



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS
CENTRO DE ESTUDIOS RURALES ANDINOS
MAESTRÍA EN DESARROLLO AGRARIO

***Análisis de la actividad agraria con base en la
dinámica de la cobertura de la tierra.***

***Caso de estudio: microcuencas La Toma y Mixteque,
municipio Rangel, Estado Bolivariano de Mérida.***

Autora: Neyla Aza Castro

C.I: E-83.928.331

Tutor: Dr. Jahn Franklin Leal Hernández

C.I: V-14.599.503

Mérida, Noviembre 2021.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS
CENTRO DE ESTUDIOS RURALES ANDINOS
MAESTRÍA EN DESARROLLO AGRARIO

***Análisis de la actividad agraria con base en la
dinámica de la cobertura de la tierra.
Caso de estudio: microcuencas La Toma y Mixteque,
municipio Rangel, Estado Bolivariano de Mérida.***

Tesis presentada para optar al Grado de
Magister Scientiae en Desarrollo Agrario

Autora: Neyla Aza Castro
C.I: E-83.928.331
Tutor: Dr. Jahn Franklin Leal Hernández
C.I: V-14.599.503

Mérida, Noviembre 2021.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
 CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	 5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Aspectos teóricos y definición de términos básicos	10
1.2.1 Cobertura de la tierra y uso de la tierra	11
1.2.2 Consideraciones generales sobre Teledetección	13
1.2.3 Espectro electromagnético	14
1.2.4 Satélites	16
1.2.5 Serie de Satélites Landsat	18
1.2.6 Interpretación y análisis de imágenes	20
1.2.7 Sistemas de información geográfica (SIG)	21
1.2.8 Desarrollo Rural Sostenible	22
1.3 Aspectos Legales	25
1.3.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000)	25
1.3.2. Leyes Orgánicas y Ordinarias	26
1.3.3. Normas y Reglamentos	29
 CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	 32
2.1 Fase I. Recopilación de la Información	33
2.1.1 Revisión Bibliográfica	33
2.1.2 Revisión Cartográfica	33
2.2 Fase II: Dinámica de la Cobertura y Uso de la Tierra	34
2.2.1 Interpretación de las imágenes	34
2.2.2 Validación en campo	36
2.2.3 Generación de mapas de cobertura de la tierra para los años 1985 – 2021	37

2.2.4 Análisis de la dinámica de cobertura de la tierra	38
2.3 Fase III: Caracterización de las condiciones de agrosuporte	38
2.4 Fase IV: Análisis de la dinámica agraria	40
 CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	 41
3.1 Ubicación y extensión del área de estudio	41
3.2 Condiciones Físiconaturales	42
3.2.1 Geología	42
3.2.2 Geomorfología	43
3.2.3 Condiciones climáticas	44
3.2.4 Suelos	45
3.2.5 Unidades Ecológicas	47
3.3 Algunos aspectos de ocupación del territorio	49
3.1 Caracterización de la agricultura	50
 CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS	 52
4.1 Identificación de la Cobertura de la Tierra de las microcuencas La Toma y Mixteque (1985-2021)	52
4.1.1 Microcuenca La Toma (1985)	52
4.1.2 Microcuenca La Toma (2021)	55
4.1.3 Microcuenca Mixteque (1985)	58
4.1.4 Microcuenca Mixteque (2021)	60
4.2 Análisis de la dinámica de cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra en las microcuencas La Toma y Mixteque, durante el periodo (1985-2021)	63
4.2.1 Microcuenca La Toma (1985-2021)	63
4.2.2 Microcuenca Mixteque (1985-2021)	67
4.3 Condiciones de Agrosuporte en las microcuencas La Toma y Mixteque	71
4.3.1 Infraestructura y Equipamiento de la Actividad Productiva	73
4.3.2 Servicio de Apoyo	76
4.3.3 Participación Social	79
4.4 Estrategias para promover el Desarrollo Rural Sostenible en las microcuencas La Toma y Mixteque.	82
4.4.1 Promoción de sistemas agrícolas sostenibles	82
4.4.2 Fortalecimiento de actividades económicas complementarias que generen ingresos alternativos a los pobladores locales	83

4.4.3 Fortalecimiento de la organización comunitaria para una participación efectiva de los actores locales	84
4.4.4 Disminución y mitigación de los impactos ambientales	85
CONCLUSIONES	140
REFERENCIAS CONSULTADAS	144

www.bdigital.ula.ve

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Elementos que intervienen en un Sistema de teledetección	14
Figura 1.2. Espectro electromagnético	15
Figura 2.1 Diagrama metodológico.	32
Figura 2.2. Imágenes de satélite Landsat 5 (1985) y Landsat 8 (2021)	34
Figura 2.3 Combinación de bandas 5,4,2 en Landsat 5 (1985) y bandas 6,5,2 en Landsat 8 (2021)	36
Figura 3.1 Ubicación de las microcuencas La Toma y Mixteque.	41
Figura 3.2. Unidades Ecológicas de los Andes Venezolanos	47
Figura 4.1 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca La Toma (1985)	53
Figura 4.2 Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985)	54
Figura 4.3 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca La Toma (2021)	56
Figura 4.4 Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (2021)	57
Figura 4.5 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca Mixteque (1985)	58
Figura 4.6 Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985)	59
Figura 4.7 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca Mixteque (2021)	61
Figura 4.8 Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (2021)	62
Figura 4.9 Áreas de cultivos en las zonas relativamente planas del valle estrecho de la quebrada La Toma y en la vertiente izquierda con altas pendientes, en la parte media de la microcuenca (2021).	64
Figura 4.10 Nuevas áreas artificializadas de desarrollo residencial y comercial microcuenca La Toma (2021)	65
Figura 4.11 Áreas de cultivos donde antes se encontraba vegetación de páramo	65
Figura 4.12 Expansión de la frontera agrícola en un área de vegetación herbácea y/o arbustiva	65
Figura 4.13 Afloramiento rocoso y lagunas en la microcuenca La Toma.	67
Figura 4.14 Áreas agrícolas en la parte baja de la microcuenca Mixteque (2021)	68
Figura 4.15 Áreas artificializadas en la parte baja de la microcuenca Mixteque (2021)	69
Figura 4.16 Expansión de la frontera agrícola en un área de vegetación de páramo	69

