS84 consta de un elipsoide de referencia, un sistema de coordenadas estándar, datos de altitud y un geoide. Se cree que el error de WGS84 es inferior a 2 centímetros en el centro de la masa (Álvarez, 2009).

Cada uno de estos conceptos señalados han sido aplicados en una serie de investigaciones y estudios que se citan a continuación:

Pacheco (1999), llevó a cabo un estudio multitemporal de uso de la tierra en las microcuencas Burbusay y Miquía, subcuenca del río Carache, cuenca del río Motatán, Boconó Estado Trujillo; en un periodo de 30 años (1967-1997). Elabora a partir de fotografías aéreas a escala 1:25000 y técnicas de fotointerpretación un mapa de uso de la tierra para cada año establecido. En los dos mapas de uso elaborados se calcula la planimetría de las zonas de cambio para evaluar las zonas afectadas de cada sector y precisó los cambios de uso más significativos para el posterior análisis comparativo. Detectó once tipos de cambios de uso de la tierra, de los cuales ocho tipos se refiere a cambios que ha experimentado el bosque a otro tipo de cobertura y tres correspondientes a áreas boscosas que se han ido recuperando de la intervención antrópica.

Gutiérrez (1999), realizó un estudio multitemporal en el cual determinó cambios en la cobertura vegetal y usos de la tierra en la cuenca del Río Mucujún, Estado Mérida, usando herramientas de SIG para el procesamiento de imágenes de satélite Landsat TM para los años 1988 y 1996, crea bases de datos y aplica análisis de componentes principales e índices de vegetación de diferencia normalizada. A partir de los resultados conoce y evalúa la dinámica de uso y cobertura para el periodo de estudio establecido, detectando

una disminución de la cobertura vegetal y áreas de páramo; además, revela el aumento desmedido de las áreas de cultivo y matorrales.

Osorio (2002), realizó un estudio multitemporal de las deforestaciones en la Reserva Forestal Ticoporo, ubicada en el Estado Barinas – Venezuela, basándose en un análisis de imágenes de percepción remota (HRV de SPOT y TM de LANDSAT) y fotografías aéreas. Los resultados mostraron que durante 38 años, en la Reserva Forestal Ticoporo, el proceso de deforestación y reducción de los bosques primarios ha sido grave, lo cual ha afectado negativamente, no solo las especies vegetales sino también a la fauna.

Acosta (2006), llevó a cabo un estudio multitemporal de los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra para la vertiente derecha de la cuenca alta del río Albarregas, Estado Mérida. Mediante el uso de fotografías pancromáticas e imágenes de satélite (ASTER-TERRA y ETM Landsat) y la interpretación visual, elabora mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 1987 y 2003, los resultados son comparados y aplica el cálculo de tasas promedio anuales de deforestaciones, obteniendo los valores de la tasa media anual de deforestación y urbanismo para el área de estudio. El análisis revela que para el año 2003 existió un alto grado de deforestación, generando una disminución del 55,35 % de la cobertura boscosa y un crecimiento acelerado de las áreas urbanas con una tasa media anual de crecimiento de 2,83 %.

Lozano (2006), desarrolló un análisis de cambio multitemporal de uso de la tierra en la cuenca alta del río Santo Domingo, Estado Mérida, Venezuela. El principal objetivo de la investigación fue el de estudiar y analizar el cambio de la cobertura en la cuenca alta del río Santo Domingo en los períodos 1979 a 2000 y 2000 a 2005, integrando técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes, Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes TM y ETM+ del satélite LANDSAT, obteniéndose mapas temáticos y de cambios ocurridos del uso de la tierra para cada período. El análisis de los resultados se hizo por tipo de cobertura, para cada período, respectivamente, determinándose que se registran mayores cambios de cobertura por categoría en los últimos cinco años, que durante los veintiún años del primer período, siendo las categorías área agropecuaria, área urbana, suelo descubierto y área crítica de erosión las que presentan los mayores incrementos en los cambios de su superficie por año, y matorral, páramo y bosque natural, las que muestran las más grandes pérdidas por año.

Ramírez (2007), realizó un análisis multitemporal de la cobertura natural y uso del suelo del Ramal de Calderas y sus alrededores, Cordillera de Mérida, Venezuela. El estudio logró determinar los usos y cobertura vegetal existentes en el área para los periodos que comprende 1986 y 2006. Realizó los mapas correspondientes a los tiempos propuestos para establecer y analizar los cambios ocurridos en el periodo señalado. Hizo uso de la técnica de clasificación supervisada con imágenes de satélite Landsat (TM y TM+) tomando en cuenta las fases de entretenimiento, asignación y de validación. Obtuvo una clasificación del uso de la tierra, calculó el porcentaje del área de cada uso y verificar los cambios ocurridos a lo largo del tiempo de estudio.

Molina y Albarrán (2000-2008), desarrollaron un análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, Estado Lara, Venezuela, para determinar el estado de conservación de las coberturas del Parque Nacional para el periodo 2000 - 2008, para ello realizaron un análisis de su estructura horizontal considerando su evolución temporal a partir de la superposición de mapas de cobertura obtenidos de imágenes de satélite, que revelaron que se presenta un alto grado de conservación de las coberturas en áreas distantes a las vías de acceso y una importante afectación, por expansión de la frontera agrícola, en las áreas limítrofes. Por otra parte, analizaron la composición estructural, a través del cálculo de índices estructurales, que se enfocan en cálculo del proceso de fragmentación de las coberturas naturales.

Flores (2008), basándose en el tratamiento digital de imágenes de satélite Landsat TM 5 analizó la expansión urbana del área Tabay - Mérida-Ejido, usando algunos índices de vegetación. Esto le permitió conocer los cambios del uso de la tierra desde 1988 hasta 2001, expresando la expansión urbana ocurrida hacia los sectores El Arenal, la urbanización Carabobo y el norte de la ciudad de Ejido.

Molina (2009), diseña un estudio en el cual se centró en un análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en una microcuenca “El Guayabal”, ubicada en el municipio Antonio Pinto Salinas, del Estado Mérida, en un periodo de estudio ubicado entre los años 1996 y 2005. El objetivo de la investigación fue la interpretación visual de la cobertura de la tierra, haciendo uso de distintas imágenes de satélite Landsat de los sensores TM y ETM+ de los años 1996, 2001 y 2005. Las mismas fueron analizadas y corregidas

geométricamente imagen a imagen, posteriormente se realizó la interpretación visual generando los mapas temáticos para cada uno de los años mencionados anteriormente. Los resultados obtenidos en el cruce de los mapas (periodo 1996 - 2001) muestran que en la microcuenca se evidenciaron cambios importantes sobre todo en las secciones altas de la microcuenca, así mismo, se evidencia el aumento de la población en las zonas bajas. En relación al cruce de los mapas que corresponden al periodo de estudio 2001 - 2005, los cambios observados fueron menores se si comparan con el primer periodo, sin embargo, uno de los principales cambios se observa en las cotas bajas cercanos a la quebrada y a la vía principal.

Castellano y Valera (2010) determinaron por medio de la interpretación de imágenes satelitales, los cambios de uso de la tierra del Río Castan, del Estado Trujillo – Venezuela, durante los años 1996 – 2001. La elaboración de mapas temáticos de uso de la tierra, la aplicación de una matriz de transición y la tabulación cruzada de los datos correspondientes a cada año, permitió determinar la tendencia del comportamiento de los cambios del uso de la tierra ocurridos durante 5 años. Las categorías del uso de la tierra (Bosque, Matorrales, Pastizales, Cultivos y Uso Urbano) establecidas en esta área de estudio, sufrieron cambios significativos; parte de las áreas de pastizales cambiaron a un uso de cultivo; así como también, las áreas de bosque, en donde se observa un cambio hacia matorrales, pastizales o cultivos.

Buitrago (2011), llevó a cabo un análisis multitemporal de la cobertura vegetal del cerro El Morro, ubicado en la parroquia de Mucurubá, municipio Rangel, del Estado Mérida – Venezuela, el mismo permitió conocer el comportamiento de la vegetación, analizando para ello la información de fotografías aéreas de 1952 y 1996 e imágenes de satélite del 2008, siendo procesadas cada una mediante programas especializados (Ilwis y Erdas), elaborando mapas temáticos y variación de la cobertura vegetal y su posterior verificación de campo a través de entrevistas dirigidas a informantes claves. Los resultados muestran la disminución del bosque ripario y páramo, mientras que encontraron un aumento del bosque siempre verde seco, del bosque pre-paramero, y en la superficie dedicada a cultivos y pastizales naturales. Otros cambios ocurridos son el aumento de las vías agrícolas y de nuevas viviendas lo que ha modificado el paisaje de la zona afectando a

un sector del Parque Nacional Sierra Nevada. Señaló que la mayoría de las coberturas naturales se encuentran disminuyendo sobre todo para el año 2008.

Contreras y Portillo (2015), centraron su investigación en la elaboración de un análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en la cuenca del río Mocotíes del Estado Mérida para los períodos 1986 - 2001 y 2001 - 2012. La misma se centra en una clasificación digital no supervisada de la cobertura de la tierra, utilizando distintas imágenes de satélite Landsat (TM) y (ETM+) de los años 1986, 2001 y 2012, siendo procesadas cada una de ellas con programas como Argis 9.3 y Erdas Imagine 9.2, estos procedimientos permitieron la clasificación de las imágenes para la posterior elaboración de los mapas temáticos y verificar la variación de la cobertura de la tierra de los años mencionados. Los resultados obtenidos en el cruce de los mapas para ambos períodos muestran que en la cuenta del Mocotíes se evidenciaron cambios importantes en el aumento de los cultivos, áreas de bosque intervenido y la disminución y fragmentación del bosque natural, así mismo, encontraron un aumento de la población en las zonas altas de la cuenca y a lo largo de la vía principal. Además, elaboraron un análisis de tendencia al bosque natural, el cual permitió predecir la proyección a futuro para los años 2020 y 2030, lo que permite en base a este resultado planear y tomar decisiones a corto o largo plazo.

3.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

3.1.- Pregunta

¿Existirá algún cambio en la cobertura de los arbustales en el páramo de Gavidia-Valle Las Piñuelas, para el año 2018 con respecto al año 1999?

3.2.- Hipótesis:

Debido al incremento de la frontera agrícola en el Valle Las Piñuelas, en la población de Gavidia (bien documentado en la literatura), y el considerado aumento en la extracción de leña, por la dificultad que presentan los pobladores para conseguir gas doméstico, se esperaría encontrar una disminución de la cobertura de arbustales parameros para el año 2018 con respecto al año 1999.

4.- JUSTIFICACIÓN

La vegetación o cobertura vegetal juega un papel vital para la humanidad, pues la misma permite la vida en la Tierra, gracias al proceso fotosintético, también es responsable de la producción de la materia orgánica para la formación y evolución de los suelos, constituye un componente fundamental que condiciona la estructura física del ambiente y provee de recursos y refugio a otros organismos. Además, juega un papel determinante en los ciclos de agua, energía y nutrientes en los ecosistemas (Huston, 1994). Sin embargo, a pesar de la importancia que esto representa para la población, la vegetación está siendo fuertemente transformada como consecuencia de las actividades antrópicas, entre las que destacan: expansión de la frontera agrícola, la extracción de madera, la expansión de infraestructuras, construcción de carreteras que dan acceso a la intervención de áreas naturales y una combinación de fuerzas económicas, institucionales, culturales y factores demográficos (Porter-Bolland *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2007; Seabrook *et al.*, 2007 citados en Rodríguez-Morales, 2009). Estos procesos de transformación de las coberturas naturales generan cambios drásticos en la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas alterando y afectando los servicios ambientales que ellos prestan a las sociedades humanas.

A pesar de que se cree que los páramos no poseen una riqueza de especies de vegetación o fauna importante, los páramos venezolanos son una unidad ecológica con elevada diversidad biológica en el país, pues significa apenas el 0,3% (2659,56 km²) del territorio nacional y el número de especies vegetales por unidad de superficie es mayor que en otras unidades ecológicas inclusive mayor que en los páramos de otros países andinos (Molinillo y Monasterios, 2002).

En los páramos, el componente de la biota que ha recibido mayor atención es, de hecho, la vegetación. Su flora es relativamente bien conocida y aunque existen muchas localidades que no han sido estudiadas (Azocar y Fariñas 2003), sabemos que en términos de plantas vasculares son los ecosistemas más diversos de las altas montañas del mundo (van der Hammen y Cleef, 1986; Smith y Cleef, 1988).

En términos de fauna, de las 284 especies de mamíferos registrados hasta 1997 en Venezuela (Soriano y Ochoa, 1997), para los andes se encuentran alrededor de 14 órdenes de mamíferos (Soriano *et al.*, 1999) de los cuales un 40% de sus especies son endémicas de

esta región y los páramos albergan parte de éstas. Sin embargo, toda esta diversidad está siendo alterada y destruida a un ritmo alarmante, por las actividades antrópicas, y sólo el 6,3 % de la superficie se encuentra protegida bajo figuras especiales de conservación (Chaparro y Chaparro, 2012).

En el presente estudio nos enfocamos en evaluar el cambio de la cobertura vegetal y el estado de las formaciones vegetales del páramo de Gavidia, pero haciendo principal énfasis en los arbustales, ya que Llambí *et al.*, 2004, señalan que en esta unidad de vegetación se registró la mayor riqueza, una de las diversidades de especies más alta (tabla 1), con el mayor número de especies vegetales que solo están presentes en esta formación y que a la vez cubre la menor superficie de este páramo (tabla 2). Tiende a estar ubicada en zonas bajas con pendientes pronunciadas, distribuidos como relictos generalmente asociados a escarpes y cañadas. Debido a su cercanía a las zonas cultivadas y siendo su extensión menor del 3%, resulta ser la unidad vegetal que mayor amenaza presenta hoy día, ya que las especies leñosas que la conforman son extraídas para ser usadas como leña, situación que se ha complejizado con las dificultades de suministro de gas doméstico que se atraviesa en estos tiempos.

En los páramos de Venezuela al menos 1.420 especies de plantas vasculares han sido descritas y se estima que una de cada tres es endémica del país (Briceño y Morillo 2002, 2006). En base a lo mencionado, en cuanto al endemismo de la localidad de estudio, Llambí *et al.*, 2013 encontraron un total de 20 especies endémicas, las cuales pertenecen únicamente al arbustal, las otras especies integrantes de las demás formaciones vegetales se muestran en la tabla 3, además es de resaltar que presentan la mayor cantidad de especies únicas de este páramo, especies que se encuentran únicamente en esta formación vegetal. Además, se señala que solo esta unidad de vegetación presentó un total de 105 especies registradas, lo que representan el 47,8% de cobertura.

Tabla 1. Riqueza, diversidad y equidad de especies estimada de las formaciones vegetales del páramo de Gavidia. Fuente: Llambí *et al*, (2013).

		Riqueza total observada	Riqueza estimada "Jackknife"	Diversidad (Shannon)	Equidad (Pielou)	Diversidad Q	Q (Int. Conf. 95%)
Gavidia	Rosetal-arbustal alto	84	109-118	3,49	0,79	39,80	37,47-42,13
	Rosetal-arbustal bajo	69	65-87	3,11	0,73	45,05	42,94-47,16
	Rosetal-pajonal	46	58-63	2,85	0,75	16,40	14,29-18,51
	Arbustal	105	135-148	3,91	0,82	59,94	57,82-62,06

Tabla 2. Superficie total, altitud y pendiente promedio de las formaciones vegetales identificadas en el páramo de Gavidia (Venezuela). Fuente: Llambí *et al*, (2013).

Se presenta entre paréntesis el número de unidades muestrales réplica en las formaciones vegetales estudiadas

Unidad	Cobertura (ha)		Altitud (m)		Pendiente (°)	
	Gavidia	Tuñame	Gavidia	Tuñame	Gavidia	Tuñame
Zona agrícola	1.244,7	1.193,4	3.524	3.237	23,8	16,1
Rosetal-arbustal bajo	1.587,9 (8)	383,8 (6)	3.861	3.502	22,3	21,2
Rosetal-arbustal alto	1.357,8 (8)	140,8 (6)	3.790	3.447	25,9	24,9
Rosetal-pajonal	921,8 (8)	167,2 (6)	3.946	3.549	20,8	25,5
Arbustal	181,8 (8)	44,5	3.778	3.491	29,3	28,8
Rosetal	0	303,9 (6)	-	3.537	-	13,0
Humedal	291,2	172	3.720	3.487	17,3	16,5
Suelo desnudo	200,4	54	4.017	3.629	23,1	12,2
Roca	179	60,7	3.833	3.629	34,6	20,7
Lagunas	57	0	3.871	-	9,3	-
Total	6.021,6	2.520,1				

Tabla 3. Número de especies únicas, endémicas, exóticas y amenazadas de las formaciones vegetal presentes en Gavidia. Fuente: Llambí *et al*, (2013).

Se presenta el porcentaje de especies clasificadas en cada categoría respecto a la riqueza total observada en cada formación (No. Sp. %) y la cobertura total de las especies en cada categoría (Cob %).

Formación vegetal		Únicas		Endémicas		Exóticas		Amenazadas	
		No. Sp. (%)	Cob. (%)	No. Sp. (%)	Cob. (%)	No. Sp. (%)	Cob. (%)	No. Sp. (%)	Cob. (%)
Gavidia	Rosetal-arbustal alto	20	8	13	28	1	1	5	3
	Rosetal-arbustal bajo	13	2	15	18	1	0,1	2	16
	Rosetal-pajonal	24	3	24	17	0	0	7	6
	Arbustal	58	28	20	11	4	1	1	1

Estos datos muestran la importancia de implementar estrategias de conservación de las formaciones vegetales del páramo de Gavidia y la necesidad de desarrollar y fortalecer los programas de restauración ecológica de los arbustales parameros.

5.- OBJETIVOS

5.1.- Objetivo general

- Evaluar los cambios de la cobertura vegetal en el páramo de Gavidia – Valle Las Piñuelas, con especial énfasis en la transformación de los arbustales, haciendo uso de sistemas de información geográfica (SIG)

5.2.- Objetivos específicos

- Mostrar espacialmente los cambios en la cobertura de los arbustales en Gavidia.
- Comparar las transformaciones de la cobertura vegetal del páramo de Gavidia entre el periodo 1999-2018.
- Revelar a través de un análisis desde la ecología del paisaje el estado en el cual se encuentra la cobertura arbustiva.
- Reafirmar que los cambios en la cobertura están relacionados con la pérdida del hábitat de especies propias de la zona.

6.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.1.- Ubicación y extensión del área de estudio

6.1.1.- Ubicación geográfica

El páramo de Gavidia se ubica en la Cordillera de Mérida, específicamente en el valle alto del Río Chama del estado Mérida, en los Andes venezolanos. Forma parte del Parque Nacional Sierra Nevada, creado en 1952. Se localiza entre 8°35′ - 8°45′ de latitud Norte y 70°52′ - 70°57′ de longitud Oeste. Perteneció al municipio Rangel del Estado Mérida, siendo la capital Mucuchíes. Según el reglamento de uso, el sector de Gavidia-Valle Las Piñuelas forma parte de la Zona de Uso Poblacional Autóctono (UPA) (tomado de Rondón, 2013).

6.1. 2.- Extensión del área de estudio

Cuenta con una superficie de 1235,89 hectáreas (Figura 4)

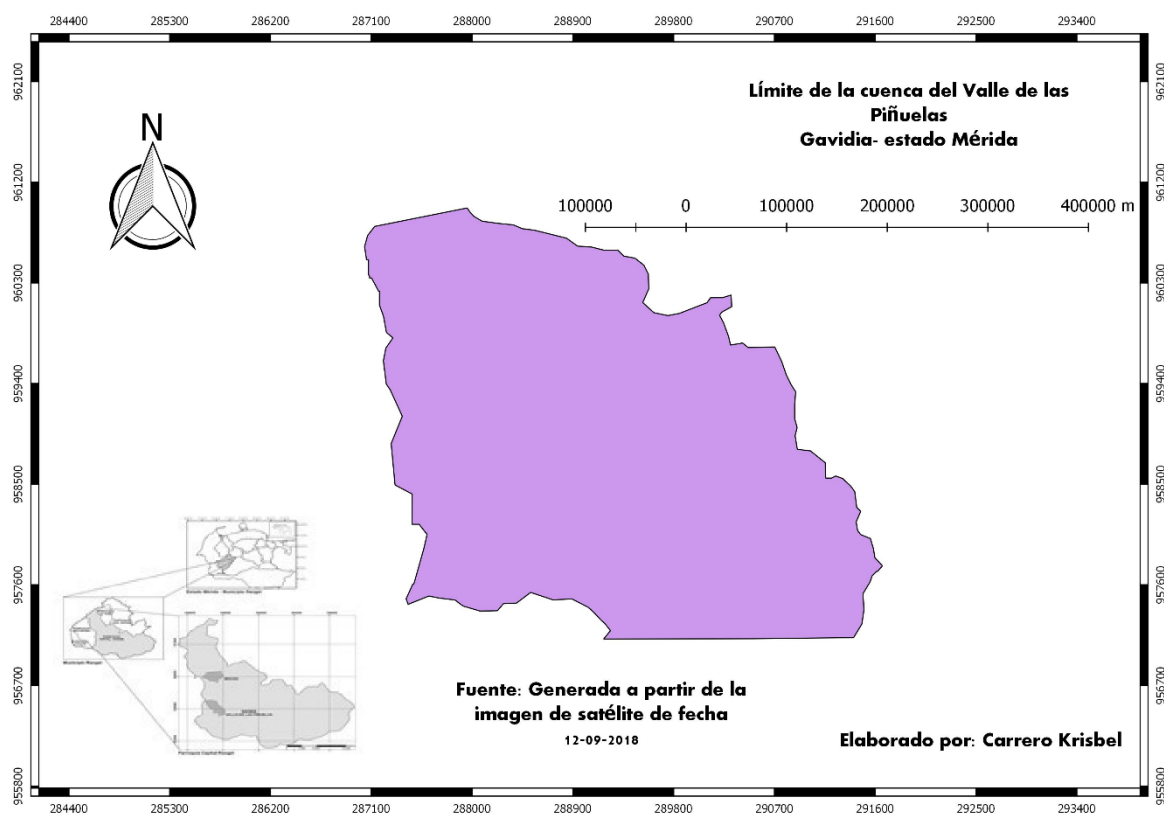


Figura 4. Extensión del área de estudio

6.2.- Características físico-naturales

La ubicación geográfica del área de estudio seleccionada ha originado características físico-naturales particulares y condicionantes del paisaje geográfico presente.

6.2.1.- Clima

El clima es característico de la alta montaña tropical, con una condición isotérmica anual pero con amplias variaciones térmicas diarias. El páramo de Gavidia, cuenta con un rango altitudinal que va desde los 3200 hasta los 4300 msnm. La precipitación anual es de 1300 mm, con un régimen biestacional, con un pico de lluvia que va desde el mes de Abril hasta el mes de Octubre y una estación seca entre los meses de Noviembre y Marzo (Rondón, 2013) (figura 5), en la cual las heladas se presentan con más frecuencia (Llambí *et al.*, 2013). Sarmiento y Monasterio.1993; Llambí *et al.*, 2004, expresan que las temperaturas medias anuales oscilan entre 10°C y 6°C. En él se asienta un caserío a lo largo del estrecho valle de Gavidia (figura 6).

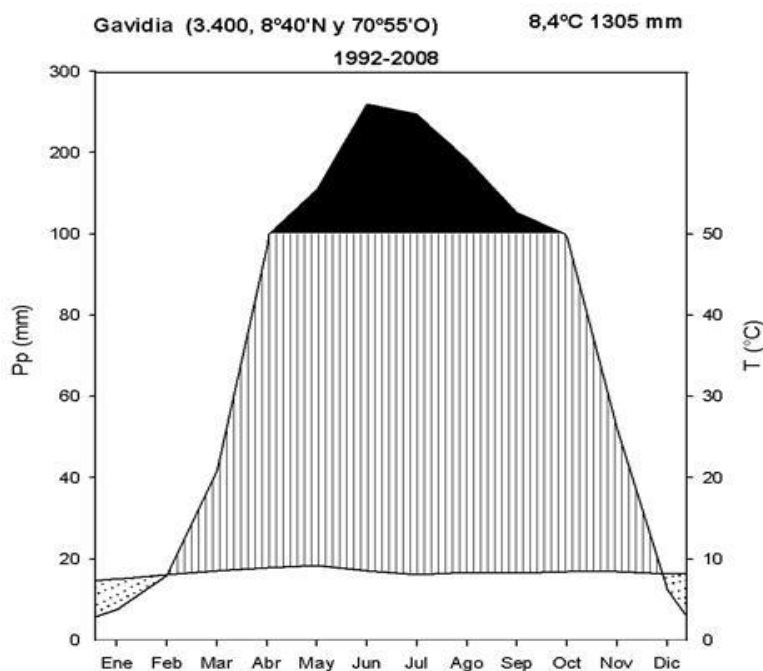


Figura 5. Climadiagrama Gavidia. Fuente: tomado de Rondón (2013)

6.2.2.- Suelos

Se han descrito cuatro tipos de asociaciones de suelo en Gavidia (Zambrano, 1993), ellas son: suelos desarrollados sobre material morrénico, en pendientes muy variables (suaves y fuertes); suelos formado por materiales gruesos depositados al pie de la vertiente; suelos desarrollados en laderas con pendientes entre suaves y fuertes y afloramientos rocosos. Estos suelos se formaron a partir de rocas metamórficas y sedimentarias de origen precámbrico de la facies Sierra Nevada. Según Llambí y Sarmiento (1998), corresponden a inceptisoles, presentan una textura franco-arenosa, buen drenaje, horizonte orgánico que alcanza los 50 cm de profundidad, ácidos en un rango de 4,3 a 5,5 y con nitrógeno total de 0,61%, pero con bajos contenidos de nitrógeno mineral (3,04 ppm), debido a que las bajas temperaturas limitan la descomposición. Son suelos que presentan altos niveles de saturación de aluminio en el complejo de intercambio catiónico (Llambí y Sarmiento 1998; Abadín *et al.*, 2002 citado por Jiménez, 2012). La baja disponibilidad de bases cambiables (calcio, magnesio, sodio y potasio) y niveles altos de aluminio (considerado tóxico para las plantas) hace que estos suelos se consideren como suelos de baja fertilidad natural (Aranguren y Monasterio 1997; Llambí y Sarmiento 1998; Abadín *et al.*, 2002).

6.2.3.- Hidrografía

En términos de hidrografía, el páramo de Gavidia cuenta con tres quebradas principales, las cuales son: La Pata, Las Piñuelas y Micarache (Figura 6), las mismas confluyen en una planicie fluvial en el fondo del Valle formando finalmente el río Gavidia, el cual drena hacia el río Chama y forma parte de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Llambí *et al.*, 2013). Cabe mencionar que la quebrada Las Piñuelas recibe agua de pequeños riachuelos que provienen de las partes más altas del páramo (Jiménez, 2012), por medio de un patrón de drenaje rectangular, con ángulos abiertos ligados a características estructurales como fallas, diaclasas, fracturas y foliaciones (Pérez, 2000). Los cursos de agua tienen su origen en numerosas áreas de ciénagas y pantanos producto de procesos glaciares. Se encuentran más de 12 lagunas que abarcan una superficie de 57 ha, donde la más grande es la Laguna del Montón con 14 ha de superficie (Llambí *et al.*, 2004).

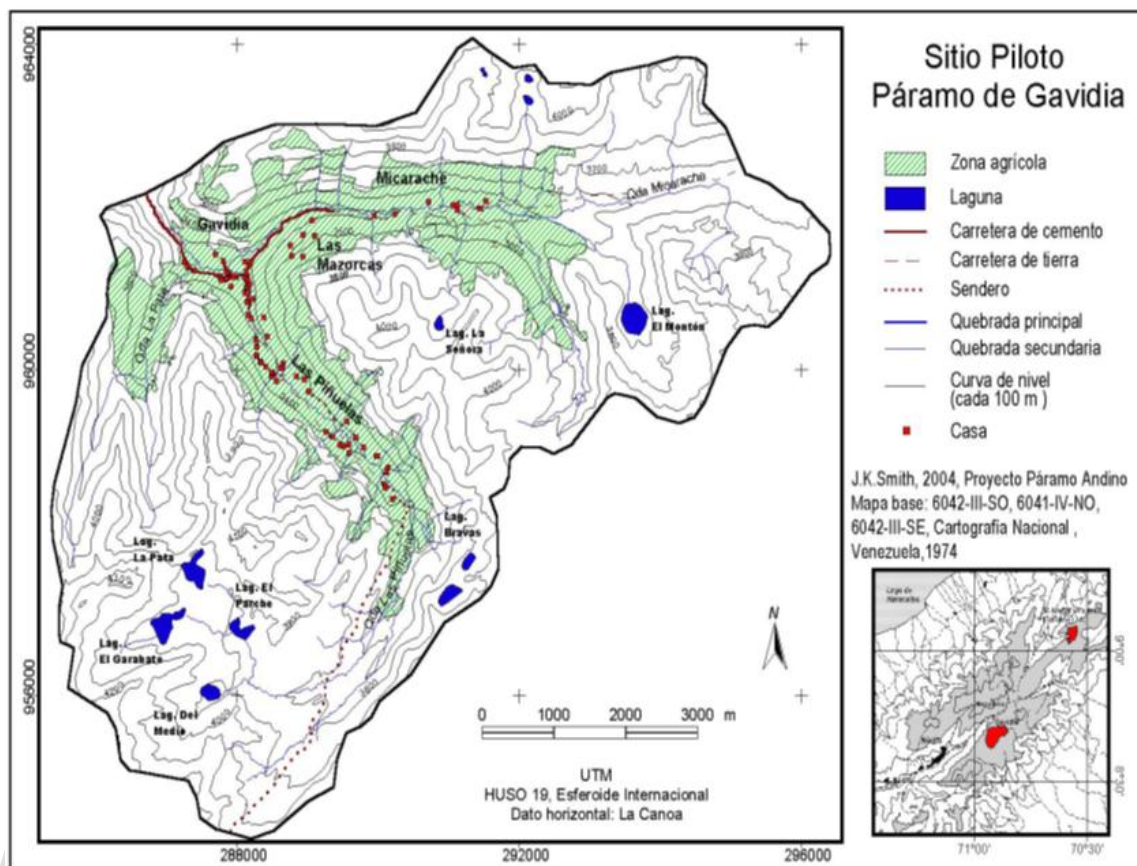


Figura 6. Mapa del páramo de Gavidia, señalando la zona de estudio, la hidrografía, las zonas de actividad agrícola y la distribución de las viviendas.

Tomado de: Proyecto Páramo Andino, 2004.

6.2.4.- Cobertura de la Tierra

Comprende dos tipos: el área agrícola (cultivos) y parcelas con vegetación en sucesión. El área agrícola representa aquellas parcelas que están incluidas en el ciclo agrícola, ellas son: las parcelas cultivadas o sembradas y las parcelas en periodo de descanso. Los principales cultivos que representan las parcelas cultivadas son: la papa, cereales, la zanahoria y el ajo, de los cuales la papa es el de mayor importancia (Rondón, 2013).

6.2.4.1.- Vegetación

Presenta una gran diversidad de tipos de vegetación, incluyendo algunas de las más características del páramo en Venezuela. El número total de especies diferentes de plantas identificado hasta la fecha es de cerca de 200 (sin contar los musgos y líquenes), lo cual representa aproximadamente un 15% de la flora de los páramos del país (Sarmiento *et al.*, 2003; Llambí *et al.*, 2013).

La vegetación natural que caracteriza este páramo fue clasificada según Llambí *et al*, (2004) en cuatro formaciones vegetales representativas, las cuales son: El Rosetal-arbustal bajo, es la formación más extensa y es dominada por el arbusto esclerófilo y la roseta caulescente; el Rosetal-arbustal alto, el arbustal, el cual se encuentra en las partes bajas de las laderas y debido a su ubicación, parte de su superficie ha sido intervenida para la actividad agrícola, sin embargo, los fragmentos remanentes constituyen la formación con la mayor riqueza de especies en la zona, y finalmente, el rosetal pajonal, la cual se encuentra principalmente por encima de los 3700 msnm (figura 7), dichas formaciones vegetales fueron descritas previamente con mayor detalle.

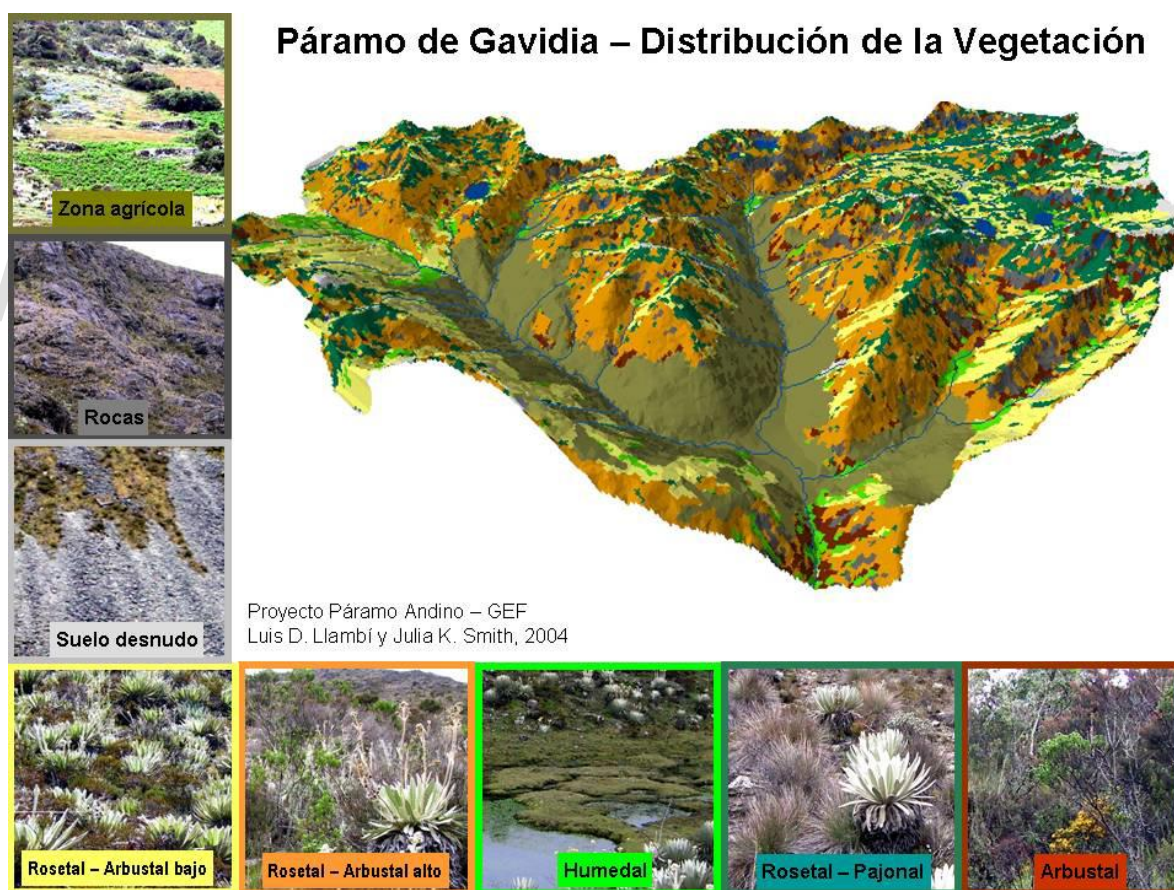


Figura 7. Mapa de cobertura, mostrando la zona agrícola y las formaciones vegetales presentes. (Llambí *et al.*, 2004).

6.2.5.- Relieve y geomorfología

En Gavidia-Valle Las Piñuelas se presenta un levantamiento tectónico que origina un relieve montañoso caracterizado por su irregularidad, fuertes pendientes, líneas de crestas agudas, elevadas y de gran masividad, altos picachos y ensilladuras (Castillo y Moncada, 2000; Zambrano, 1993). Está definido por un gran valle y varios valles colgantes de origen glaciar, y periglaciar. En el área se encuentran circos, los cuales son depresiones en semicírculo dominadas por paredes abruptas, representan las zonas de acumulación que dieron origen al glaciar, rocas aborregadas, además morrenas (depósitos de sedimentos, producto del desplazamiento del glaciar) y depósitos de till sobre las laderas del valle (Rondón, 2013).

El modelado por las aguas corrientes también se encuentra en el sector. Son las aguas corrientes las que a través de los tipos de escurrimiento juegan el papel más importante en el modelado de las posiciones de vertiente y de fondo de valle. El área de estudio ha sido afectada por el escurrimiento difuso y la presencia de surcos y cárcavas. Finalmente, en menor proporción, se encuentran depósitos aluviales, los cuales fueron originados por la presencia de abundante agua producto de la fusión del hielo y de las lluvias, lo que movilizó a lo largo de los valles principales, gran cantidad de material acumulado por los glaciares en los fondos de valle (Rondón, 2013).