Figura 4.17 Lagunas en la microcuenca Mixteque	70
Figura 4.18 Elementos que conforman el sistema de riego en la microcuenca Mixteque	74
Figura 4.19 Cultivos bajo riego por aspersión en la microcuenca Mixteque	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Distribución de las bandas en Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI-TIRS	20
Tabla 3.1. Coordenadas Perimetales de cada microcuenca	42
Tabla 4.1. Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985)	52
Tabla 4.2. Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (2021)	55
Tabla 4.3. Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985)	58
Tabla 4.4. Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (2021)	61
Tabla 4.5 Cambios en la Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985-2021)	63
Tabla 4.5 Cambios en la Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985-2021)	68
Tabla 4.6 Indicadores de agrosoprote para las microcuencas La Toma y Mixteque	72

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del concepto de desarrollo sostenible, en la década de los 70, se han generado de importantes cambios en los territorios rurales y agrarios del continente latinoamericano. Aparecen así nuevas problemáticas de carácter global, como la protección ambiental, la producción de energías limpias, la expansión de nuevas tecnologías productivas, el turismo, que coexisten con temas estructurales, como la distribución de tierras, el combate al hambre y la desigualdad social, conjuntamente con la consolidación de la democracia (Aparicio *et al*, 2019).

Bajo estas premisas, se ha consolidado la importancia del desarrollo rural sostenible como objetivo de la política agraria, planteándose a su vez numerosos interrogantes relativos al papel que debe jugar la agricultura en las estrategias de desarrollo rural. En este sentido, las áreas rurales tradicionalmente se han caracterizado por ser zonas donde la actividad agrícola ha sido el principal dinamizador de la actividad económica, constituyendo el punto focal a partir del cual se organiza el espacio.

Estos elementos se han replicado en Venezuela, especialmente en los páramos andinos, donde la agricultura ha sido la base económica desde tiempos ancestrales. Sin embargo, a partir de la revolución verde los impactos que genera en el ambiente han aumentado, al mismo tiempo que se ha venido estudiando la importancia de los ecosistemas andinos tropicales considerados entre los más ricos y de más alta biodiversidad sobre la tierra, pues representan el hábitat de multiplicidad de especies, tanto animales como vegetales, los cuales constituyen una valiosa reserva para el desarrollo de la producción agrícola futura, para las investigaciones químicas y biotecnológicas. Además, estas montañas son fundamentales para determinar el clima y los patrones de circulación de las masas de aire a escala local y continental, y en ellas nacen los principales ríos de los que dependen la producción y la economía tanto de las áreas agrícolas como de las zonas pobladas (Monasterio y Molinillo, 2003).

Ante estas evidencias, es importante la búsqueda de enfoques que permitan comprender y articular la necesidad creciente de espacio para la agricultura, generada por la gran demanda en los mercados nacionales de los productos cultivados únicamente en estos ambientes fríos de montaña, y a la vez por la creciente población andina rural que basa su cultura y su economía en las actividades agrícolas en zonas de páramo; con la necesidad de conservar el medio ambiente.

Es en este contexto, en el que se plantea la presente investigación, que tiene como objetivo analizar la dinámica de la actividad agraria en las microcuencas La Toma y Mixteque del municipio Rangel, estado Mérida, a partir de los cambios en la cobertura de la tierra, durante el periodo 1985-2021, con fines de desarrollo rural sostenible. Con ello se busca identificar como ha sido la evolución de la agricultura en la zona, la influencia que en su consolidación ha tenido la presencia de infraestructura de agrosoprote y proponer estrategias que permitan garantizar el desarrollo rural sostenible, bajo los principios de propiciar el crecimiento económico, generar bienestar social y mitigar los impactos al ambiente.

Con base a lo expresado anteriormente, el Trabajo Especial de Grado aquí descrito se estructura de la siguiente manera: primero se hace referencia a los aspectos que orientan la investigación: el planteamiento del problema y la justificación y los objetivos que rigen la misma. En el Capítulo I se señalan los antecedentes relacionados al tema a distintas escalas y se amplían los aspectos teóricos-conceptuales y legales que sustentan el trabajo. En el Capítulo II se desarrolla la metodología empleada para cumplir con los objetivos propuestos. El Capítulo III presenta una caracterización físico-natural y socioeconómica del área de estudio. El Capítulo IV muestra los resultados de la investigación, luego de llevar a cabo cada una de las facetas de la metodología, y se hace un análisis y discusión de los mismos. Y finalmente aparecen las conclusiones derivadas del estudio realizado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente las políticas de desarrollo rural identifican lo rural con lo agrícola y no destacan las interrelaciones de la agricultura con otros sectores de la economía. El desarrollo rural sostenible en la perspectiva territorial, en cambio, reconoce la base de recursos naturales, las actividades productivas que se desarrollan a partir de los recursos naturales, la dimensión demográfica y las relaciones sociales que acompañan la estructura económica y las instituciones que regulan esas relaciones sociales, como soportes básicos de la economía territorial (Sepúlveda *et al*, 2003).

En consecuencia, la visión del ámbito rural como territorios multifuncionales donde se interrelacionan diversas actividades económicas, sociales, culturales y ambientales, permiten concebir el desarrollo rural sostenible según lo expuesto por Rojas López (2008) como el uso sostenible de los espacios rurales frente a las múltiples demandas actuales y futuras, buscando asegurar un margen razonable de seguridad alimentaria, promover la calidad de vida en el medio rural y fortalecer el sistema de áreas protegidas.