6.2.6.- Geología

Se define por la presencia de una serie de rocas, de las cuales alternan gneises, esquistos y granitos, y sus minerales constituyentes son cuarzo, feldespato, biotitas, moscovita y clorita (Medina, 1975). La Asociación Sierra Nevada está cubierta en algunos sitios por materiales del Cuaternario representado por lavas torrenciales, conos, terrazas, morrenas y depósitos coluviales recientes, depositados a lo largo del fondo de valle de la Quebrada Gavidia y en el contacto vertiente-fondo de valle. Se encuentran también afloramientos rocosos principalmente de granito, con mineralogía característica que limita el desarrollo de buenos suelos (Castillo y Moncada, 2000).

El Valle Las Piñuelas es un típico valle glaciar, con laderas de pendientes muy fuertes, con abundantes deslizamientos en las zonas medias y bajas (Llambí *et al.*, 2013).

6.2.7.- Población humana: Gavidia-Valle Las Piñuelas

Para el Valle Las Piñuelas se cuenta con datos de población total correspondientes al año 2011, datos obtenidos a partir de los censos de población realizados por el Ambulatorio del sector (Ambulatorio de Sanidad y Asistencia Social de Gavidia), arrojando un total de 361 habitantes (Rondón, 2013).

Comparando la población total del municipio Rangel (15.206 habitantes) con la del sector para el año 2011, es importante mencionar que la población del sector representó apenas el 2,4% de la población total del municipio, posiblemente se deba a las condiciones geográficas presentes.

De los tres sectores que conforman el área: Plano de Gavidia, Micarache y Las Piñuelas; el primero es el más poblado (51,7%) presentando una mayor concentración de viviendas y equipamiento de servicios, seguido por Las Piñuelas.

7.- ASPECTOS METODOLÓGICOS

El procedimiento metodológico desarrollado para lograr los objetivos planteados en esta investigación se resumen en la figura a continuación (figura 8).

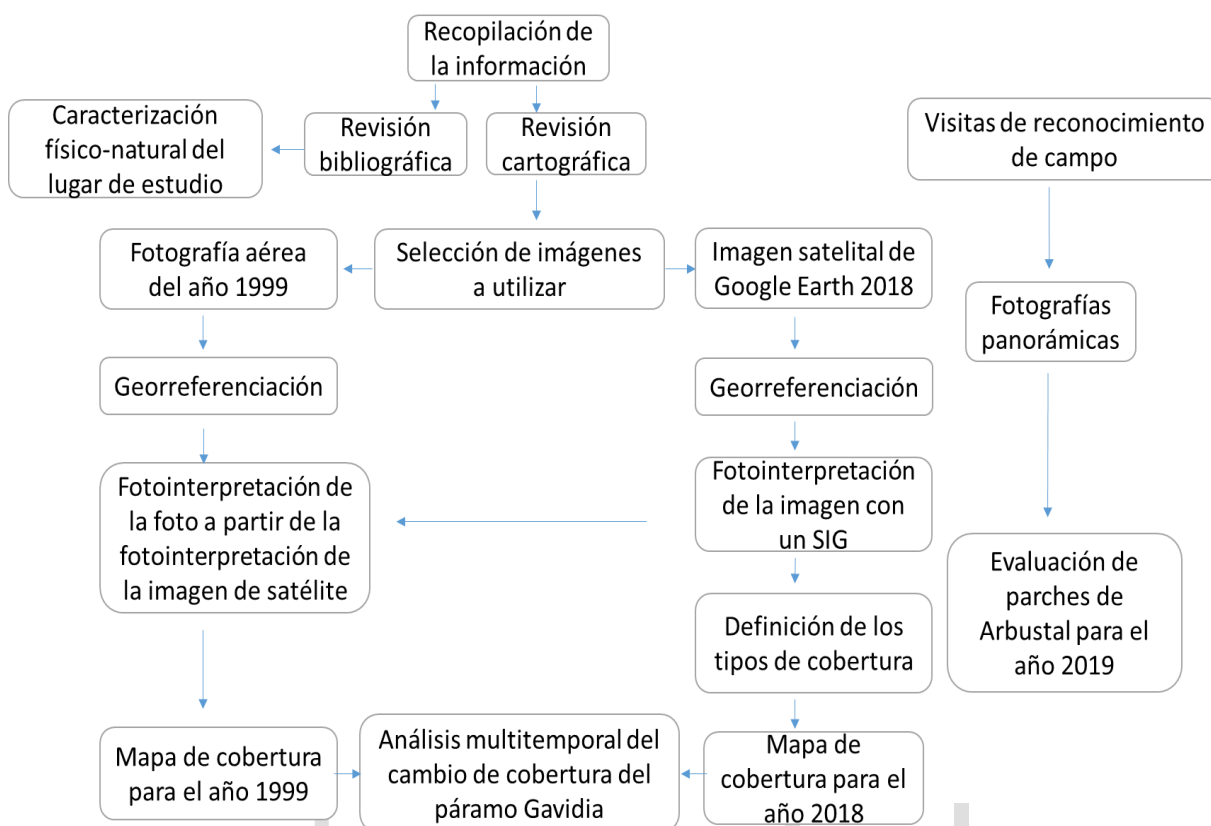


Figura 8. Esquema metodológico de la investigación

7.1.- Revisión de la información

La fase de recopilación de la información consistió en una búsqueda de material cartográfico y bibliográfico tanto en la web, como en el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. La información bibliográfica fue base para el desarrollo de los antecedentes, así como la caracterización física natural del área de estudio.

En la recopilación cartográfica, se hizo principal énfasis en aquellas imágenes que presentaran buena resolución, que permitiese reconocer las formaciones vegetales y otros elementos, para la elaboración de los mapas de cobertura de la tierra de la zona de estudio.

7.2.- Selección de las imágenes a utilizar en la investigación

Bajo estos criterios, se seleccionó la foto aérea del año 1999 perteneciente a la Misión 010494 – 116 y la imagen de *Google Earth* de fecha 12 de Septiembre del 2018 (CNES/ Airbus). La selección de estas tiene como objetivo generar los mapas de cobertura de la tierra del Valle Las Piñuelas-Gavidia, posteriormente, aplicar las técnicas de análisis

espacial que permitirán determinar cambios, zonas estables, para crear información base, para en un futuro generar propuestas de conservación.

7.3.- Visitas de reconocimiento en campo

La fase de campo se llevó a cabo en tres salidas: las dos primeras se realizaron previa a la iniciación del trabajo, para reconocer las coberturas vegetales presentes en el páramo de Gavidia, específicamente en el Valle Las Piñuelas, basándonos en el mapa de cobertura del páramo de Gavidia de Llambí *et al*, (2004)

Durante estas salidas, se tomaron puntos de control con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), en la ladera derecha, izquierda, así como en la vía principal (Fondo de Valle), tomando como referencia muros de piedras, la intersección de caminos con la vía principal, casas viejas, piedras de tamaño grande, entre otros elementos fácilmente reconocibles tanto en la foto aérea como en la imagen satelital, que fueron empleados en la georreferenciación de estas. Además se tomaron fotos panorámicas del Valle Las Piñuelas que sirvieran de referencia en el momento de la fotointerpretación.

La tercera salida permitió validar y corregir los tipos de cobertura del 1999 y 2018.

Con el propósito de realizar una buena interpretación de los mapas resultantes de los años de interés en la presente investigación, se consideró pertinente recurrir a los habitantes de la población Las Piñuelas, con la finalidad que fueran ellos quienes aportaran información sobre la temática de estudio. Al momento de aplicar la entrevista, se acudió a una serie de informantes, es decir, habitantes de la zona que han estado expuestos a situaciones de escaso acceso al gas doméstico y que han observado el cambio que ha experimentado el uso de la tierra a través de los últimos 20 años, considerando además, la accesibilidad al entrevistado y disponibilidad de tiempo de los mismos. Se contó con un total de seis personas entrevistadas, las cuales fueron grabadas para evitar la interrupción de las mismas y aprovechar la máxima información que los actores nos aportaran para luego ser analizada y obtener información de suma importancia para nuestra investigación, destacando en primer lugar, cómo los habitantes conocen o identifican este tipo de cobertura (arbustal), si utilizan esta cobertura como leña, cual es el procedimiento de su obtención, si prefieren un arbusto en específico o sin orden de importancia para su uso como leña, cómo observan la frontera agrícola con el pasar de los años.

7.4.- Georreferenciación de la foto aérea del año 1999 y de la imagen satelital del año 2018 con un SIG

Una vez tomados todos los puntos de control con el GPS sobre el valle así como parte de la ladera derecha e izquierda de Las Piñuelas, haciendo uso del programa Garmin (MapSource), se transfirieron los puntos al computador (Figura 9), luego se guardaron en formato .gdb para de esta manera poder desplegarlos sobre la imagen de Google Earth y facilitar el reconocimiento, sobre la foto aérea e imagen satelital, de cada uno de los elementos considerados al momento de tomar los puntos con GPS.

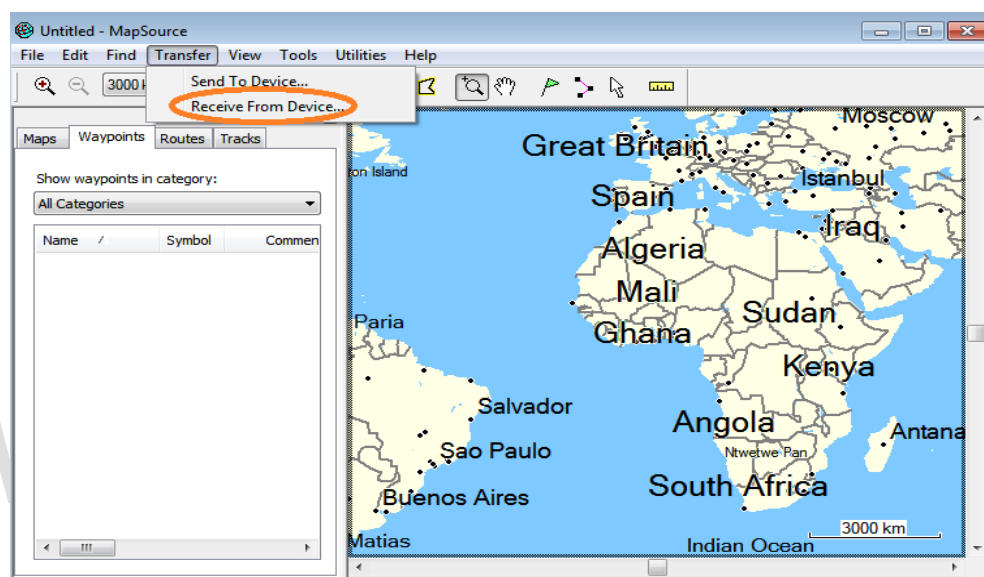


Figura 9. Vista en pantalla del programa MapSource para la transferencia de puntos desde el GPS a la computadora

Seguidamente, para la georreferenciación se empleó el programa ILWIS 3.2, para ello se importaron al programa la imagen de satélite y la foto aérea, con las herramientas “Import Map” en formato TIF, generando así un archivo raster (Figura 10). Luego, con la herramienta “Create” y “GeoReference” (Figura 11), se crearon las respectivas georreferenciaciones, para lo cual fue necesaria la elección de un sistema de coordenadas (UTM, zona 19 y hemisferio norte), un datum (WGS 84) y un elipsoide (WGS 84). Luego se ubicaron los puntos que se habían definido en campo, tanto en la foto aérea como en la imagen de satélite y se les asignaron sus respectivas coordenadas levantadas con GPS. Por otra parte, en aquellos lugares de acceso difícil donde no fue posible acceder con el GPS, se seleccionaron puntos a los que se les asignaron las coordenadas que estos presentaron en

Google Earth, ya que el error que se encontró entre las coordenadas marcadas con GPS y las de Google Earth para los puntos control fue mínimo, casi despreciable.

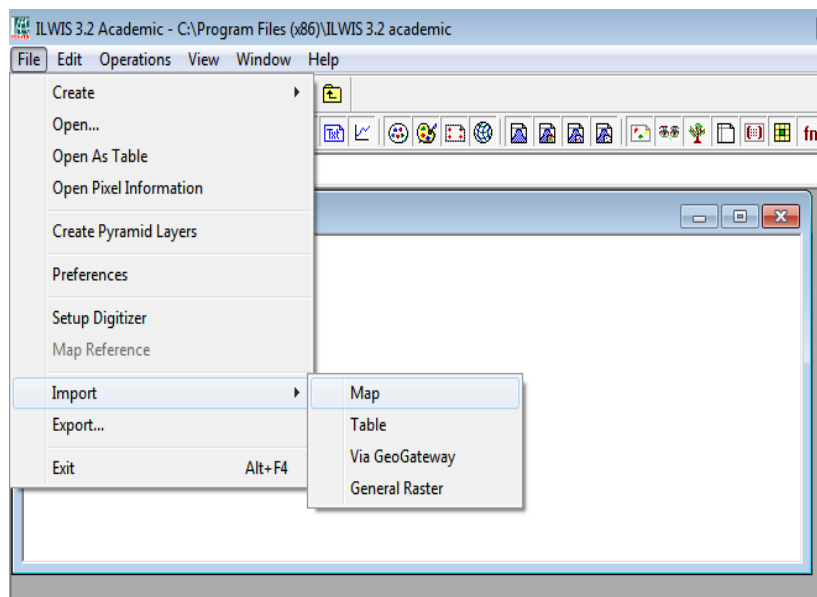


Figura 10. Herramienta para importar la imagen de satélite y la foto aérea al programa ILWIS 3.2.

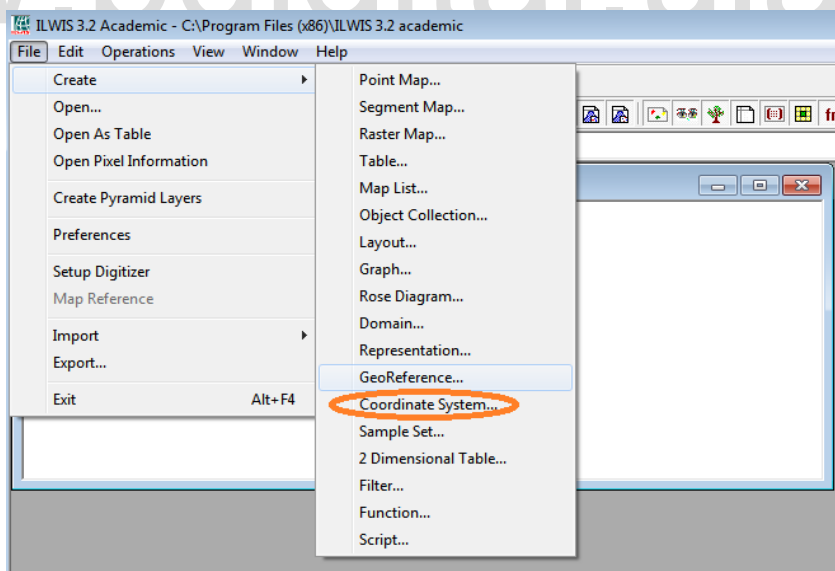


Figura 11. Herramienta para la creación de la georreferenciación de la foto aérea e imagen satelital del páramo de Gavidia del año 1999 y 2018, respectivamente.

Para controlar el error de las georreferenciaciones de la imagen de satélite y la foto aérea, se elaboraron mapas de segmentos de las carreteras, la hidrología y el límite de la

cuenca sobre la imagen y se sobremontaron a la foto aérea para comparar la sobreposición y correspondencia de cada uno de los elementos.

La interpretación visual, o también denominada fotointerpretación de la foto área y la imagen satelital sobre pantalla, consistió en clasificar la información contenida en las mismas, considerando los colores, las texturas y patrones para delimitar las diferentes formaciones vegetales y usos de la tierra (Marquina, 2010).

A partir de este procedimiento se realizó la identificación de cada cobertura vegetal, por ejemplo, las formaciones vegetales como arbustales se visualizaron como zonas regularmente de color oscuro, no uniforme, de texturas grumosas; por otra parte, las carreteras y caminos se identificaron como líneas o franjas continuas con tonalidad y textura firme, mientras que las quebradas o cuerpos de agua, contrastaban en su tonalidad oscura de los elementos de sus alrededores; las zonas de cultivo, se percibieron como áreas de forma regular, de tonalidad y textura firme y constante de todo el aérea, elementos que fueron fácilmente identificables en campo, así como en la imagen y foto utilizadas. Para ello, haciendo de igual forma uso de ILWIS 3.2 se procedió a seleccionar en la opción de archivo, crear un mapa de segmento (Figura 12) en el caso de las carreteras, quebradas, muros de piedra y para delimitar las coberturas vegetales. Durante la fotointerpretación el elemento de menor tamaño considerado fue mayor a 10m en alguno de sus ejes.

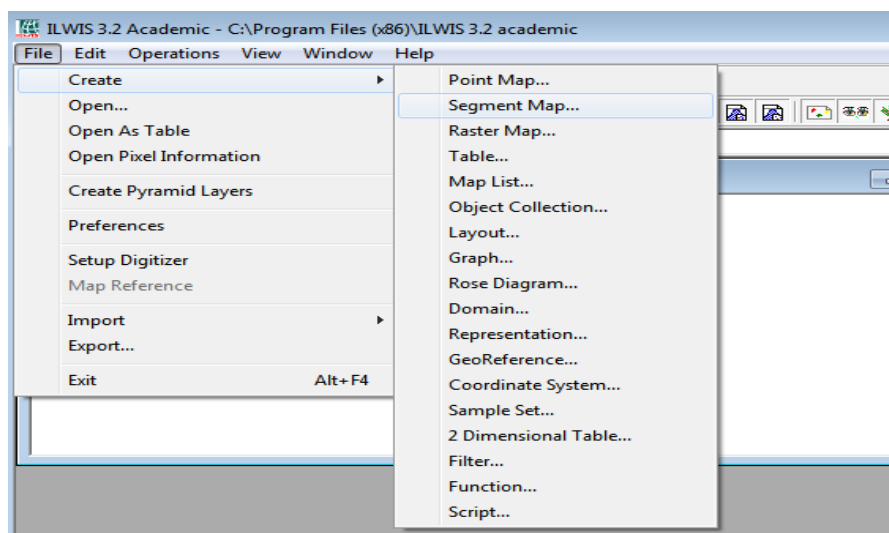


Figura 12. Herramienta para la elaboración de los mapas de segmentos para definir los límites de las coberturas vegetales y para crear los mapas de hidrología, caminos y carreteras, límite de la cuenca Las Piñuelas.