En este sentido, una parte importante del espacio rural del estado Mérida está conformado por ambientes andinos tropicales, considerados entre los más ricos y de más alta biodiversidad sobre la tierra. Se encuentran variedad de especies de plantas, muchas de ellas endémicas, así como también variedades silvestres de alimentos básicos en la dieta del venezolano: papa, maíz y frutas, y de muchas otras especies que constituyen una valiosa reserva para el desarrollo de la producción agrícola futura. Asimismo, estas montañas igualmente son fundamentales para determinar el clima y los patrones de circulación de las masas de aire a escala local y continental, y son en ellas donde nacen los principales ríos de los que dependen la producción y la economía tanto de las áreas agrícolas como de las zonas urbanas (Smith y Romero, 2012).

No obstante, estos ambientes están experimentando cambios rápidos relacionados con el crecimiento poblacional, la expansión de la frontera agrícola, el incremento de las migraciones, el aumento de la accesibilidad y de las comunicaciones, la influencia de nuevos elementos económicos, culturales y tecnológicos. Esta gran apertura a las influencias e intervenciones externas han vuelto a los sistemas naturales y humanos de las montañas tropicales más complejos, más difíciles de entender, menos estables, y más incontrolados en su desarrollo (Monasterio y Molinillo, 2003).

De esta realidad no se escapan las microcuencas de La Toma y Mixteque, del municipio Rangel del estado Mérida; dos zonas representativas del páramo altoandino, de gran

importancia por su biodiversidad, potencial hídrico como fuentes de agua para diversas poblaciones y por su producción agrícola que surte gran parte del occidente del país.

Es por ello que se plantea evaluar la dinámica agraria de las microcuencas La Toma y Mixteque, basada en los cambios de cobertura de la tierra durante el periodo 1985-2021, para evidenciar cómo ha sido la evolución de la actividad agrícola en la zona, y los efectos que ha tenido en ella la existencia de estructuras de agrosuporte. Proponiendo a su vez, algunas estrategias que permitan garantizar el desarrollo sostenible, donde los aspectos económicos, ambientales, y sociales debe ser considerados.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la dinámica de la actividad agraria en las microcuencas La Toma y Mixteque del municipio Rangel, estado Mérida, a partir de los cambios en la cobertura de la tierra, durante el periodo (1985-2021), con fines de desarrollo rural sostenible.

Objetivos Específicos

1. Elaborar una caracterización físiconatural y socioeconómica de las microcuencas La Toma y Mixteque.
2. Identificar la cobertura de la tierra para los años 1985 y 2021 en las microcuencas La Toma y Mixteque.
3. Evaluar la dinámica de cambio de cobertura de la tierra en las microcuencas La Toma y Mixteque durante los años 1985 y 2021.
4. Analizar las condiciones de agrosuporte existentes en las microcuencas La Toma y Mixteque.
5. Proponer estrategias que garanticen el desarrollo rural sostenible en las microcuencas La Toma y Mixteque.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

En este apartado se presentan algunos trabajos previos vinculados con la temática y el área de estudio, que sirvieron como antecedentes de la investigación. Además, se establecen los aspectos teóricos, de manera de ubicar el desarrollo rural sostenible y la dinámica de uso de la tierra, dentro de un conjunto de conocimientos lo más sólido posible, a fin de ofrecer una conceptualización adecuada de los términos utilizados. Por último, se incluyen los aspectos legales relacionados con algunas dimensiones de la problemática analizada, contextualizándola dentro del escenario jurídico venezolano.

1.1. Antecedentes

A continuación se señalan una serie de estudios que se tomaron como referencia teórica y metodológica al estar directamente relacionados con el tema de investigación o con el área de estudio. En consecuencia, son trabajos que muestran como se ha venido dando la evolución en los estudios de dinámica de cambio de uso de la tierra, y las investigaciones realizadas en diferentes áreas de conocimiento dentro de las microcuencas La Toma y Mixteque.

Arias y Barragán (2020) analizaron la expansión de la frontera agrícola para los años 2009 y 2020, en la localidad de Sumapaz, Bogotá, Colombia, a partir de una ortofoto del año 2009 y una imagen satelital Airbus-Landsat para el año 2020. Emplearon una técnica de interpretación visual para identificar las diferencias entre las coberturas existentes en ambos periodos, evidenciando que las vegetaciones de páramo, arbustivas y boscosas se han disminuido, mientras la superficie de cultivos y de pastos se ha incrementado. Posteriormente realizaron un diagnóstico ambiental y socioeconómico, con el fin de identificar las necesidades de la comunidad, mostrando que existen limitaciones para el acceso a tecnologías de la información y las comunicaciones, mal estado de la infraestructura y deficiencias en la comercialización de productos agrícolas. Todo ello se utilizó como base para elaborar la propuesta de un plan de acción centrado en precisar alternativas reales a los pobladores de la zona de estudio, acordes con sus necesidades y comprometidos con las dimensiones ambientales y socioeconómicas como herramienta de articulación y solución a los conflictos de uso de la tierra resultante de la expansión de la frontera agrícola.

Gutiérrez y Morales (2017) realizaron un análisis multitemporal en la cobertura de la tierra para el territorio venezolano en el período 1988-2010, y como validación de los datos obtenidos a nivel nacional, a otra escala, de la microcuenca de la quebrada La Toma ubicada en el municipio Rangel del estado Mérida-Venezuela para el período 1988-2015, empleando para ello una técnica de análisis espacial, específicamente la superposición de mapas usando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permite generar las matrices de cambio y a partir de allí, por reclasificación automatizada, el mapa que muestra las áreas de cambio y permanencias. En general para los períodos considerados, en Venezuela se observaron como las áreas intervenidas aumentaron considerablemente pasando de 107.748,06 km² para el año 1988 a 214.306,07 km² en el año 2010, asociadas a distintas actividades antropogénicas como la expansión urbana y suburbana, expansión de la frontera agrícola, deforestación, minería, entre otros, esto ocurrió en detrimento de la vegetación natural del país, viéndose más afectados los bosques que pasaron a ocupar 543.038,66 km² para el año 1988 a 420.349,94 km² para el año 2010. De igual manera la microcuenca de la quebrada La Toma presentó un patrón de comportamiento similar al ocurrido a nivel nacional, en la cual las actividades antropogénicas asociadas a la expansión agrícola y urbana aumentaron, pasando de 2,08 km² para el año 1988 a 5,33 km² para el año 2015.