Una vez culminado el mapa de segmentos de límites de las coberturas, resultado de la fotointerpretación visual sobre pantalla, se procedió a chequear cada uno de los segmentos elaborados, para ello en el programa ILWIS 3.2, en la opción archivo, chequear segmentos, se realizó la corrección de auto superposición, segmentos sin salida y de las intersecciones (Figura 13), cada una de ellas se dio por culminada cuando el programa arrojara la palabra “ok” (Figura 14).

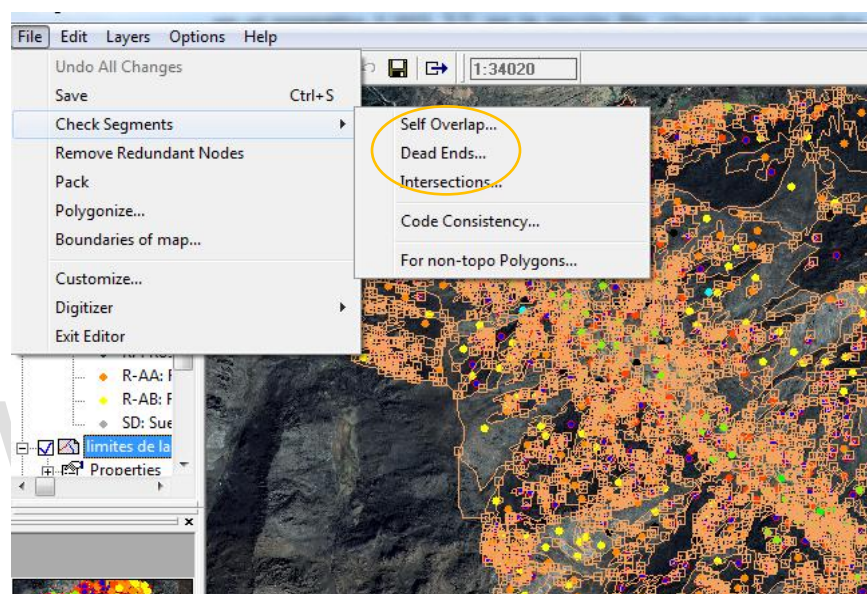


Figura 13. Herramientas para la corrección del mapa de segmentos de límites de coberturas vegetales del páramo de Gavidia.

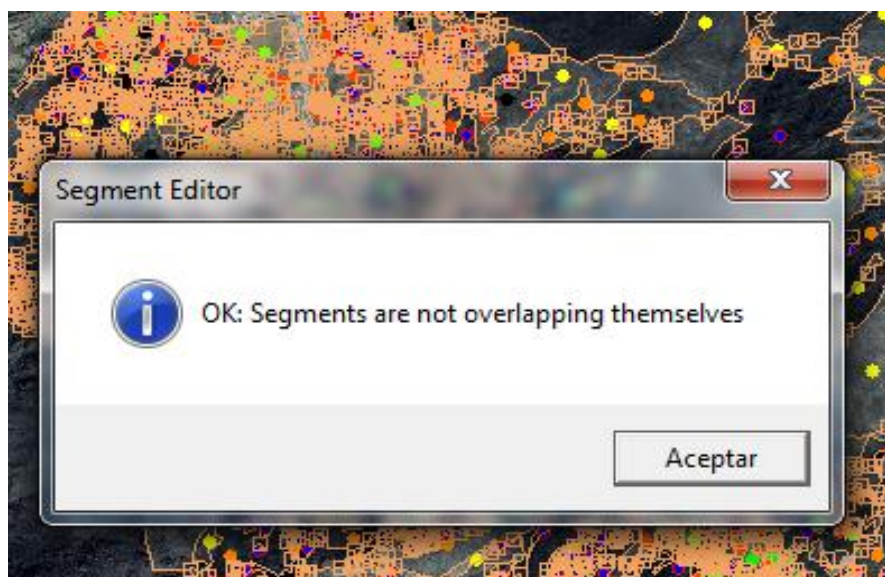


Figura 14. Procedimiento de corrección y chequeo de los segmentos del mapa de límites de coberturas.

Las unidades de cobertura para cualquier territorio se definen a partir de una serie de conceptos, adaptándose así, a las condiciones ecológicas de la región o localidad (Contreras y Portillo, 2015). Para la cobertura de la tierra del Páramo de Gavidia se tomó como referencia la leyenda propuesta por Llambí *et al.* (2004).

Una vez definida la leyenda, se procedió a la elaboración del mapa de puntos (Figura 15), el cual permitió asignarle el tipo de cobertura al que correspondía cada superficie delimitada en el mapa de segmentos de límites de la cobertura en la imagen satelital del año 2018 durante la interpretación visual sobre pantalla, es decir, se le asignó a cada superficie dibujada su categoría de cobertura correspondiente.

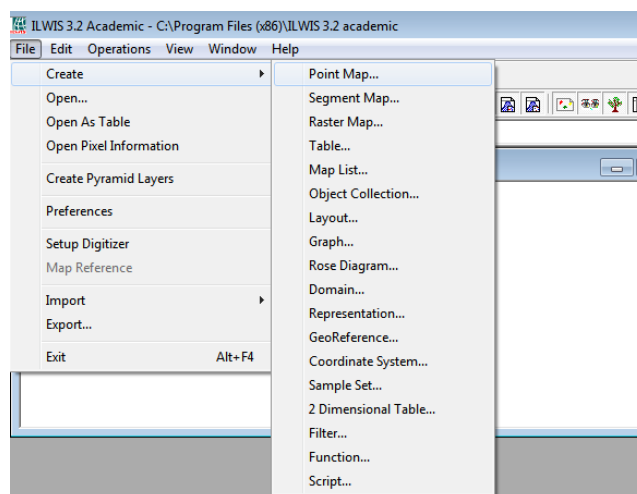


Figura 15. Herramienta para crear el mapa de puntos para la asignación de cada categoría correspondiente a la cobertura de la tierra.

Luego se procedió a transformar el mapa de segmentos de límites de las coberturas a un mapa de polígonos de coberturas, siendo necesaria la elección del mapa de puntos. Con ello se obtuvo el mapa de coberturas de la tierra del Valle Las Piñuelas - Gavidia (Figura 16).

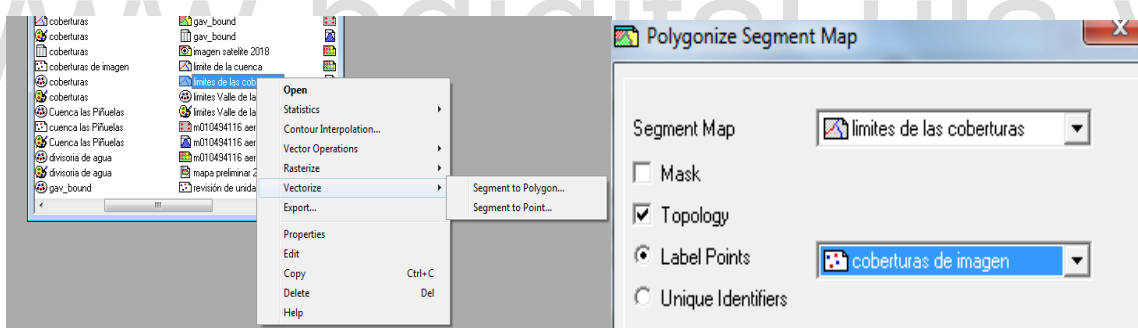


Figura 16. Transformación del mapa de segmento a un mapa de polígono de las coberturas de la tierra.

Dado que la fotointerpretación visual de las coberturas de la tierra se realizó más allá del límite de la cuenca de este Valle, fue necesario el corte y eliminación de las áreas fuera de estos límites para crear el mapa de coberturas 2018, para ello se hizo uso de la herramienta “Map Calculation” que proporciona el programa utilizado y se aplicó la siguiente fórmula (Figura 17), que permitió cortar el mapa de coberturas partiendo del límite de la cuenca del Valle Las Piñuelas.

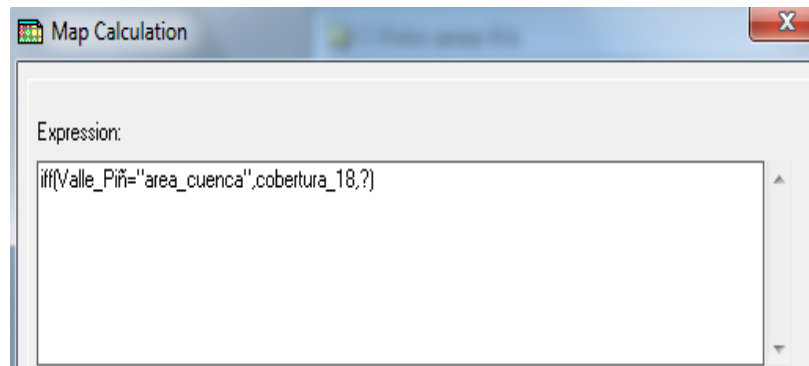


Figura 17. Herramienta empleada para el corte del mapa de coberturas de la tierra 2018.

Finalmente, se procedió a crear el mapa de salida. Para ello, se procedió a establecer un “Layout”, que como todo mapa incluyó los siguientes elementos: la escala del mapa, la leyenda, la cuadrilla, las coordenadas, el norte, entre otros (figura 18).

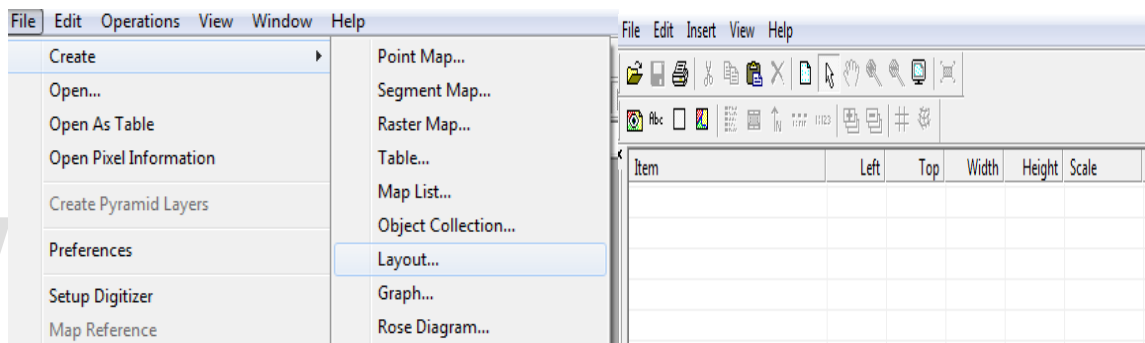


Figura 18. Herramienta para crear el mapa de salida de coberturas 2018.

Con esto se obtuvo la versión del mapa de cobertura del año 2018, el cual constó de un chequeo detalle por detalle, haciendo uso de las fotos panorámicas tomadas previamente en campo para verificar que la clasificación de las unidades de cobertura se realizó de forma correcta.

Para iniciar la fotointerpretación de la foto aérea del año 1999, se empleó el programa QGIS versión 2.18.24 (es una herramienta que permite superponer las imágenes). Para ello se usó la fotointerpretación del año 2018, ya que los segmentos anteriormente definidos en esta imagen se usarían para lograr identificar cada elemento presente en la foto aérea, ya que, esta foto estaba representada en blanco y negro, lo que dificultaría la identificación de los elementos que figuraban en la misma, por lo cual se exportó en

archivo en formato Shapelite (.shp) (figura 19), y la foto aérea del año 1999 se guardó en formato TIFF.

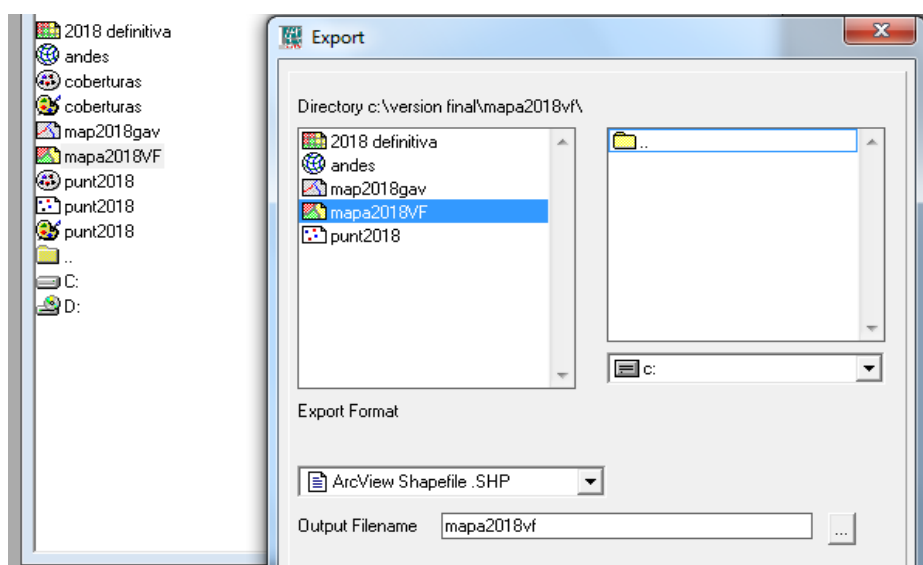


Figura 19. Herramienta para crear el archivo Shapelite del mapa coberturas del 2018 del Valle Las Piñuelas.

Una vez creados los archivos mencionados en la parte anterior, se procedió a abrirlos en QGIS y crear así la interpretación visual sobre pantalla del mapa del año 1999 (figura 20). Esta herramienta permitió visualizar en la foto aérea el mapa de segmentos creado en la imagen de satélite del 2018, donde cada polígono tenía definido su cobertura. Se verificó si cada cobertura correspondía en ambas imágenes, en caso contrario, en la tabla de atributos se cambió el tipo de cobertura correspondiente para la foto aérea (figura 21). De esta manera, se creó el mapa de coberturas de la tierra del año 1999.

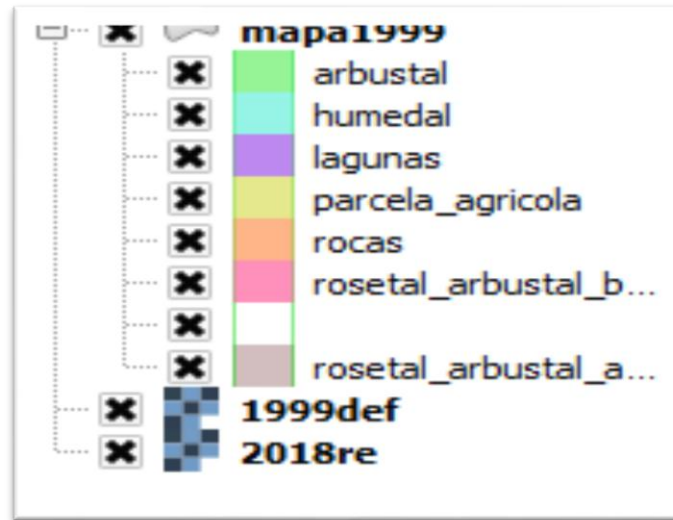


Figura 20. Panel de capas seleccionadas para crear la interpretación visual sobre pantalla de la foto de 1999.

474	arbustal	24.84	arbustal
475	arbustal	65.30	arbustal
476	parcela_agricola	102.95	arbustal
477	arbustal	24.84	arbustal
478	arbustal	2502.45	arbustal
479	arbustal	1062.86	arbustal

Figura 21. Tabla de atributos de cobertura de la tierra para el año 2018 y 1999.

Una vez culminada la clasificación, se continuó la transformación del mapa de segmentos a un mapa de polígono (figura 22).

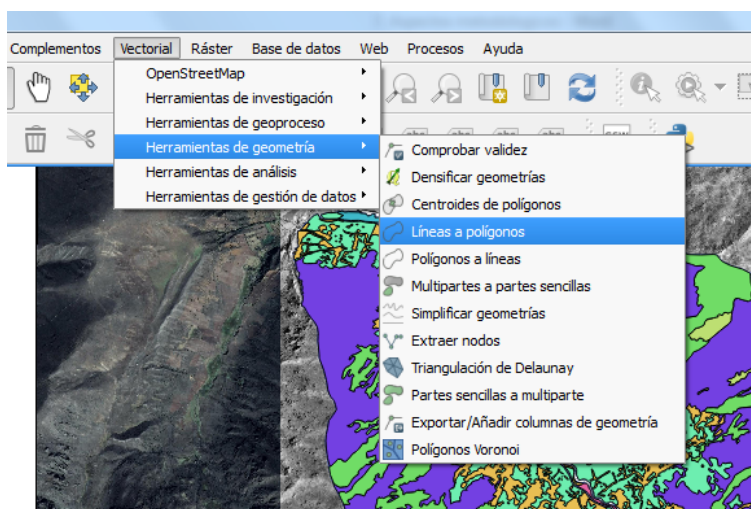


Figura 22. Herramienta para la transformación del mapa de segmento a un mapa de polígono de las coberturas de la tierra 1999.

Además, se calculó el área que ocupa cada polígono de cobertura en este mapa (figura 23).

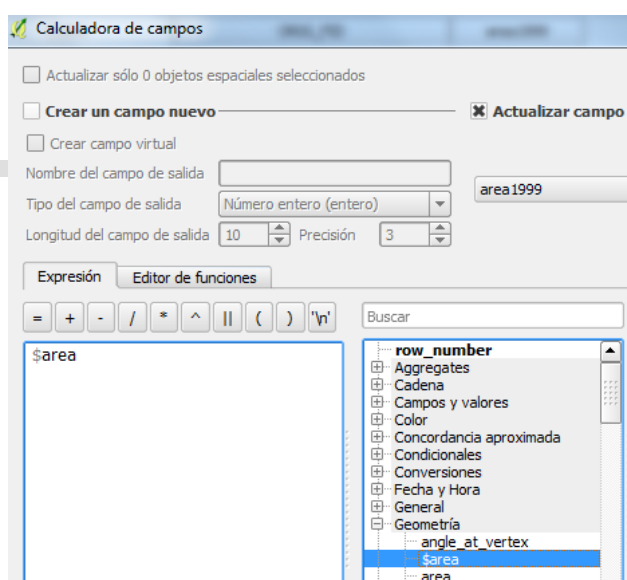


Figura 23. Herramienta para el cálculo de área de las coberturas

Dada la necesidad de hacer un análisis bien detallado de los años de estudio, se recurrió a una herramienta de intersección (figura 24), la misma permite obtener un resumen de la información contenida en ambos mapas, es decir, lograr identificar los cambios ocurridos en estos dos tiempos en la cobertura de la tierra, haciendo énfasis en el cambio que han experimentado los arbustales.

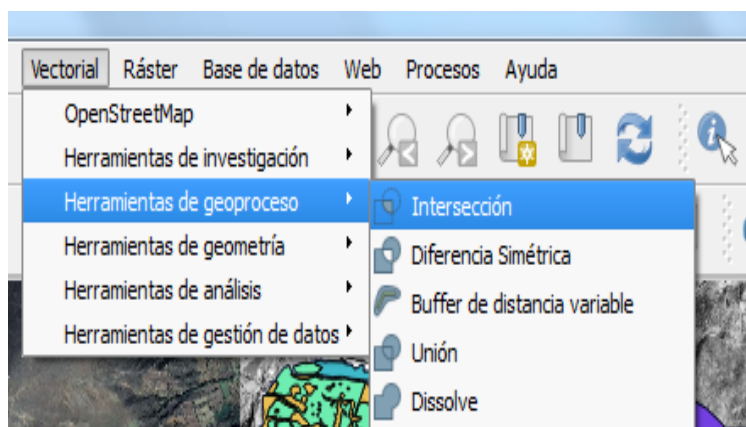


Figura 24. Herramienta para la intersección de los mapas 1999-2018.

7.5 Análisis de cambios de la cobertura

A partir de la información obtenida en los mapas de los años estudiados y haciendo uso del programa Microsoft Excel 2013, se cuantificó la superficie de cada uno de los tipos de cobertura y se elaboraron figuras.

8.- RESULTADOS

8.1.- Análisis de los mapas de cobertura de la tierra del año 1999- 2018

Los tipos de cobertura encontrados fueron siete: arbustal, rosetal-arbustal alto, rosetal-arbustal bajo, parcelas agrícolas, humedal, lagunas y rocas. Estos tipos responden a las siguientes características. Parte de las descripciones de los distintos tipos de cobertura fue realizado por Llambí *et al.*, 2013.

Arbustal: Se encuentran actualmente en las partes bajas de las laderas como pequeños parches en los bordes de las parcelas agrícolas, alcanzando mayores alturas a lo largo de las cañadas y en las zonas con acumulaciones de rocas grandes donde se genera un microclima más favorable (figura 25). Se sabe que el arbustal paramero está formado por 105 especies (tabla 1), dentro del mismo hacen vida una serie de arbustos: *Arcytophyllum nitidum*, *Ageratina jahnii*, *Baccharis prunifolia*, *Berberis discolor*, *Cestrum buxifolium*, *Chaetolepis lindeniana*, *Hesperomeles ferruginea*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Hypericum laricifolium*, *Morella funckii*, *Myrsine dependens*, *Ribes canescens*, *Vaccinium meridionale*, *Vallea stipularis*, *Lathyrus meridensis*; los mismos han sido identificadas por Llambí *et al.*, 2013. Estos arbustos resultan de nuestro interés ya que los mismos proporcionan la mayor cobertura en esta unidad, siendo las especies leñosas las que utilizan como leña los habitantes de Las Piñuelas. Además, esta vegetación se visualizó fácilmente tanto en la foto

aérea así como en la imagen de Satélite como áreas regularmente de color oscuro y su textura era grumosa.

Jiménez (2012) y García-Valera (2008) mencionan otras de las especies que forman parte de la formación vegetal arbustal, entre estas destacan: *Castilleja fissiola*, *Lachemilla orbiculata*, *Rumex acetosella*, *Acaena elongata*, *Orthosanthus chimboracensis*, *Agrostis jahnii*, *Calamagrostis pittieri*, *Trisetum irazuense*, *Agrostis trichodes*, *Poa anua*, *Brachypodium mexicanum*, *Calamagrostis effusa*, entre otras.



Figura 25. Arbustal presente en el páramo de Gavidia, distribuidos como pequeños parches en los bordes de las parcelas agrícolas.

Rosetal-arbustal alto: Se encuentran ocasionalmente en laderas de umbría con una mayor humedad. El estrato superior puede alcanzar los 2 metros de altura y es dominado por el chispeador *Chaetolepis lindeniana* e *Hypericum laricifolium*. Otras especies abundantes incluyen a *Espeletia schultzei*, y *Orthosanthus chimboracensis* (hierba) (figura 26).



Figura 26. Rosetal – arbustal alto presente en el páramo de Gavidia – Valle Las Piñuelas.

Rosetal-arbustal bajo: Es el tipo de vegetación más extenso en el páramo de Gavidia y se encuentran a partir de los 3300 msnm. Generalmente está asociado a laderas que reciben más radiación. El estrato superior alcanza unos 70 - 100 cm de altura y está dominado por los arbustos esclerófilos *Hypericum laricifolium* y *Arcytophyllum nitidum* y los frailejones *Espeletia schultzii* y *Ruilopezia floccosa* (figura 27).



Figura 27. Rosetal – arbustal bajo presente en el páramo de Gavidia – Valle Las Piñuelas.

Zona agrícola: La zona agrícola establecida en el Valle Las Piñuelas está sometida a una fase de sucesión- restauración por lo que en nuestra investigación esta zona agrícola

incluyó cada una de las siguientes categorías encontradas en campo: parcelas agrícolas cultivadas, parcelas agrícolas aradas y parcelas agrícolas en descanso. Se han establecido una gran variedad de cultivos, entre las que destacan: papa, trigo, ajo, zanahoria, entre otros rubros (Figura 28). Esta zona domina en las partes media y baja de las laderas del Valle.



Figura 28. Zona agrícola establecida en el páramo de Gavidia – Valle Las Piñuelas.

Rocas: zonas en las que afloran rocas que fueron erosionadas por la acción de antiguos glaciares y actualmente por procesos característicos del modelado periglacial. Carecen de una cobertura vegetal continua, presentan pocos elementos de vegetación dispersos (figura 29). Las rocas se ubican preferiblemente en las partes altas de las laderas, destacando que en la ladera derecha se ubican a partir de la zona media.



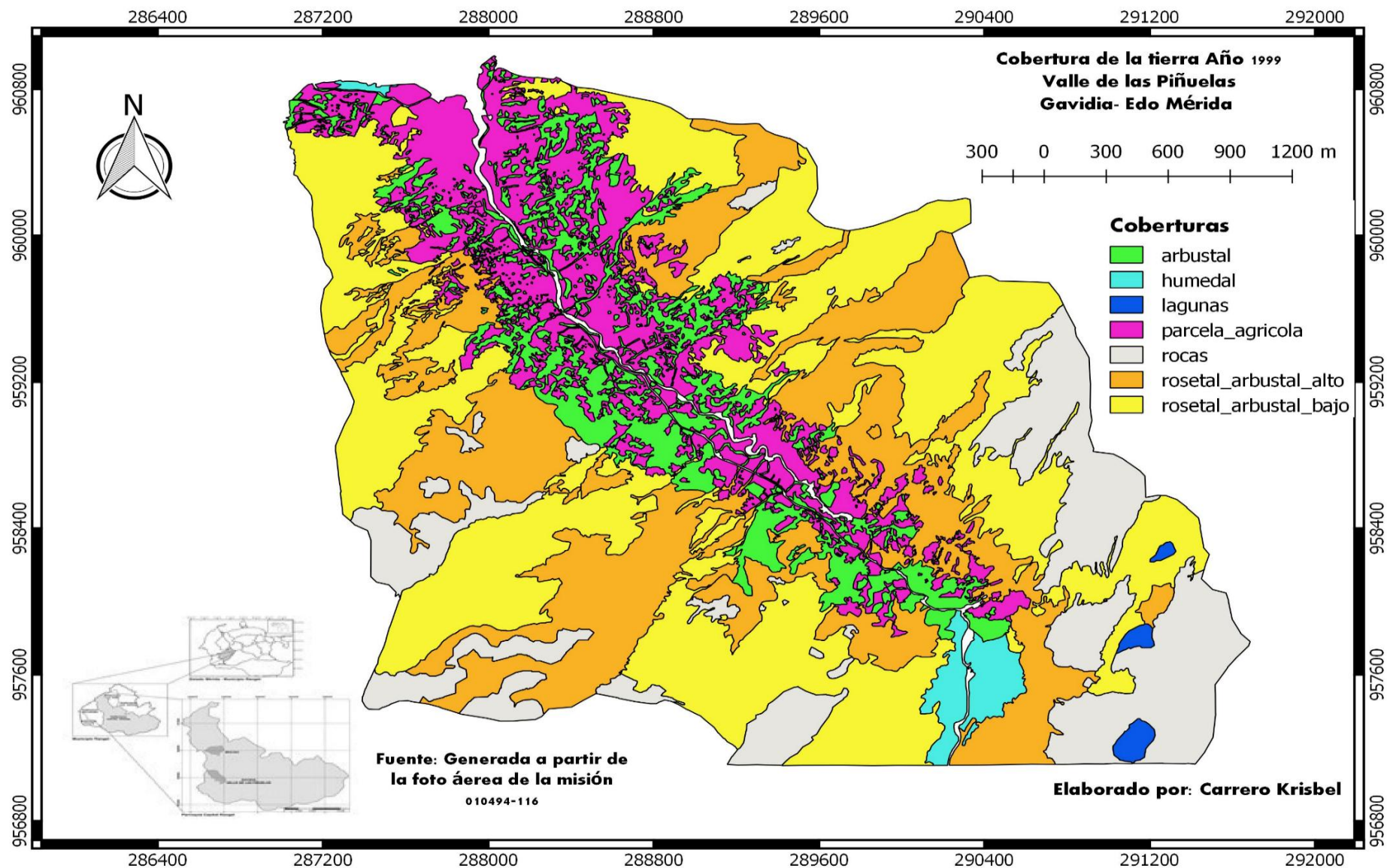
Figura 29. Rocas presentes en el páramo de Gavidia – Valle Las Piñuelas

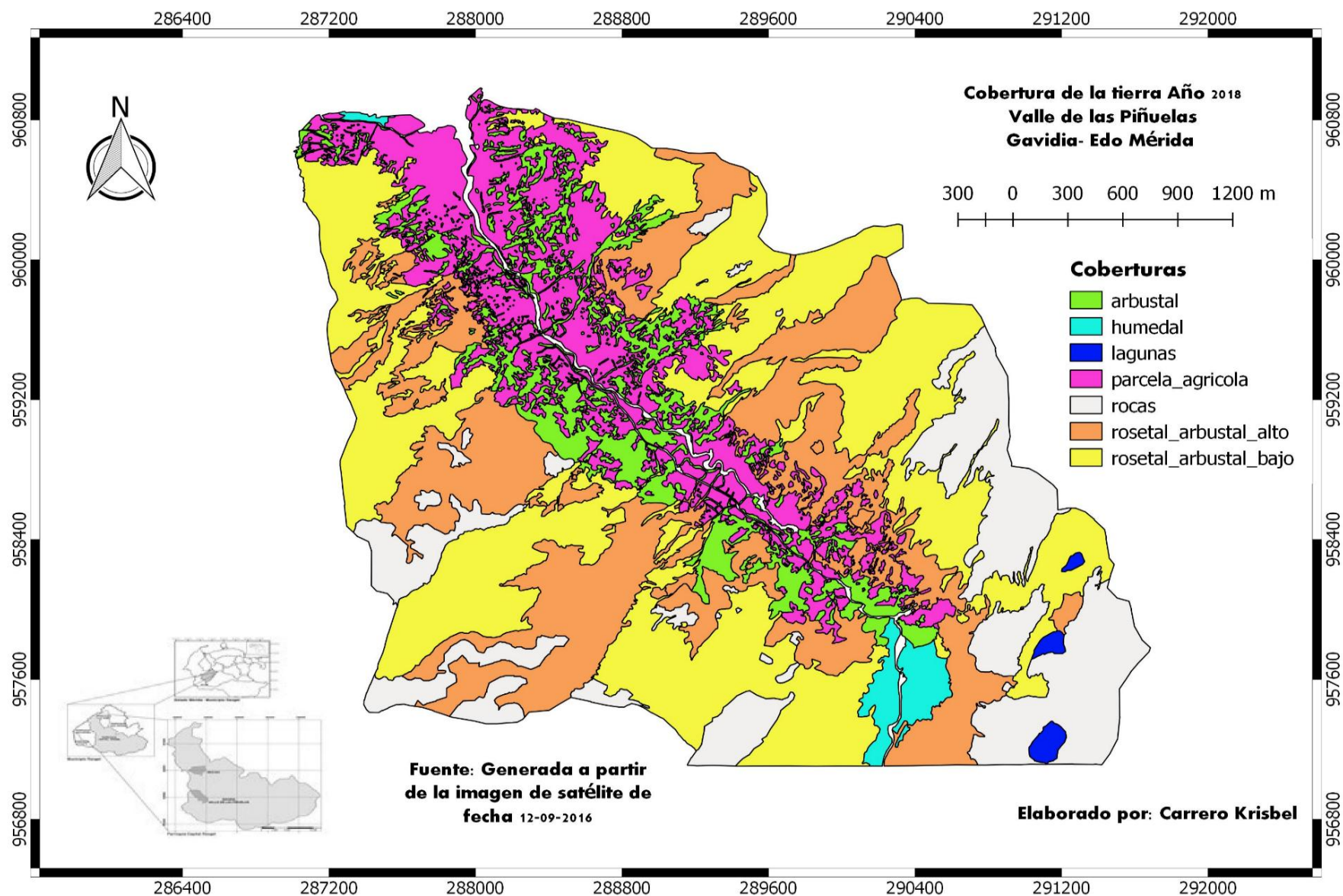
Humedal: Se distribuyen en forma de parches en posiciones de fondo de Valle y en las partes bajas de las laderas. Los humedales son ambientes estratégicos desde el punto de vista de almacenamiento y regulación del agua y de la oferta de forraje para el ganado. En estos ambientes dominan plantas muy pequeñas, incluyendo cojines, rosetas enanas, hierbas, juncos y pastos (figura 30).



Figura 30. Humedal localizado en la zona de Pantano Grande – Páramo de Gavidia.

Es de resaltar que, en la ladera izquierda la zona agrícola ocupa zonas con mayor altitud, mientras que para la ladera derecha no se observan parcelas agrícolas en estas zonas, ya que esta ladera se caracteriza por presentar una pendiente mucho más pronunciada y con mayor cantidad de rocas. Es importante aclarar, en los mapas obtenidos, las rocas se señalaron en ciertos puntos debido a que en las imágenes utilizadas resaltaban con mayor facilidad en estas áreas, sin embargo, las rocas están presentes en la mayor parte del Valle Las Piñuelas.





La superficie en hectáreas que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para el año 1999 y 2018 se resume en la tabla a continuación (tabla 4).

Tabla 4. Superficie en hectáreas que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para los años 1999 - 2018.

Cobertura de la tierra	Superficie (ha) - 1999	Superficie (ha) - 2018
Rosetal arbustal bajo	416,09	415,03
Rosetal arbustal alto	312,05	308,93
Arbustal	118,82	109,32
Parcela agrícola	182,34	195,68
Humedal	20,72	20,72
Rocas	180,34	180,34
Lagunas	5,53	5,53

Además, se presenta la superficie en porcentaje que ocupan las diferentes coberturas de la tierra para los dos tiempos de estudio (figura 33 y 34).

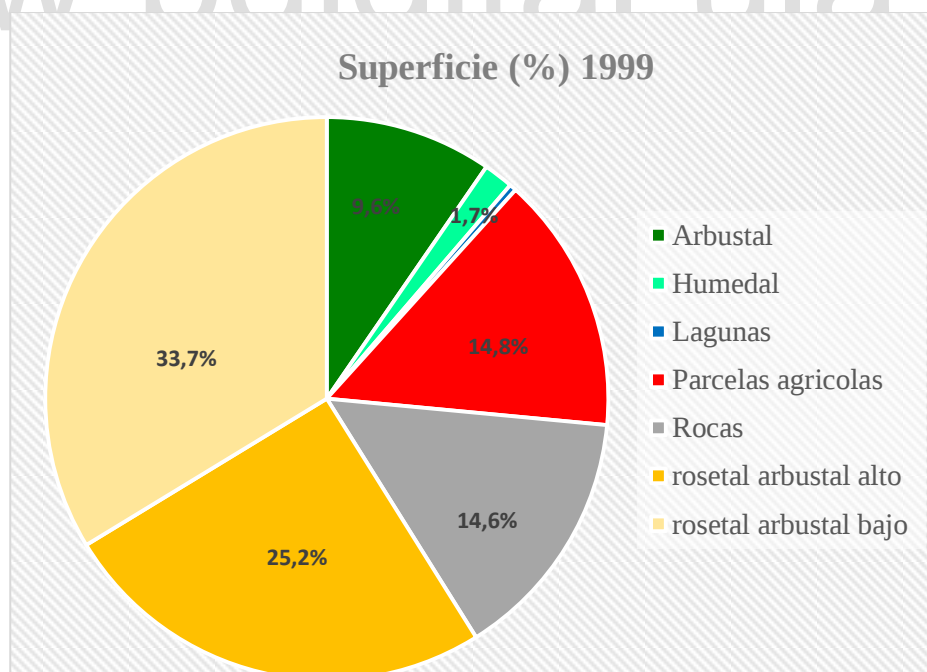


Figura 33. Superficie en porcentaje (%) que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para el año 1999.