Moreno (2017) elaboró un estudio para conocer la disponibilidad real del potencial hídrico y las demandas de agua superficial en las subcuencas Sai-Sai, Michurao, El Royal y Mixteque en el municipio Rangel del estado Mérida para diferentes escenarios a futuro (años 2020 - 2030). Para ello se utilizó el método del coeficiente de transferencia con el fin de generar información de gastos medios y mínimos a las subcuencas estudiadas, obteniéndose caudales medios entre 95,6 - 34,3 l/s considerando los flujos ambientales y caudales mínimos extremos entre 6,2 - 2,2 l/s; posteriormente estos fueron confrontados con las demandas residenciales y agrícolas, obteniendo como resultado que, las mayores cantidades de agua son demandas para la actividad agrícola. En la subcuenca Mixteque, la demanda es de aproximadamente 120 (l/s) para cubrir las necesidades básicas de los cultivos, mientras que el caudal teórico disponible es de 4,05 l/s, evidenciando un déficit hídrico en el corto plazo, que podría incrementarse aún más si continua la expansión de la frontera agrícola, pues el uso inadecuado de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, entre otros agroquímicos, ha llevado a la contaminación del recurso agua, trayendo consigo un balance negativo, que afectará el uso residencial y ambiental.

Duque (2015) realizó un trabajo titulado *Dinámica del Conocimiento Agrobotánico Local (CAL) en Mixteque, Municipio Rangel del Estado Mérida, Venezuela*, cuya finalidad fue

estudiar la dinámica y variación del CAL y los factores que influyen en la comunidad. Para ello se realizó una la determinación botánica basada en los métodos de la etnobotánica, caracterizados por el trabajo de campo de aproximadamente cinco meses adquiriendo un contacto íntimo con las personas de la comunidad y de las plantas que cotidianamente manipulan y utilizan. De allí se obtuvo los sistemas de Conocimiento Agrobotánico Local que se están ajustando en los agricultores de la comunidad, empleando pruebas de inferencial, evidenciándose que, a pesar de los constantes cambios agrícolas en los años recientes, en esta comunidad se mantienen algunas de las prácticas agrícolas tradicionales. De esta manera, se observó como las técnicas actuales están adecuándose continuamente a las técnicas tradicionales, generando así una integración de las técnicas dentro de los sistemas de CAL; destacando que las variaciones y cambios en los conocimientos y prácticas agrobotánicas están asociados con otros patrones culturales en la comunidad.

Falcón (2014) realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar y analizar la dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo de diversos ejidos en los Municipios Felipe Carrillo Puerto, Bacaar y Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo, México, buscando evaluar la influencia que las políticas públicas han tenido sobre dicha dinámica a través de los años a partir de la implementación del Plan Piloto Forestal (PPF) en el año 1984. Para alcanzar los objetivos propuestos llevo a cabo un análisis multitemporal de la dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, mediante percepción remota y SIG, tomando como información básica imágenes de los sensores Landsat y SPOT, correspondientes al periodo 1984-2012. Luego, para cuantificar los cambios, se utilizaron los índices de cambio propuestos por Pontius *et al.* (2004) que permitieron calcular las pérdidas, ganancias, cambios netos e intercambios entre categorías, así como las transiciones sistemáticas y aleatorias más importantes. Finalmente, efectuó un análisis de relación entre los resultados obtenidos del SIG, las estadísticas y el aprovechamiento forestal y las políticas públicas relacionadas a este, evidenciando que, los cambios más importantes se relacionan con la deforestación, explicada principalmente por el avance de la frontera agrícola, asunto que no está contemplado dentro de la política forestal del país, sino que se maneja en relación con las políticas de población, agraria, tecnológica, financiera o de subsidios agrícolas.

Maiguashca (2014) propuso una metodología que permitió determinar las zonas probables de expansión agropecuaria, utilizando variables biofísicas articuladas a técnicas y herramientas como los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección. Siendo así, considero como área de estudio el Cantón Mejías de la Provincia Pichincha de Ecuador, de allí selecciono de tres imágenes de satélite del sensor Landsat TM (1999, 2002 y 2013), a partir de las cuales obtuvo la cobertura de la tierra empleando técnicas de clasificación

supervisada. Posteriormente esta información fue utilizada junto con otras variables biofísicas: pendiente, textura del suelo y sistemas productivos, para aplicar un modelo que le permitiese inferir aquellas zonas de posible crecimiento de la frontera agrícola. Se probaron distintas ponderaciones para las variables dando como resultado que, aquella que reflejaba mejor el comportamiento de la realidad, con un índice de correlación de 0,87, implicaba la influencia del uso y cobertura en un 10%, textura del suelo (50%), sistemas de producción (10%) y la pendiente (30%). De esto se desprende que, las variables biofísicas que tienen mayor preponderancia en la selección de nuevas tierras productivas son la pendiente por accesibilidad y la textura por su relación con la fertilidad, destacando además la versatilidad y facilidad de análisis espacial de las diferentes cartografías con el uso de tecnologías de SIG.