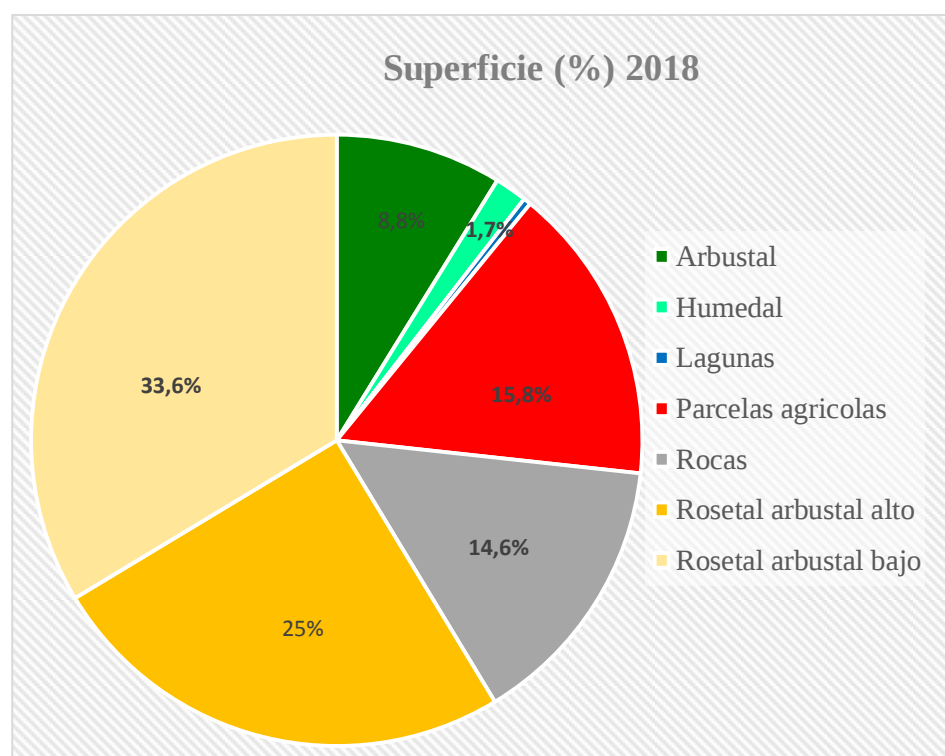


Figura 34. Superficie en porcentaje (%) que ocupan las diferentes coberturas de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas para el año 2018.

En términos de vegetación natural, para el 1999 el rosetal arbustal bajo ocupaba 416,09 ha lo que representa un 33,7% del área total estudiada (figura 33), pero para el 2018 esta unidad de cobertura ocupó 415,03 ha (33,6% de área total) (figura 34), reflejando que parte de esta área perdida paso a ser zona agrícola para este año. Este tipo de cobertura prevalece en las partes altas del valle así como en gran parte de Pantano Grande, y en zonas bajas que está directamente asociada con zonas agrícolas en descanso, en etapas avanzadas de sucesión, con varios años sin cultivar. La unidad rosetal arbustal alto presentaba para el año 1999 una superficie de 312,05 ha pero para el año 2018 esta superficie ocupada por el rosetal arbustal disminuyó a 308,93 ha, representando un 25% del área total estudiada (figura 34). Este tipo de cobertura predomina en las partes altas del Valle y no han sido intervenidos a mayor escala, pues son zonas de difícil acceso por parte de los locales.

En el año 1999 puede observarse que los lotes sembrados en las partes medias y bajas de las laderas se distribuyen en forma continua y se ubican en las cercanías de las zonas pobladas, ocupando una superficie 182,34 ha (14,8 % de área total; figura 33).

Mientras que para el año 2018 esta zona agrícola ha aumentado, llegando a ocupar 195,68 ha (tabla 4), lo que significa un 15,8 % del área total estudiada para esta zona (figura 34).

La cobertura en la cual se hace principal énfasis en este trabajo de investigación es el arbustal, el mismo ocupó para 1999 una superficie de 118,82 ha, es decir, 9,6 % del área total (figura 33), siendo preciso mencionar que para el 2018 esta categoría de cobertura ocupó solo un 8,8 % (figura 34) del área total en el Valle Las Piñuelas, lo que indica que aún permanecen intactos 109,32 ha de arbustal.

De igual forma, se menciona que la categoría de cobertura que permaneció sin cambios es el humedal, el cual cuenta con 1,7% de área total (figura 33-34), es decir, ocupa una superficie de 20,72 ha (tabla 4). Es importante señalar, el humedal se ha conservado a pesar de que es común observar como lo secan para transformarlo en tierras cultivables.

Además de las categorías de cobertura de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas mostradas en figura 31 y 32, están presentes otras unidades, como las rocas, las cuales ocupan una superficie de 180,34 ha (tabla 4), ubicadas principalmente en las partes altas de las laderas y en la zona fotointerpretada de Pantano Grande, razón por la cual se hace difícil el establecimiento de parcelas destinadas a la agricultura en estas zonas. Mientras que las lagunas, ubicadas en Pantano Grande, ocupan una superficie de 5,53, lo que representa un 0,4% del área total (figura 33 y 34).

Para reafirmar el comportamiento de la actividad agrícola en el período estudiado se consideró pertinente agrupar la zona agrícola en una sola categoría, y la vegetación natural en otra categoría. Esta última incluye los arbustales, rosetales-arbustales altos y bajos y el humedal (figura 35). Los resultados muestran que la vegetación natural está sufriendo una disminución con el pasar de los años mientras que la zona agrícola muestra un aumento considerable a lo largo de 20 años de estudio. Estos datos revelan que áreas de vegetación natural se han intervenido para el establecimiento de nuevas parcelas agrícolas en la zona de Páramo.

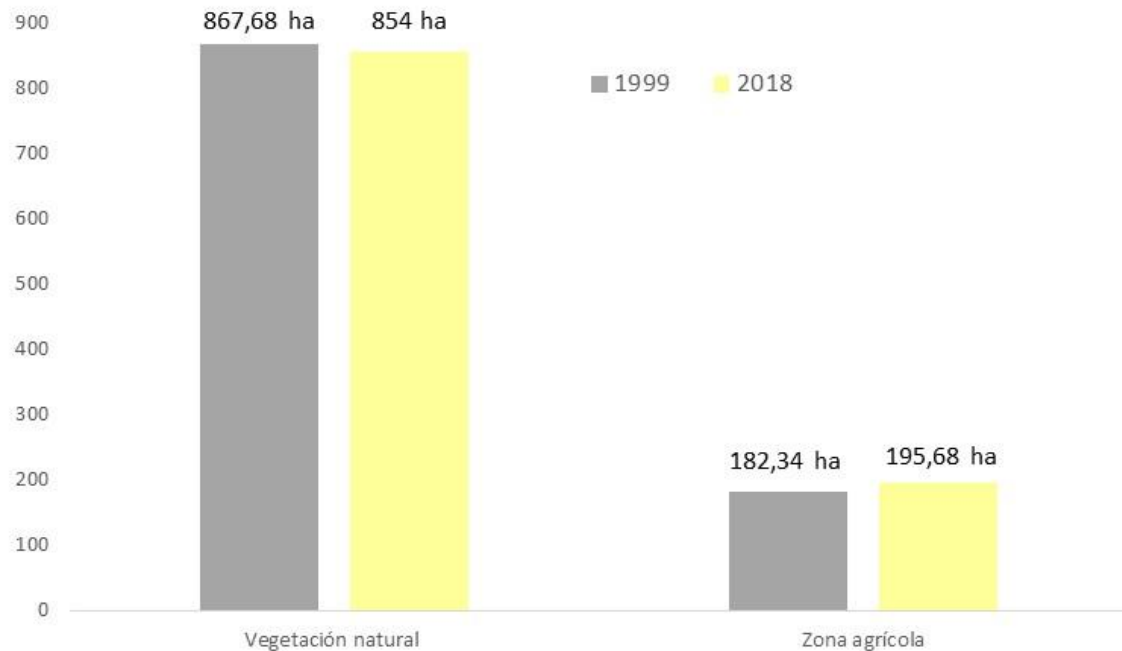


Figura 35. Superficie en hectáreas de las categorías de coberturas de la tierra para el año 1999 - 2018.

8.2.- Análisis de los cambios ocurridos en la cobertura de la tierra presentes en el Valle Las Piñuelas. Periodo 1999 – 2018.

El principal objetivo de la investigación fue evaluar los cambios ocurridos en la cobertura de la tierra en el páramo de Gavidia, con especial énfasis en la transformación de los arbustales, por ende se realizó la superposición de los mapas de cobertura de la tierra de los años mencionados (Tabla 5). Durante este análisis, se observó que 9,5 hectáreas de arbustal del año 1999 pasaron a ser parcelas agrícolas para el año 2018. De igual manera, ocurrió con parte de los rosetales arbustales, aunque la superficie de estos que pasaron a ser parcelas agrícolas para el año 2018 fue una menor proporción.

Tabla 5. Superficie en hectáreas del cambio de la cobertura de la tierra del Valle Las Piñuelas en Gavidia entre los años 1999-2018.

Cobertura de la tierra 1999	Cobertura de la tierra 2018	Variación de Superficie (ha)
Arbustal	Parcela agrícola	-9,5
Rosetal arbustal alto	Parcela agrícola	-3,12
Rosetal arbustal bajo	Parcela agrícola	-1,06
Parcela agrícola	Otros usos	0,34*

* Para el año 1999 estos 0,34ha correspondían a una parcela agrícola siendo reemplazado en el 2018 por la construcción de la escuela, lo que refleja una ganancia en infraestructura.

El número total de fragmentos obtenidos en este análisis desde la ecología del paisaje, representa a aquellos fragmentos que aún permanecían intactos para el año 2018. De esta manera, se observa que el tipo de cobertura más fragmentada está representada por los arbustales mientras que los rosetales arbustales, tanto altos como bajos, presentan una cifra similar en el número de fragmentos.

Además, el parche mayor de arbustal está representado por 28 hectáreas aproximadamente por lo que ejercer presión o crear un estado de conciencia en los locales sobre el daño que se está ocasionando sobre esta unidad contribuiría positivamente a mantener en estas condiciones esta unidad de cobertura. Sin embargo, el año 2019, constó de una serie de salidas de campo que permitió observar y con apoyo de la comunidad que son más los espacios de arbustales que están siendo afectados, ya que la presión antrópica (deforestación) a la que han sido sometidos estos arbustos en este año es alarmante (figura 36).

Al obtener un parche menor que representa 0,0002 hectáreas (2m²) en los 3 tipos de cobertura analizados nos da una idea de cuan delicado sería ejercer presión antrópica en este parche ya que el número de fragmentos que permanecían intactos van a seguir en aumento, provocando principalmente que los arbustales sigan siendo la unidad de vegetación con el mayor grado de amenaza.

En la tabla 6 además, se indica la altitud promedio en la cual se distribuyen estas coberturas, figurando que los arbustales al igual que los rosetales arbustales altos se ubican

entre 3700 – 3800 msnm mientras que los bajos se ubican entre 3800 – 3900 msnm aproximadamente.

Tabla 6. Número, tamaño promedio de los fragmentos, parche mayor y menor de tres tipos de coberturas que hacen vida en la localidad Las Piñuelas.

Cobertura	Número de fragmentos	Tamaño promedio de fragmentos (ha)	Parche mayor (ha)	Parche menor (ha)	Altitud (msnm)
Arbustal	241	0,78	28,1	0,0002	3700 - 3800
Rosetal-arbustal bajo	62	4,74	66,7	0,0002	3800 - 3900
Rosetal-arbustal alto	61	4,31	71,7	0,0002	3700 - 3800

Con la finalidad de reafirmar que la fuerte presión a la que se está sometiendo la unidad en la que se hace énfasis en nuestra investigación (figura 36), afecta además a las especies animales que hacen vida en estas especies vegetales (figura 37), por lo tanto, se muestra una serie de imágenes que fueron tomadas durante nuestras salidas de campo, donde logramos capturar la presencia de una especie de mariposa endémica de esta zona, *Ardaris eximia* haciendo vida en una serie de especies arbustivas propias de la zona.



Figura 36. Presión antrópica (deforestación) a la cual han sido sometidos los arbustos del Valle Las Piñuelas.



Figura 37. *Ardaris eximia* haciendo vida en una serie de especies arbustivas.

1, 2, 3 y 7: *Baccharis prunifolia* 4, 5, 6, 10 y 11: *Morella funckii* 8, 9: *Berberis discolor*

Fotos 1, 3, 6, 7, 8, 9 y 12 tomadas por: Gómez Libzaira; 2, 4, 5, 10 y 11 tomadas por
Krisbel Carrero.

9.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la zona de Las Piñuelas los datos muestran que entre 1999 y 2018 se han perdido 13,34 hectáreas de vegetación natural (tabla 4) lo que equivale a una reducción de 0,7 hectáreas/año. Esta pérdida ocurre en el arbustal localizado en zonas bajas mientras que en las partes altas de las laderas del Valle Las Piñuelas se pierde rosetal- arbustal alto como bajo, catalogado de esta manera de acuerdo a su estrato superior. Ésta pérdida puede estar asociada directamente con el establecimiento y desarrollo de nuevas zonas agrícolas, es decir, anualmente se están incorporando 7 mil metros cuadrados para cultivos en esta zona del páramo merideño.

De esta manera, el área agrícola establecida en esta zona ha estado principalmente representada desde los años 90 por el cultivo comercial de la papa y otros rubros como el trigo y la avena, incorporando con el pasar de los años otros rubros como zanahoria y ajo (Sarmiento y Llambí, 2011), los cuales se utilizaban para el autoconsumo o para el forraje del ganado, estableciéndose una relación entre las actividades agrícolas y la ganadera.

En este Valle la presencia de heladas, debido a su ubicación geográfica (3280 a 3780 msnm) sólo permitía una cosecha por año y el manejo agrícola se caracterizaba por largos periodos de descanso (2 a más de 10 años) que podrían restablecer total o parcialmente la vegetación natural (Sarmiento-Monasterio *et al.*, 1990), por lo tanto, los agricultores se veían en la necesidad de sembrar otra porción de terreno para garantizar la producción agrícola.

Sarmiento y Monasterio (1993) mencionan que en el área predominaba la pequeña propiedad que era explotada por la fuerza de trabajo familiar o en algunas actividades agrícolas por la modalidad de mano vuelta, la cual ya era practicada en el sector, pero debido a la llegada de nuevos pobladores a la zona, además de nuevos medieros, esta zona agrícola ha ido expandiéndose día con día. Pérez (2000) a través de entrevistas personales a pobladores de la zona, señala la existencia de siembras de trigo en las laderas ubicadas en la parte baja del valle, específicamente en el sector conocido como el plano de Gavidia y pequeñas huertas de papa para el autoconsumo en toda el área. Lo que indica que el valle pasó de ser un páramo principalmente exclusivo para el pastoreo a ser, adicionalmente, una zona agrícola.

Según Llambí *et al* (2004), a partir del año 2000, el sistema de producción de Gavidia cambió significativamente, intensificando la agricultura a través de la reducción o eliminación de los periodos de descansos en algunas parcelas y la eliminación del mismo en las parcelas ubicadas en la parte inferior de las laderas y las ubicadas a orillas de las carreteras. Resultado producto de la instalación en el 2003 de un sistema de riego el cual sirve las zonas bajas del valle lo que contribuyó a la llegada de productores externos así como el establecimiento de nuevos cultivos como la zanahoria y el cultivo de ajo, el cual requiere de un manejo agrícola de alta intensidad en cuanto al uso de fertilizantes, pesticidas y riego.

Rondón (2013), por medio de entrevistas, logró identificar otros elementos que influyeron aún más en la disminución de los periodos de descanso y es la llegada al sector de los siguientes insumos: fertilizantes, herbicidas, pesticidas e insecticidas, ya que su uso constante favoreció las características de la fertilidad del suelo por medio del aporte de nutrientes.

El área agrícola registrada en este estudio (figuras 31 y 32) muestra que se ha instalado con una mayor frecuencia en las partes bajas de las laderas, y no en las partes altas, esto puede ser explicado por la presencia de vías de penetración que facilitan el acceso a estas zonas bajas y la demanda de mano de obra resulta ser menor. Mientras que el traslado de los insumos agrícolas a las zonas altas resulta ser complicado, genera mayor demanda de mano de obra para el traslado de los mismos desde la orilla de la carretera y las siembras requerirían mayor vigilancia por parte de los productores.

Según las entrevistas elaboradas por Rondón (2013), otras de las razones principales que ha impulsado la intensificación del área agrícola son: aumento del número de integrantes de algunas familias, la llegada de nuevos habitantes provenientes de otras zonas, la población joven ha comenzado a sembrar a medias o por medio de financiamiento otorgado por instituciones y los productores de la zona se han beneficiado de créditos. El acceso a crédito en el sector fue considerado de gran importancia. Algunos jóvenes quienes trabajaban como obreros en diferentes lotes, han adquirido financiamiento para la producción agrícola, convirtiéndose en productores y trabajadores de sus propias siembras, incentivando el aumento del área agrícola o la intensificación de algunas parcelas.

Es importante resaltar que durante la fase de observación en campo así como durante la aplicación de las entrevistas en el área de estudio, se observaron siembras de papa en algunas parcelas ubicadas en las partes altas de las laderas. Según los entrevistados, son siembras familiares, con mano de obra familiar y se debe principalmente a que los jóvenes que integran la familia de dichas fincas han buscado la manera de sembrar y así obtener mayores beneficios económicos. Tal vez se deba a que la medianería externa ha estado usando las mejores parcelas, es decir, las del fondo de valle, por lo tanto, estos jóvenes han tenido que usar las zonas altas, las cuales no son tan interesantes y beneficiosas para la medianería.

A pesar del proceso de intensificación que ha sufrido la agricultura en este páramo, los meses de siembras no han sufrido cambios. A finales de febrero principios de marzo, cuando ya ha culminado la época de sequía y las heladas, las parcelas son cultivadas y comienza el proceso de producción, el cual finaliza en agosto-diciembre, dependiendo del tipo de cultivo.

Rondón (2013) señala que la superficie cultivada en el sector de Gavidia-Valle Las Piñuelas está dominada por diferentes tipos de cultivos. Según la información obtenida, los rubros predominantes son: papa, ajo, zanahoria, trigo o avena coincidiendo con lo mencionado por Llambí *et al.* (2004). Dentro de estos rubros, el más importante resultó ser el cultivo de la papa, lo cual se refleja en la superficie obtenida y en el porcentaje que ocupó para sus dos años de estudio, es decir, para el 2000 y 2010 (38,1 y 47,7 hectáreas, respectivamente). Según los datos proporcionados, todos los rubros aumentaron su superficie, sin embargo, es importante mencionar, que el ajo en los años de estudio, representó el segundo cultivo más sembrado en el área ocupando 9 hectáreas para el año 2010, el cual requiere de 6 a 7 meses para su desarrollo.

El aumento de la zona agrícola (tabla 4 y figura 35), no solo genera la reducción de la vegetación natural presente en este lugar, sino también la elevada probabilidad de provocar alteraciones importantes del ciclo del agua y la disponibilidad de los recursos hídricos para la sociedad, sumado a impactos sobre la biodiversidad, el aumento de la degradación de tierras y la contaminación (Mello *et al.*, 2012) y la modificación del hábitat para especies de animales y plantas.