Rodríguez *et al.* (2014) llevaron a cabo una investigación titulada *El páramo andino como productor y regulador del recurso agua. El caso de la microcuenca alta de la Quebrada Mixteque, Sierra Nevada de Mérida, Venezuela*. En esta se contempla que el páramo andino es reconocido como un importante proveedor y regulador de agua. De este recurso depende directamente la población paramera y sus actividades productivas, así como también otros usuarios aguas abajo. Es por ello que el objetivo planteado fue entender el funcionamiento hidrológico de los páramos venezolanos con miras de hacer un mejor manejo y gestión del recurso hídrico, buscando promover su conservación y la de sus servicios ambientales, por lo que era necesario entender la relación entre las precipitaciones y drenaje superficial en una microcuenca paramera. Siendo así, se instaló una estación automatizada de caudal y una red de 13 pluviómetros artesanales y un pluviógrafo. Los registros abarcaron desde septiembre de 2008 a agosto de 2011. Las precipitaciones y los caudales fueron analizados a escala mensual, diaria y por eventos de precipitación. Se estimaron las relaciones entre caudal y precipitación mensual a escala de microcuenca. Obteniéndose como resultado que el caudal presentó un comportamiento similar al patrón de las precipitaciones; sin embargo, la quebrada se mantuvo con flujo durante toda la estación seca. El caudal acumulado representó el 36% de los ingresos por precipitación. En la época húmeda, se observó un caudal muy dinámico fuertemente dependiente de la magnitud, la intensidad y frecuencia de los eventos de precipitación, que sugiere poca capacidad de la regulación del páramo de Mixteque para amortiguar crecidas. Se observó que eventos de muy baja magnitud generaron incrementos de caudal. Mientras que, el mantenimiento de los caudales en la época seca (meses en los que llueve muy poco o nada), indica que el páramo de Mixteque posee una capacidad de almacenamiento que mantiene un caudal base durante todo el año.

Smith *et al.* (2014) presentaron un análisis participativo del uso de la tierra y la calidad de vida de la población en dos sitios piloto del Proyecto Páramo Andino en Venezuela (Tuñame-Estado Trujillo; Mixteque-Estado Mérida). Para alcanzar esto, combinaron técnicas de mapeo participativo y encuestas, por lo que se obtuvo información de un total de 244 hogares en ambas comunidades. Los resultados permitieron inferir que, aun cuando en términos de los indicadores convencionales de pobreza, ambas comunidades son relativamente similares, nuestros resultados muestran diferencias importantes en términos de la calidad de vida y las estrategias de manejo del territorio. En Mixteque, existe una mayor diversificación de los rubros cultivados, de las fuentes de ingresos no agrícolas y un mayor uso de prácticas de manejo alternativas. Así mismo, el acceso a la educación formal es significativamente más alto y existe mayor participación de la comunidad en las organizaciones sociales de base que en Tuñame. Además, la discusión de los resultados con ambas comunidades generó un espacio para la reflexión en torno a los complejos vínculos que existen entre las estrategias de uso de la tierra, el estado de conservación de los ecosistemas y la calidad de vida.

Smith y Romero (2012) realizaron un proyecto titulado *Factores condicionantes de la dinámica espacial de la agricultura en los Andes venezolanos y sus consecuencias sobre el ecosistema páramo*. Su objetivo fue describir e interpretar la dinámica espacial de la agricultura intensiva en la cuenca alta del río Chama en el período 2000-2009 identificando los principales actores y los motores de cambio. Para ello combinaron el análisis espacial de la dinámica del uso de la tierra utilizando sistemas de información geográfica (SIG) con un estudio de los motores de cambio aplicando entrevistas a productores y expertos junto con el análisis de datos estadísticos colectados por instituciones gubernamentales. De esta manera, pudieron evidenciar como la dinámica agrícola en el valle alto del río Chama en el período 2001-2010, se caracterizó por un aumento sostenido en la superficie cultivada, en continuidad con su comportamiento desde 1994, teniendo como resultado un aumento de 2,5 veces en 16 años. Este incremento se realizó principalmente por la conversión de las áreas de agricultura con descanso a agricultura intensiva y por la retoma de áreas abandonadas debido a su degradación durante el período triguero y en menor medida a expensas del páramo natural. En consecuencia, es importante destacar que, la expansión agrícola sobre estas áreas involucra mayoritariamente el cultivo de papa, utilizando la fertilización orgánica en gran escala como principal enmienda para superar los problemas de baja fertilidad y degradación de los suelos retomados. Dentro del rubro papa destaca la aparición y rápida importancia porcentual de las variedades para la agroindustria que para el año 2010 representan un tercio de la superficie cultivada.

Mejía *et al.* (2008) implementaron una metodología para determinar prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, partiendo de tres criterios: oferta de agua, demanda de agua y condiciones ambientales. Además, definieron variables e indicadores para evaluar su comportamiento en las diferentes subcuencas y se establecieron niveles de prioridad, en función de valores prefijados para ponderar los indicadores. La sumatoria simple del nivel de prioridad en cada variable permitió determinar el Índice de Importancia Prioritaria Total (IIPT) por subcuenca, cuyos valores fueron tratados mediante procedimientos geoestadísticos para establecer la priorización final. Finalmente, se obtuvieron cinco grupos, con distintos niveles de prioridad, siendo la subcuenca La Toma la que obtuvo el nivel máximo de prioridad para la implementación de planes conservacionistas, debido a la marcada influencia de ciertos parámetros biofísicos, socioeconómicos y principalmente antropogénicos (presencia en vertientes y fondo de valle de centros poblados y de población dispersa, natalidad, mortalidad, densidad demográfica entre otras). De forma general, los indicadores más críticos en cuanto a la determinación de prioridades fueron: número de sistemas de riego, superficie total regada por subcuenca, consumo promedio de agua para uso doméstico y consumo promedio según superficie regada.