Esta misma situación del aumento de las prácticas agrícolas no sólo están referidas a cambios en el paisaje (proporción de los tipos de cobertura) sino también a su configuración (patrón con el que se distribuyen los distintos tipos de cobertura) (Paruelo *et al.*, 2006).

Existe una preocupación por la ampliación de la frontera agrícola, la cual ha ido en aumento desde 182,34 hectáreas para 1999 a 195,68 en 2018 (figura 35), dejando de lado la prohibición existente sobre los cultivos en áreas del Parque Nacional Sierra Nevada, adicionalmente las actuales condiciones climáticas y los bruscos cambios vienen fomentando la expansión agrícola de orden antrópico. El avance de esta frontera agraria implica un proceso de asentamiento de la población y apropiación de las nuevas tierras por

parte de los productores, quienes organizan en ellas sus explotaciones agropecuarias. En este proceso de avance, las condiciones naturales de la zona cambian porque se reemplaza la vegetación natural por otros nuevos elementos, destacando los cultivos y las construcciones.

La intensificación de la agricultura se debe en parte a que los productores del sector en un tiempo atrás no contaban con el capital para sembrar, lo cual despertó el interés de los productores no locales (Rondón, 2013). En resumen, el sistema de riego y este tipo de relación social de producción, promovieron la intensificación de la agricultura por medio de siembras consecutivas y aumento del área agrícola.

Buitrago (2011), en una zona aledaña del mismo municipio menciona varios motivos que pueden generar el avance de la frontera agraria:

- ✓ El incremento de los precios o la demanda de ciertos productos, que puede incentivar la puesta en producción de nuevas tierras.
- ✓ La necesidad de expansión hacia nuevas tierras, por agotamiento de las que ya se encuentran en producción o bien porque lo que se produce en ellas no alcanza para cubrir las necesidades de los productores de la zona.
- ✓ Los cambios en las condiciones físicas de la zona, por ejemplo, la existencia de un ciclo climático húmedo que permite el desarrollo de cultivos en áreas donde antes no era posible cultivar con ciertos márgenes de rentabilidad.
- ✓ La aparición de nuevas tecnologías que permiten aprovechar productivamente tierras de difícil explotación.
- ✓ Inversiones provenientes del capital privado y probablemente políticas de estados (créditos, programas).

Parte del análisis del uso de la tierra se pudo realizar gracias a la información otorgada por un conjunto de individuos, contando con la ayuda de seis habitantes de la localidad, quienes por medio de una entrevista suministraron conocimientos, opiniones y narraciones sobre el uso de la tierra durante el periodo de estudio, siendo testigos del proceso de cambio que está experimentando este Valle. Los pobladores locales involucrados han señalado que la pérdida de arbustales en este Valle está directamente asociada a lo mencionado

anteriormente (extracción de estos para la preparación de tierras destinadas a la agricultura así como el uso de estos destinados para leña).

Los consultados han mencionado que en estos últimos 20 años son varias las parcelas que se han destinado a la siembra agrícola y que además, áreas que están intactas con presencia de vegetación natural han sido compradas por nuevos dueños no locales y destinadas principalmente a esta actividad lo que conlleva a la extracción de este tipo de vegetación (arbustal), donde la misma es quemada directamente en el momento de la extracción o dejada en estos lugares donde otros habitantes proceden a su búsqueda para la utilización como leña.

De esta manera, señalan que el uso del arbustal como leña se ha incrementado en estos últimos dos años, esto debido al escaso y difícil acceso de gas doméstico por parte de todos los habitantes de esta localidad, por lo que no tienen otra alternativa que buscar diariamente lotes de leña o de “monte”, como los denominan estos locales, para suplir las necesidades de preparación de alimentos.

Estos habitantes indicaron que en algunos casos solo proceden a retirar las ramas secas de estos arbustos que han caído al suelo en las zonas bajas de las laderas del Valle o si aún están unidas al arbusto ellos mismos las retiran, mientras que otros señalaron que derriban completamente el arbusto y lo dejan secar para luego utilizarlo. Además, para la extracción de los arbustos como leña, los involucrados indicaron que no tienen preferencia por alguna especie vegetal en particular, pero al momento del corte de estas especies si toman en cuenta arbustos de tamaño intermedio ya que estos tardan menos tiempos en secarse y la cantidad de leña que obtienen de estos arbustos es mayor.

González *et al.* (2011) muestran que en las partes bajas del gradiente entre el bosque paramero y el páramo, la eliminación de la cobertura del dosel del bosque debido al disturbio agrícola limita el establecimiento de árboles durante la sucesión (incluso después de 50 años). Las zonas en sucesión son remplazadas por rosetas en vez de arbustos, proceso conocido como paramización, donde a partir de la colonización de especies del páramo en lugar de las especies arbóreas o arbustivas, pueden retardar o impedir la regeneración de la vegetación original como señala León (2002).

De esta manera, se ha observado que luego del cambio de la cobertura de la tierra, muchas de las especies arbustivas de nuestro sitio de estudio, en el páramo de Gavidia,

Venezuela, no recolonizan las áreas de sucesión secundaria con periodos de descansos largos después de un disturbio agrícola, siendo sustituidas por especies dominantes de formaciones vegetales del Rosetal-arbustal bajo propio de zonas de mayor altitud como las rosetas de *Espeletia schultzei* y arbustos de *Hypericum laricifolium* (Sarmiento & Llambí 2011, González *et al.*, 2011). Estas dos especies propias del páramo son plantas adaptadas a ambientes con baja disponibilidad de recursos, ya que los suelos de páramo son ácidos y bajos en nutrientes (Fariñas, 1975, Llambí & Sarmiento 1998, Abadín *et al.*, 2002) y a las altas radiaciones incidentes debidas a la ausencia de vegetación arbórea, que es una condición similar a la de las áreas perturbadas, debido a la eliminación de la protección generada por el dosel forestal (González *et al.*, 2011).

Además, Sarmiento *et al.* (2003) encontraron que estas dos especies no son consumidas por el ganado y aunque *H. laricifolium* podría llegar a sufrir daños mecánicos por pastoreo, a diferencia de *E. schultzei*, esto constituye un elemento más que promueve la dominancia de estas especies en las áreas en sucesión, donde existe una presión antrópica, además de señalar que *H. laricifolium* es una especie con abundancias máximas en el rosetal-arbustal no cultivado y con una alta capacidad de colonizar las zonas en barbecho desde las etapas serales tempranas. Por esto, es posible que esta zona baja del páramo, donde se presenta la mayor diversidad y riqueza florística, esté siendo transformada en gran parte con coberturas de vegetación que no son propias de esta franja altitudinal (Luteyn, 1999).

Dado a la importancia que se le ha dado a los arbustos en nuestra investigación debido a que estos están siendo deforestados para integrar mayor área a la agricultura y el uso de los mismos para leña, nos olvidamos de otros aspectos fundamentales, y es que estos son el hábitat de especies animales, en particular de *Ardaris eximia*, un lepidóptero endémico de esta localidad. Por lo expuesto, Gómez (en elaboración), ha identificado y realizado un listado de cada una de las especies de arbustos que se encuentran en esta localidad, donde destacan: *Ageratina jahnii*, *Baccharis prunifolia*, *Berberis discolor*, *Cestrum buxifolium*, *Chaetolepis lindeniana*, *Hesperomeles ferruginea*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Hypericum laricifolium*, *Morella funckii*, *Myrsine dependens*, *Ribes canescens*, *Vaccinium meridionale*, *Vallea stipularis*. En este trabajo se reporta que el tamaño poblacional y la densidad absoluta de esta mariposa se ve disminuida en la zona de Las Piñuelas, producto de la

degradación y extracción de este tipo de cobertura, lo que plantea la conservación no solo de esta mariposa sino de esta cobertura a la cual están tan estrechamente asociadas.

De acuerdo a lo obtenido en las figuras 31 y 32, existe una mayor área de arbustos tanto alto como bajo en las partes altas de las laderas, es decir, lugares donde no se han establecido zonas destinadas a la agricultura, coincidiendo con el trabajo desarrollado por Jiménez (2012) en el que determinó una mayor densidad de *Berberis discolor*, *Vallea stipularis* y *Chaetolepis lindeniana* en el interior del bosque paramero, disminuyendo hacia los bordes y en el interior de las parcelas agrícolas se registró una menor densidad.

En cuanto a las especies arbóreas y arbustivas del bosque preparamero presentes en las zonas en sucesión, los únicos registros de las etapas tempranas, pertenecen a juveniles y plántulas de *B. discolor* en bajas densidades y muy pocos juveniles de *V. stipularis*. En general, *V. stipularis* pareciera un árbol bastante adaptado a las condiciones extremas de las áreas perturbadas (alta radiación, altas temperaturas y bajas humedades), sin embargo, su ausencia en las áreas en sucesión, adyacentes al bosque preparamero, podría estar evidenciando la deficiencia en la colonización en estos ambientes o la baja resiliencia de la especie al disturbio (Jiménez, 2012).

Además, Jiménez (2012) determinó que las mayores radiaciones diarias, las mayores temperaturas máximas del suelo diarias y mensuales y los menores contenidos mínimos de humedad del suelo se registraron en el área en sucesión. Es sabido que las áreas intervenidas por actividades agrarias, presentan mayor radiación solar, lo que eleva la temperatura y la evapotranspiración y disminuye la humedad, condiciones que limitan el establecimiento de la vegetación leñosa en estos ambientes (Holl, 1999), lo cual pudiera constituir una barrera para la sobrevivencia y el crecimiento de las plántulas y juveniles de especies arbóreas y arbustivas tolerantes a la sombra y por lo tanto, para la persistencia de sus etapas adultas.

De acuerdo a lo expuesto, el establecimiento de la vegetación natural, en especial de lo arbustales que la gente utiliza como leña en estas zonas intervenidas es dificultoso. La recuperación natural de la vegetación en un sitio disturbado en el cual la cobertura vegetal ha sido removida es determinada por dos grupos de factores: la habilidad de las diásporas para alcanzar el sitio y permanecer allí y la habilidad de las diásporas para establecer nuevas poblaciones. Esta recuperación natural es particularmente difícil en ecosistemas

extremos, influenciados por factores como las bajas temperaturas y el viento (Urbanska, 1997).

Vargas *et al.*, (2007) menciona los factores que limitan la regeneración de la vegetación natural luego de un disturbio, señalando barreras bióticas: ausencia de polinizadores, propágulos, animales dispersores, plantas nodriza, banco de semillas del ecosistema original, corta longevidad de las semillas, entre otros. Las barreras abióticas: restricciones climáticas: sequía y heladas, ausencia o exceso de nutrientes, pérdida de materia orgánica y por último, las barreras sociales: pastoreo y fuego antrópicos.

La extensión reducida que ocupan hoy los arbustales, su alta diversidad así como la limitada capacidad de colonización en áreas perturbadas que muestran la mayoría de sus especies, sugiere que es muy importante implementar estrategias para la restauración y recuperación de estos ecosistemas. Por lo tanto, se propone concientizar a la población de Las Piñuelas sobre el gran daño que se está ocasionando a este ecosistema, ya que la hipótesis planteada en esta investigación se ha comprobado, es decir, existe una disminución del área de estos arbustales por aumento de la zona agrícola y extracción de los mismos para su uso como leña.

La expansión de la frontera agrícola en Las Piñuelas trajo consigo una serie de impactos, entre los cuales se encuentra el fenómeno conocido como “fragmentación”. El término “fragmentación” es generalmente usado para describir modificaciones en el patrón del hábitat a lo largo del tiempo, y detalla básicamente la disrupción de la continuidad espacial de un tipo de cobertura en general (Correa *et al.*, 2012).

En un análisis desde la ecología del paisaje, Sanz *et al.* (2011) indican que al comparar distintos tipos de vegetación se considera que está en mejor estado de conservación la que presente las siguientes tendencias para distintas variables: mayor extensión, distribuida en pocos parches, con tamaños promedio de parche más grandes y baja variabilidad entre ellos. En cuanto a las variables asociadas con la forma del parche, son más adecuadas las clases de vegetación con parches de formas menos complejas o, por sufrir de menor efecto de borde o paisajes con menor densidad de heterogeneidad espacial y menor fragmentación.

De esta manera, en la tabla 6 se observa que la vegetación que cumple con las variables mencionadas son los rosetales arbustales, por lo tanto, corroboramos una vez más lo

amenazado que se encuentran los arbustales, pues es la unidad con el mayor número de fragmentos.

Desde una perspectiva ecológica, y definiendo “parche” como el elemento básico que constituye el paisaje (McGarigal y Marks, 1995), los parches representan áreas (ámbito espacial) o períodos (ámbito temporal) de condiciones ambientales relativamente homogéneas, que son percibidos o son relevantes al organismo o fenómeno ecológico bajo consideración (Wiens, 1976).

Es preciso mencionar que los parches más cercanos presentan mayor conectividad y favorecen el movimiento de fauna entre ellos, lo que permite que se mantengan funciones esenciales de los ecosistemas como pueden ser la polinización y dispersión de semillas, por ejemplo. Por ende, la mayor fragmentación que poseen los arbustales en este páramo, lo cual se refleja en las métricas del paisaje como el aumento en el número de parches (tabla 6) y la disminución de las áreas (tabla 4), genera que especies animales tengan que desplazarse aún más para hacer vida en estas especies vegetales.

La fragmentación es entonces un problema ambiental (Mas, 1998) y, dada la importancia que presenta dentro del ecosistema, es fundamental identificar estas áreas fragmentadas en las cuales se puedan hacer estudios posteriores que permitan implementar actividades que conduzcan a minimizar los impactos negativos y lleven a efectuar estrategias de conservación de esta unidad de cobertura vegetal.

10.- CONCLUSIONES

- Mediante la interpretación visual se logró identificar los siguientes tipos de cobertura: Rosetal- arbustal alto, Rosetal-arbustal bajo, arbustal, parcelas agrícolas, rocas, humedal y lagunas, evidenciándose una reducción de la vegetación natural, esta reducción de cobertura se debe a la expansión de la frontera agrícola.
- Los cambios se logran apreciar en su mayoría en las zonas bajas y fondo de Valle Las Piñuelas, siendo la vegetación natural intervenida y los cultivos los principales generadores de cambio, ganando espacios a las coberturas naturales, mientras que el difícil acceso a las zonas altas permite la conservación de la vegetación natural.
- El uso de la tierra, del área de estudio, está fuertemente influenciado por las condiciones físico-naturales, especialmente clima, suelos y relieve. Adicionalmente,

las características socio-culturales y económicas han condicionado un uso de la tierra en donde la tradición cultural, ha establecido sistemas de producción con características propias.

- El análisis del uso de la tierra permitió conocer la superficie cubierta por los arbustales en este periodo de tiempo, encontrándose en la actualidad 109,32 hectáreas de arbustal intactas. Se recomienda ser protegidos por parte del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES).
- Se determinó los cambios espaciales en la distribución del uso agrícola del sector de Gavidia. Se observó un aumento desde 1999 al 2018, el cual estuvo reflejado principalmente en el incremento del tamaño de algunas parcelas y la incorporación de otras.
- El análisis basado en la ecología del paisaje permitió demostrar que la formación vegetal arbustiva es el tipo de cobertura que presentó el mayor número de fragmentos.
- Se reafirmó que los cambios en la cobertura de la tierra en esta localidad están relacionados con la pérdida del hábitat de especies propias de la zona, donde habita *Ardaris eximia*, la misma se ha catalogado como una especie en peligro de extinción.

11.- RECOMENDACIONES

- 1) Concientizar a los habitantes del Valle Las Piñuelas – Gavidia a través de programas de formación ambiental sobre el daño que se le está causando al ecosistema con la extracción de los arbustales, ya que los mismos son de difícil establecimiento en áreas de sucesión.
- 2) Controlar la expansión agrícola para evitar el colapso de las pocas hectáreas de arbustal que aún permanecen intactas en el Valle Las Piñuelas, lo cual a futuro puede representar la pérdida del hábitat para las especies animales (polinizadores naturales de las especies cultivadas).
- 3) Dado el aumento progresivo de la zona agrícola, se recomienda fomentar la necesidad de la conservación y protección del ecosistema páramo.
- 4) Asesorar a los productores agrícolas para disminuir el uso de productos químicos para de esta manera, minimizar el deterioro de los recursos naturales en esta zona,

que conlleva no solo a la pérdida de especies vegetales endémicas sino también a la pérdida natural de especies animales que hacen vida en esta zona.

- 5) Partiendo de los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda en una próxima investigación elaborar una propuesta de conservación dirigida al ecosistema páramo, haciendo énfasis en la conservación de los arbustales.
- 6) Se recomienda calcular la tasa de deforestación de los arbustales del Valle Las Piñuelas.

12.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadín, J., González-Prieto, S., Sarmiento, L., Villar, M. y Carballas, T. 2002. Successional dynamics of soil characteristics in a long fallow agricultural system of the high tropical Andes. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11): 1739–1748.
- Acevedo, D., Aranguren, A. y Sarmiento-Monasterio, L. 1985. Caracterización ecológica preliminar del uso de la tierra y de la población en el páramo de Gavidia. Monografía. Universidad de los Andes. Mérida. Pág. 35.
- Acosta, L. 2006. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra en la vertiente derecha de la Cuenca alta del Río Albarregas, período 1987-2003. Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 60 pág.
- Aldana, A. y Bosque, S. 2008. Cartografía de la Cobertura / Uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata, Estado Mérida-Venezuela. Revista geografía Venezolana. Volumen 49 (2): 173-200.
- Álvarez, K. 2009. Referencias y proyección empleadas en la cartografía colombiana. *Perspectiva Geográfica*, (14): 67-98.
- Aranguren, A. y Monasterio, M. 1997. Aspectos de la dinámica del nitrógeno de parcelas con diferentes tiempos de descanso en el Páramo de Gavidia (Andes Venezolanos). En: Libermann, M. Baied, C. (Eds). Desarrollo sostenible de ecosistemas de montaña: Manejo de áreas frágiles en los Andes. Universidad de las Naciones Unidas y otras instituciones, pp. 171-179
- Ataroff, M. y Sarmiento, L. 2003. Diversidad en Los Andes de Venezuela. I Mapa de unidades Ecológicas del estado Mérida. CD-ROM. Ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- Azócar, A. y Fariñas, M. 2003. Páramos. En: Aguilera, M., Azocar, A. y González-Jiménez E, editores. Biodiversidad en Venezuela. Tomo II. Caracas: Fundación Polar. Ministerio de Ciencia y Tecnología, FONACIT. Pp 716-733.
- Bosque, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. Madrid. España.
- Briceño, B. y Morillo, G. 2002. Catálogo abreviado de las plantas con flores de los páramos de Venezuela. Parte I. Dicotiledóneas (Magnoliopsida). *Acta Botánica Venezuelica*, 25(1): 1-46.

- Briceño, B. y Morillo, G. 2006. Catálogo de las plantas con flores de los Páramos de Venezuela: Parte II. Monocotiledóneas (Liliopsida). *Acta Botánica Venezuelica*, 29(1): 89-134.
- Buitrago, E. 2011. Estudio multitemporal de los cambios en la cobertura vegetal del Cerro El Morro ubicado en la parroquia de Mucurubá, Municipio Rangel del Estado Mérida. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida. 141 pág.
- Castaño-Uribe, C. 2002. *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor*. Ministerio del Medio Ambiente. IDEAM. PNUD.
- Castellano, A. y Valera, F. 2010. Dinámica del uso de la tierra en la Cuenca del Río Castán, Trujillo – Venezuela. 1996-2001. ACADEMIA – Trujillo – Venezuela. Vol. IX (18).
- Castillo y Moncada, 2000. Determinación del uso potencial de la tierra con fines agrícolas bajo ambiente S.I.G. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. pág. 121.
- Chang, K. 2007. *Introduction to Geographic Information System, 4th Edition*. McGraw Hill.
- Chaparro, J. y Chaparro, N. 2012. Beneficios del ecosistema páramo, organizaciones y políticas de conservación. Aproximaciones al páramo, el consuelo del municipio de Cerinza, Boyacá. Desarrollo, economía y sociedad, 1(1). Pp 57-76.
- Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de la teledetección espacial. Primera edición, ediciones RIALP, S.A. Madrid – España.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de la teledetección espacial. Tercera edición, ediciones RIALP, S.A. Madrid – España.
- Cleef, A. 1981. The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae* 61. J. Cramer, Vaduz.
- Contreras, M. y Portillo, F. 2015. Estudio multitemporal de la cobertura de la tierra. Cuenca del Río Mocotíes. Periodo 1986 – 2001 – 2012. Propuesta con fines conservacionistas. Tesis de Pregrado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.
- Correa, J., Volante, J. y Seghezzo, L. 2012. Análisis de la fragmentación y la estructura del paisaje en bosques nativos del norte argentino. Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa) Salta, Argentina.
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambí, L., De Brievre, B. y Posner, J. 2014. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos. CONDESAN. Quito, Ecuador. Pp 619.
- Deetz, C. 1944. *Elementos de proyección de mapas y su aplicación a la construcción de mapas y cartas*. Washington: Secretaría de Estado de los Estados Unidos de América.
- Departamento de Orientación e Información al Empleo (D.O.I.E). 2009. Tipos de entrevista. Universidad Francisco de Vitoria. Disponible en: <http://recursos.ufv.es/docs/tiposdeentrevistas2.pdf> consultado el 19-02-2020.

- Di Gregorio, A. 2005. Land cover classification system 2. Traducción y adopción al español Ronald Vargas. Cochabamba, Bolivia.
- Dorio, I., Sabariego, M. y Massot, I. 2004. Características generales de la investigación cualitativa. En R. Bisquerra (Coord.). Metodología de la investigación educativa Madrid: La Muralla. pp. 204-219.
- Fariñas, M. 1975. Análisis de la vegetación del páramo, ordenamiento y correlación con factores edáficos y climáticos. Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Fernández-Coppel, I. s/f. Localizaciones geográficas. El Datum. Área de ingeniería cartográfica. Geodesia y Fotogrametría. Departamento de ingeniería agrícola y forestal. Escuela técnica superior de ingenierías agrarias. Palencia. Universidad de Valladolid.
- Folgueiras, P. s/f. Técnica de recogida de información: La entrevista. Documento de trabajo.
- Flores, P. 2008. Análisis de la expansión Urbana del área Tabay-Mérida-Ejido desde 1988 hasta 2001. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. Mérida - Venezuela. 132 pág.
- García-Valera, S. 2008. Características adaptativas de especies de gramíneas y hierbas en una sucesión ecológica en el páramo andino. Tesis para optar a Magister Scientiae en Ecología Tropical. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. 94pp.
- Gómez-Lahoz, J. 2014. *Georreferenciación de imágenes de satélite*. Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno: Universidad de Salamanca.
- Gómez, L. En elaboración. Tamaño poblacional y densidad absoluta de *Ardaris eximia* (Lepidóptera: Hesperidae) en el páramo de Gavidia-Mérida. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Trabajo Especial de Grado.
- González, A., Llambí, L., Smith, J. y Gámez, L. 2011. Dinámica sucesional del componente arbóreo en la zona de transición bosque-páramo en los Andes Tropicales. *Ecotrópicos* 24(1). Pp. 60-79.
- Gutiérrez, J. 1999. Utilización de técnicas de procesamiento digital de imágenes y SIG en la determinación de cambios en la cobertura vegetal y uso de la tierra en la Cuenca del Río Mucujún, Estado Mérida, Venezuela. Centro de estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. Maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- Hernández, M. 2011. Tecnologías de la información geográfica (TIG): cartografía, fotointerpretación, teledetección y SIG. (Vol. 86). Universidad de Salamanca.
- Hofstede, R. 1995. Effects of burning and grazing on a Colombian paramo ecosystem. PhD 145 dissertation, University of Amsterdam. 199 pp.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A. y Cerra, M. 2014. Los Paramos Andinos. Que sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema paramo. UICN, Quito, Ecuador.
- Holl, K. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31 (2). Pp. 229-242.

- Huang, C., Kim, S., Altstatt, A., Townshend, J., Davis, P., Song, K., Tucker, C., Rodas, O., Yanosky, A., Clay, R. y J. Musinsky. 2007. Rapid loss of Paraguay's Atlantic Forest and the status of protected areas. A landsat assessment. *Remote Sensing of Environment* 106: 460-466.
- Huston, M. 1994. *Biological diversity: the coexistence of species*. Cambridge University Press.
- IGAC. 2005. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos en cobertura y usos de la tierra. Edición Centro de Investigaciones y Desarrollo en información Geográfica – CIAF. Bogotá – Colombia.
- Jiménez, D. 2012. Estructura poblacional y nicho de establecimiento de especies leñosas del arbustal paramero en áreas en sucesión secundaria. Tesis de maestría. Postgrado en Ecología Tropical. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Lambín, E. *et al.*, 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11, 261–269 pág.
- La Serna, N., Pro Concepción, L. y Yañez, Carlos. 2009. Compresión de imágenes: Fundamentos, técnicas y formatos. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- León, O. 2002. Distribución espacial de comunidades vegetales de páramo en un gradiente altitudinal con vegetación natural y en proceso de paramización (Reserva Forestal del Municipio de Cogua, Cundinamarca). Trabajo de grado. Carrera de Ecología. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 148 Pp.
- López, C. 2002. El fenómeno del crecimiento urbano. Una experiencia de análisis con un sistema de información geográfica. *Revista INVI*, 17(45). Pp 171-182.
- Llambí, L. y Sarmiento, L. 1998. Biomasa microbiana y otros parámetros edáficos en una sucesión secundaria de los páramos venezolanos. *Ecotrópicos* 11. Pp. 1-14.
- Llambí, L., Smith, J., Pereira, N. y Pereira, C. 2004. Plan de acción para la conservación del Páramo de Gavidia (Mérida-Venezuela). Proyecto Páramo Andino. Universidad de Los Andes.
- Llambí, L., Smith, J., Silva, B., Toro, J. y V. Cartaya. 2013. Una estrategia integrada de conservación de los páramos de Gavidia y Mixteque: participación, investigación y manejo del territorio. Proyecto Páramo Andino (PNUMA-FMAM), Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de los Andes. Mérida.
- Llambí, L., Fariñas, M., Smith, J., Castañeda, S. y Briceño, B. 2013. Diversidad de la Vegetación en dos páramos de Venezuela: un enfoque multiescalar con fines de conservación. Instituto de Ciencias Ecológicas y Ambientales, ICAE. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Lozano, E. 2006. Análisis de cambio multitemporal de uso de la tierra en la cuenca alta del río Santo Domingo, estado Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 50(1): 97-98.
- Luteyn, J.L. 1999. Paramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden* (ed. W.R. Buck). The New York Botanical Garden, New York.

- Maguire, J., Goodchild, M. y Rhind, D. 1997. "*Geographical Information Systems: principles and applications*" Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Maling, H. 1991. "Coordinate systems and map projections for GIS" en Maguire, J.; Goodchild, M. and Rhind, D. (Eds.) *Geographical Information Systems: Principles and applications*. John Wiley & sons. 135-146 pp.
- McGarigal, K. y Marks, B. 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 pp.
- Marquina, J. 2010. Teledetección espacial y tratamiento digital de imágenes satelitales. Material teórico – práctico. Universidad de los Andes. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela.
- Mas, J. 1998. Deforestación y fragmentación en la región de la Laguna de Términos, Campeche: un análisis del período 1974-1991.
- Medina, A. 1975. Plan de manejo de la cuenca de la quebrada Gavidia. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Dirección de Conservación de Suelos y Aguas. Oficina de Planificación y Manejo de Cuencas. 86 pág.
- Mello, A., Vallejos, M., Prado, R., Ceroni, M. & Lui, G. (2012). Cambios en el Uso de la Tierra y Recursos Hídricos: Mapas Conceptuales para la Gestión Territorial. En: I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental y I Congreso Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental. Mar de plata: Asociación Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental [En línea]. Recuperado el 03 de enero de 2018, de <https://www.researchgate.net/publication/253330547>.
- Molina, G. y Albarrán, A. 2000-2008. Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, Estado Lara, Venezuela.
- Molina, J. 2009. Análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en la microcuenca El Guayabal, a partir de imágenes de satélite Landsat TM y ETM +. Trabajo especial de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. 154 Pág.
- Molinillo, M. y Monasterio, M. 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotrópicos*, 15(1): 19-34.
- Monasterio, M. 1980. Poblamiento humano y uso de la tierra en los altos Andes de Venezuela. En: Monasterio, M. (Ed). Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Editorial de la Universidad de Los Andes, Mérida, 170-198 pág.
- Monasterio, M. 1980. Las formaciones vegetales en los paramos de venezuela. P 93-158. En M. Monasterio (Ed.). estudios ecologicos en los paramos andinos. Ediciones de la universidad de los Andes. Merida.
- Monasterio, M. y Montilla, M. 1987. Analisis estructural de la vegetacion en la sucesion y regeneracion de ecosistemas y agrosistemas de paramo. En resumen de la 37ª convencion anual de Asovac. Maracaibo.
- Morales, J. 2006. El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.
- Morales, J., y Estévez, J. 2007. El Páramo. ¿Un ecosistema en vía de extinción? Atlas de páramos de Colombia. Revista Lunazul. Universidad de Caldas. Colombia.

- Nannetti, E. S/F. La sostenibilidad y los páramos. Las presiones sobre el páramo
Obtenido de
<http://www.banrep cultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/lasostenibilidad.pdf>.
- Osorio, M. 2002. Estudio multitemporal de las deforestaciones en la reserva forestal de Ticoporo. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida. 115 pág.
- Pacheco, C. 1999. Evaluación de cambios de Uso de la Tierra en las Microcuencas Burbusay y Miquía. Período 1967 – 1997. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado.
- Paruelo, J., Guerschman, J., Piñeiro, G., Jobbágy, E., Verón, S., Baldi, G. y Baeza, S. 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia* 10:47-61.
- Pérez, R. 2000. Interpretación ecológica de la ganadería extensiva y sus interrelaciones con la agricultura en el piso agrícola del Páramo de Gavidia. Andes venezolanos. Tesis de maestría en Ecología Tropical Universidad de los Andes - Mérida.
- Proyecto Páramo Andino. 2004. Plan de acción para la conservación del páramo de Gavidia, (Mérida, Venezuela). Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- Ramírez, J. 2007. Análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura natural del ramal de Calderas y sus alrededores, Cordillera de Mérida. Venezuela. Trabajo especial de grado de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 82 pág.
- Rodríguez-Morales, M., Chacón-Moreno, E. y Ataroff, M. 2009. Transformación del paisaje de selvas de montaña en la Cuenca del Río capaz, andes venezolanos. *ECOTRÓPICOS* 22(2): 64-82.
- Rojas, J. 1995. El estudio de la geografía rural. Editado por el Consejo de publicaciones de la Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. 92 pág.
- Rondón, M. 2013. Dinámica del uso de la tierra de los sectores de Mocao y Gavidia-valle de las piñuelas, Municipio Rangel, Estado Mérida, periodo 2000-2010. Tesis de Pregrado. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Sanz, V., Riveros, M., Gutiérrez, M. y Moncada, R. 2011. Vegetación y uso de la tierra en el Estado Nueva Esparta, Venezuela: Un análisis desde la Ecología del Paisaje. *Interciencia* 36(12). pp. 881-887 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.
- Sarmiento-Monasterio, L. y Monasterio, M. 1988. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola tradicional en los páramos venezolanos. Ponencia presentada en el taller sobre enfoques de ecología humana aplicados a los sistemas tradicionales del trópico americano. Caracas.
- Sarmiento, L., Monasterio, M. y Montilla, M. 1990. Succession, regeneration, and stability in high Andean ecosystems and agroecosystems: the rest-fallow strategy in the" Paramo de Gavidia", Venezuela. *Mount Kenya area: differentiation and dynamics of a tropical mountain ecosystem: proceedings*, 151-157 pag.

- Sarmiento-Monasterio, L., Monasterio, M y Montilla, M. 1993. Ecological bases sustainable and current trends in traditional agriculture in the Venezuelan high land. *Mountain research and development*. 13 (2): 167-176.
- Sarmiento, L. y Monasterio, M. 1993. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola campesino de los Andes venezolanos (páramo de Gavidia). En: Rabey, M. (Ed). *El Uso Tradicional de los Recursos Naturales en Montañas: Tradición y Transformación*. UNESCO-ORCYT. Montevideo, 55-77 pág.
- Sarmiento L. y Llambí, L. 2011. Regeneración del páramo después de un disturbio agrícola: síntesis de dos décadas de investigaciones en sistemas con descansos largos de la Cordillera de Mérida. En: Herrera F., Herrera I. (Eds.). *La Restauración Ecológica en Venezuela: fundamentos y experiencias*. Caracas, Ediciones IVIC. Pp. 123-148.
- Smith, J. y Cleef A. 1988. Composition and origins of the world's tropic alpine floras. *Journal of Biogeography* 15: 631-645.
- Smith, J. 1995. Die Auswirkungen der Intensivierung des Ackerbaus in Páramo de Gavidia-Landnutzungswandel an der obere Anbaugrenze in den Venezolanischen Anden. Diplomarbeit Thesis, Geographischer Institut der Universität Bonn.
- Smith, J. y Romero, L. 2012. Factores condicionantes de la dinámica espacial de la agricultura en los Andes venezolanos y sus consecuencias sobre el ecosistema páramo. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.
- Soriano, P. y Ochoa, J. 1997. Lista actualizada de los mamíferos de Venezuela. *Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela. Serie Catálogos Zoológicos de Venezuela, Fundacite Mérida, Mérida*, 203-227.
- Soriano, P., De Pascual, A., Ochoa, G. y Aguilera, M. 1999. Biogeographic analysis of the mammal communities in the Venezuelan Andes. *INTERCIENCIA-CARACAS*, 24. Pp 17-25.
- Urbanska, K. 1997. Safe sites-interface of plant population ecology and restoration ecology. En: Urbanska, K., Webb N. y Edwards P.J. (Eds.) *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Valera, D. 1994. Estudio multitemporal del uso de la tierra y cobertura vegetal en un sector de la Cuenca del Lago de Valencia utilizando las transformaciones TASSELED CAD e índices de vegetación aplicadas a imágenes de satélite LANDSAT TM. Trabajo especial de grado. Escuela de geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.
- Van der Hammen, T. Cleef, A. 1986. Development of the high Andean paramo flora and vegetation. En: Vuilleumier, F. Monasterio, M. editors. *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford: Oxford University Press. Pp 153-201.
- Vargas, O., Díaz, L., Trujillo, P., Velasco, R., Díaz, O. y León, A. 2007. Barreras para la restauración ecológica. En: O. Vargas (ed.) *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional de Colombia-Colciencias. Bogotá.
- Vega, M. 2005. Hacia la sostenibilidad del desarrollo [Versión electrónica]. Obtenido de <http://books.google.com.co/books?id=S8It2ZWqZSIC&pg=PA164&lpg=PA16>

[4&dq=ECOSISTEMAS+ESTRATEGICOS+CONCEPTO&source=bl&ots=Q5WPazIi&sig=3MgsTxGS9FucfkduPRkXd2JOI&hl=es&sa=X&ei=Jz88ULvuIMri0QHlyIGADA&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=ECOSISTEMAS20ESTRATEGICOS%2](http://www.bdigital.ula.ve/4&dq=ECOSISTEMAS+ESTRATEGICOS+CONCEPTO&source=bl&ots=Q5WPazIi&sig=3MgsTxGS9FucfkduPRkXd2JOI&hl=es&sa=X&ei=Jz88ULvuIMri0QHlyIGADA&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=ECOSISTEMAS20ESTRATEGICOS%2).

- Verweij, P. 1995. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns. Burning and grazing in the paramo of los Nevados National Park, Colombia. PhD Tesis. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics IBED. 233 Pp
- Winiger, M. 1983. Stability and instability of mountain ecosystem. Definition for evaluation of human system. Mountain research and development 3(2): 103-111.
- Wiens, J. 1976. Population responses to patchy environments. Ann. Rev. Ecol. System. 7:81-120.
- Wise, S. 2002. *GIS Basics*. London: Taylor & Francis.
- Young, B., Lips, K., Reaser, J., Ibáñez, R., Salas, A., Cedeño, J., Coloma, L., Ron, S., La Marca, E., Meyer, J., Muñoz, A., Bolaños, F., Chaves, G. y Romo, D. 2001. Populatin declines and priorities for amphibian conservation in Latinamerica. *Conservation Biology* 15(5): 1213-1223.
- Zambrano, F. 1993. Contribución a la realización del registro temporal de actividades agrícolas del sector de Gavidia del Parque Nacional Sierra Nevada. Informe de pasantía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes-Mérida. pág. 36.

www.bdigital.ula.ve