Tomando en consideración las ideas antes expuestas, se desprende el uso extendido de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica como herramientas de gran utilidad para la determinación de cambios en la cobertura y uso de la tierra, además de su aplicación para el estudio de áreas rurales en el análisis de la expansión de la frontera agrícola. Asimismo, se evidencia que, aunque en las microcuencas La Toma y Mixteque, se han realizado diversos estudios, especialmente los relacionados con la producción de agua y los cambios en los ecosistemas de paramos andinos y altiandinos, no se ha analizado con detalle la influencia que ha tenido el desarrollo de agrosostento en la dinámica de uso de la tierra y las proyecciones de áreas donde se pudiese expandir las zonas de cultivo en un horizonte de 20 años, lo que demuestra la relevancia de esta investigación.

1.2. Aspectos teóricos y definición de términos básicos

En este segmento del capítulo se presentan los fundamentos teóricos que proporcionaron al estudio un sistema coordinado y coherente de conceptos, relacionados en primer lugar, con la cobertura y uso de la tierra, la teledetección y conceptos asociados como espectro electromagnético, interpretación de imágenes, los satélites a utilizar como fuentes de información, Sistemas de Información Geográfica, y finalmente, el desarrollo rural sostenible. Las definiciones aquí contenidas, son el resultado de una amplia revisión

bibliográfica, que recoge solo algunas variantes de las muchas y diferentes concepciones existentes a nivel mundial y nacional sobre los términos antes referidos, los cuales se desglosan a continuación.

1.2.1 Cobertura de la tierra y uso de la tierra

La cobertura de la tierra está referida a la cubierta de la superficie del suelo. Se considera un indicador primario de la extensión y grado al cual es afectada la superficie bien sea por la acción antrópica (cultivos, áreas urbanas, industria, entre otros) o por aspectos físicos (altitud, temperatura, suelo, precipitación, entre otros) (Valera, 1994). Por su parte, el IGAC (2005), señala que 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 cobertura puede ser de origen natural (bosques, ríos, desiertos) o de origen artificial (cultivos, pastizales, ciudades). En consecuencia, la cobertura de la tierra es lo que se observa sobre la superficie terrestre como resultado de los usos.

De igual forma, Di Gregorio y Jansen (1998), consideran la cobertura de la tierra como la cobertura biofísica observada de la superficie terrestre; cuando la cobertura de la tierra es considerada en un sentido estricto, ésta describe la vegetación y las características antropogénicas de un territorio. En este sentido, el levantamiento de la cobertura de la tierra puede definirse como el examen de las clases de cobertura terrestre que podrían ser útiles a los hombre (Forero, 1981). Se realiza a partir de la interpretación de imágenes de satélite o fotografías aéreas, considerando solo lo que es visualmente identificable y separable. Las clases o grupos de clases de cobertura dependerán del objetivo del levantamiento y serán representadas en un mapa.

Por el contrario, el uso de la tierra es definido por Vink (1975) como alguna clase de intervención humana, cíclica o permanente para satisfacer sus necesidades ya sean materiales o espirituales, o ambas, sobre el complejo de atributos o recursos que hacen parte de la tierra. Siendo así, es un proceso que expresa la utilización “efectiva” a que ha sido sometida una unidad territorial, a escala diversa, y la forma como se han intervenido los recursos naturales (agua, suelos, vegetación, fauna, yacimientos mineros y fuentes de energía), accionados por otros factores; capital, trabajo, tecnología y organización en la producción de bienes y servicios. Es, de esta manera, el escenario territorial de la ubicación, distribución y relaciones de múltiples actividades económicas y sociales que pueden ser percibidas por un observador a través del trabajo de campo, la interpretación validada de información, los mapas, las fotografías aéreas, la percepción remota y los sistemas de información geográfica (Méndez, 2006).

Por su parte Camacho y Melo (2005), señalan que el término uso se aplica al empleo o aprovechamiento, cíclico o permanente, que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Algunos ejemplos de uso del recurso presente sobre la superficie de la tierra son: extracción de madera, agricultura, protección, ganadería entre otros. El uso de la tierra es el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos. De tal manera que es la respuesta de la acción del hombre sobre la tierra para satisfacer sus necesidades con base en lo que esta le proporciona.

En síntesis, puede señalarse que la cobertura y el uso de la tierra, están estrechamente vinculados a dos enfoques: uno formal, que es el que permite identificar los rasgos externos de los diferentes usos, basado en características que tienen expresión geográfica y proporcionan una visión general de lo que existe en el terreno, es lo que se considera como cobertura; y otro funcional, que incluye el análisis de los factores técnicos, sociales, culturales y económicos, determinando el uso actual de la tierra, sienta sus bases en el levantamiento directo de información.

Dinámica de Cambio de cobertura y uso de la tierra

La dinámica de cambio se realiza mediante un análisis multitemporal que puede definirse como el estudio de una o múltiples variables en diferentes periodos de tiempo. Por lo tanto, favorece la evaluación de procesos dinámicos, permitiendo así, prevenir y evaluar una amplia variedad de fenómenos, tratándose en ocasiones de eventos esporádicos o de procesos continuos, ya sean naturales o causados por el hombre. La disponibilidad de satélites que ofrecen una resolución temporal variada permiten seguir el comportamiento de cualquier fenómeno, ya sea en el momento que se esté produciendo como por ejemplo, el seguimiento de un huracán, o hasta meses y años después que ocurra, por ejemplo la desertificación (Chuvieco, 2006).

Partiendo de las ideas anteriores, en el caso de estudio, se empleó el uso de datos de multitemporales obtenidos de imágenes de satélite para diferentes fechas (1985-2021), de las que se obtuvo dos mapas correspondientes a la misma zona para las fechas determinadas, los cambios se deducen automáticamente a partir de una operación de superposición de capas. Siendo así, la comparación se realiza a través de una tabulación cruzada de datos que se extraen de los mapas digitales y a partir de este cruce se obtiene una tabla de atributos final como resultado que muestra la estabilidad, ganancias o pérdidas que puede tener cada categoría de cobertura de la tierra que fue definida para la imagen.

Con base a las ideas planteadas anteriormente, en la presente investigación la información sobre la cobertura y uso de la tierra se extrajo a partir de imágenes de satélite, utilizando la teledetección como una técnica que permite obtener información a través de la interpretación de imágenes, por lo que es conveniente conocer algunos aspectos sobre el basamento teórico y los procedimientos que permiten la adquisición de los datos y su tratamiento, de manera que faciliten el análisis y comprensión de la información.

1.2.2 Consideraciones generales sobre Teledetección

La Teledetección es definida por Olaya (2010), como el estudio y medida de las características de una serie de objetos, que pueden ser elementos de la superficie terrestre, sin que exista contacto físico con ellos. Para ello, se cuantifican las perturbaciones que el objeto provoca en su entorno, principalmente las tipo electromagnético.

En este orden de ideas, la Teledetección también pueden ser concebida como una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, asumiendo que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de haz artificial o por emisión propia. Ese haz energético recibido por el sensor se transmite como una imagen a la superficie terrestre, la cual puede almacenarse y luego ser interpretada para una determinada aplicación. (Chuvieco, 1990).

En este sentido, debe tenerse en consideración que los sensores son instrumentos sensibles que detectan la radiación electromagnética, pudiendo ser reflejada o emitida, que llega desde la tierra y la atmosfera, los sensores son instalados en plataformas fijas o móviles: grúas, cometas, globos, aviones, satélites, entre otros. Siendo así, las características de la imagen registrada dependen, en gran medida, del tipo de sensor utilizado y de la distancia al suelo desde el cual se realiza la adquisición de datos.

Desde esta perspectiva, en la figura 1 puede observarse los elementos que interactúan en el proceso de obtención de imágenes a distancia, que a groso modo puede resumirse en que la radiación electromagnética emitida por el sol pasa a través de la atmósfera y se refleja en la superficie. La radiación es reflejada por el suelo a través de la atmósfera, se captura y se registra en el sensor remoto, el cual a su vez transmite los datos a un satélite de retransmisión o a una estación receptora en tierra. Una vez que los datos se reciben en el suelo, éstos se procesan, son organizados, analizados, para diversas aplicaciones.

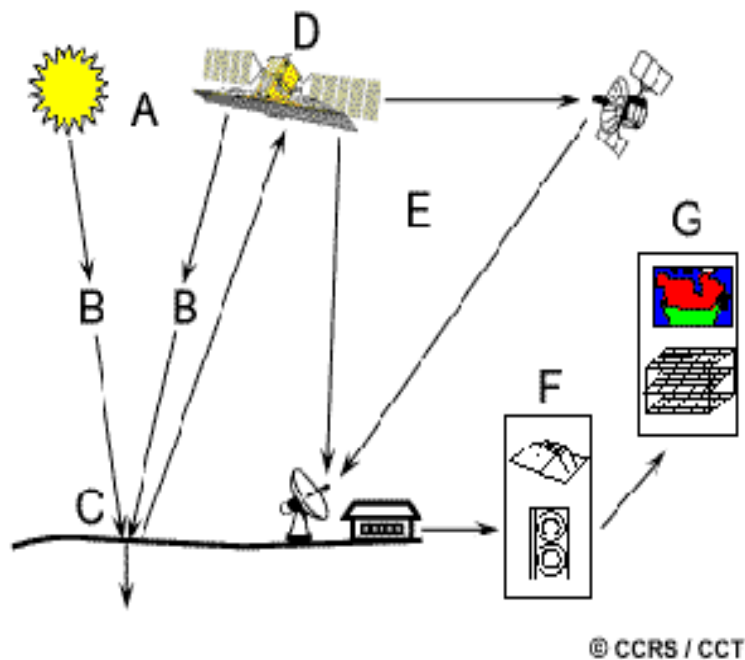


Figura 1.1. Elementos que intervienen en un Sistema de teledetección. (CCRS, 2014).

1.2.3 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es el campo completo de radiación electromagnética, que es entendida como una forma dinámica de energía causada por la oscilación de una carga eléctrica que se manifiesta únicamente cuando interactúa con la materia, puede tener un origen natural o artificial; aunque generalmente, la captada por los sensores utilizados en teledetección utilizan la energía procedente del Sol, que es la energía electromagnética que a traviesa el espacio a la velocidad de la luz en la forma de ondas de sinusoidal (CCRS, 2014).

Está caracterizada por la amplitud (A), distancia entre una cresta o un valle de la onda y su punto medio o de equilibrio, la longitud (λ), distancia entre dos crestas o dos valles sucesivos, y la frecuencia (F), el número de ciclos u oscilaciones por segundo. Estas dos últimas se relacionan con la velocidad de la luz (v) del siguiente modo: $V = \lambda * F$. De allí se desprende que la frecuencia y la longitud de onda tienen una relación inversa y recíproca, es decir, a menor longitud de onda mayor es la frecuencia y viceversa, además son directamente proporcionales a la velocidad.

Desde esta perspectiva, las longitudes de onda del espectro electromagnético van desde la radiación cósmica y los rayos gamma que son longitudes muy cortas, que desde el punto

de vista biológico pueden resultar letales, hasta las más largas, como las ondas de radio que son inofensivas. Este conjunto se subdivide, con cierto grado de arbitrariedad, en bandas que agrupan las longitudes de onda que cuentan con características similares, aunque no existe un corte neto entre una región y la siguiente (Fernández, 2000) (Ver figura 2).

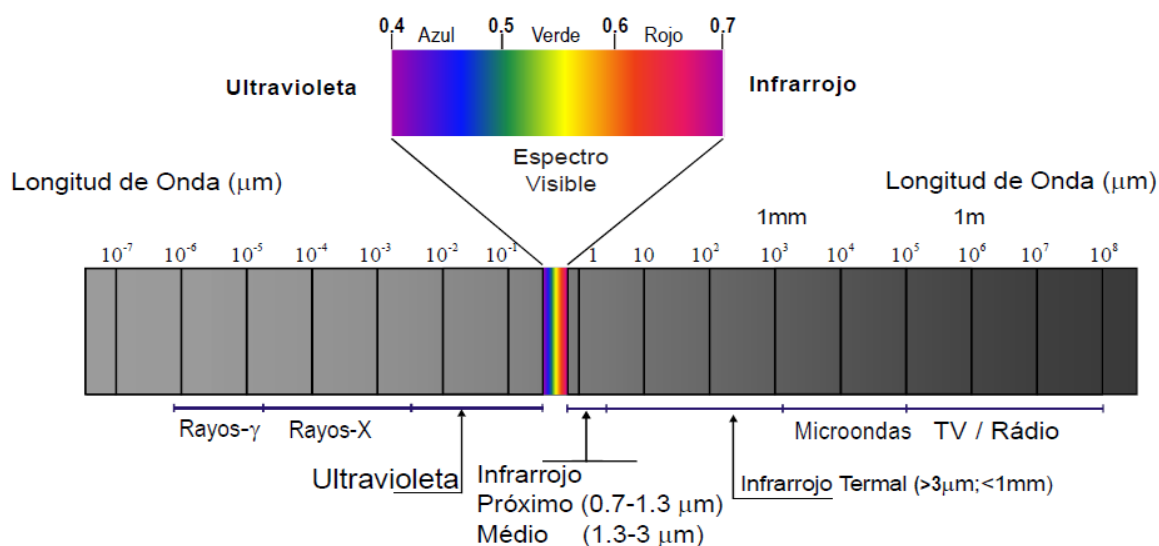


Figura 1.2. Espectro electromagnético. (Pérez, 2007).

Desde el punto de vista de la presente investigación conviene destacar una serie de bandas espectrales, que según Chuvieco (1990), por la información que permiten extraer, son las más utilizadas en la teledetección:

- Espectro visible: (0,4 a 0,5 μm): se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de onda en donde es máxima la radiación solar. Suelen distinguirse tres bandas elementales, que se denomina azul (0,4 a 0,5 μm); verde (0,5 a 0,6 μm); y rojo (0,6 a 0,7 μm), en razón de los colores primarios que nuestros ojos perciben a esas longitudes de onda.
- Infrarrojo próximo (0,7 a 1,3 μm): a veces se denomina también infrarrojo reflejado o fotográfico, puesto que parte de este puede detectarse a partir de filmes dotados de emulsiones especiales. Resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.
- Infrarrojo medio (1,3 a 8 μm): en donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre. Resulta idóneo para estimar contenido de humedad en la vegetación y detección de focos de alta temperatura.

- Infrarrojo lejano (8 a 14 μ m): que incluye la porción emisiva del espectro terrestre, en donde se detecta el calor proveniente de la mayor parte de la cubierta terrestre.
- Micro-ondas (a partir de 1cm): con gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

De esta manera, las bandas mencionadas anteriormente son las más empleadas por los sensores que van a bordo de los satélites, correspondiéndose a lo que se conoce como región óptica del espectro fotográfico, que incluye las radiaciones de onda del espectro visible y algunas radiaciones ultravioletas e infrarrojas.

Las ideas precedentes, pueden explicarse si se considera que la energía electromagnética llega en todas sus longitudes al tope de la atmósfera, sin embargo, solo algunas pueden travesarla y tocar la tierra para ser reflejadas de nuevo. De esta manera, radiaciones que lo hacen, lo logran aprovechando la existencia de ventanas atmosféricas, que son cada uno de los intervalos de frecuencia en los que la radiación procedente del exterior puede atravesar la atmosfera sin ser absorbida, pues ésta se comporta como un filtro para algunas longitudes de onda y la superficie terrestre solo es alcanzada por el espectro visible, una porción del infrarrojo en la que se incluye el infrarrojo térmico, y una parte de la región del microondas, por lo que son las que presentan mayor eficacia al momento de utilizarlas en la teledetección.

1.2.4 Satélites

Los satélites son instrumentos con múltiples usos que se encuentran en el espacio y proporcionan una cantidad de las imágenes de sensores remotos utilizadas hoy en día. Los satélites tienen varias características únicas que los hacen especialmente útiles para la teledetección de la superficie terrestre, una de ellas es la órbita que siguen, que puede variar en función de la altitud y su orientación y rotación con respecto a la Tierra. CCRS (2014) los diferencia en:

- Satélites geoestacionarios: se sitúan a altitudes de aproximadamente 36.000 kilómetros sobre la superficie terrestre, girando a velocidades que coinciden con la rotación de la Tierra. Ello permite que los satélites observen y recopilen información continua sobre áreas específicas. Son los más utilizados para las comunicaciones y el seguimiento meteorológico.
- Satélites de órbitas cuasi polar: llamado así por la inclinación de la órbita respecto a una línea que corre entre los polos Norte y Sur que, junto con la rotación de la

Tierra (oeste-este), les permite cubrir la mayor parte de la superficie terrestre a lo largo de un cierto período de tiempo. Muchas de estas órbitas de los satélites son también sincronizadas con el sol, de tal manera que cubran cada zona del mundo en un momento constante del día; asegurando de esta forma, las condiciones de iluminación consistentes en la adquisición de imágenes en una temporada específica en años sucesivos, por lo son frecuentemente empleados en teledetección.

Visto de esta forma, como un satélite gira alrededor de la Tierra, observa cierta porción de su superficie, que se conoce como pasada, cuyo ancho varía entre los sensores, estando generalmente, entre decenas y cientos de kilómetros. Cada pasada genera una franja, entre franja y franja existe un solape, y debido al movimiento del planeta, cada cierto tiempo se cubre toda su superficie, conociendo este periodo como ciclo orbital, que es diferente al período de revisita. Esto se debe al uso de sensores orientables, pues puede verse un área antes y después de que el satélite pase por encima de un objetivo, con lo que el tiempo de revisita es menor que el tiempo de ciclo de orbital. Siendo así, en órbitas cercanas a las polares, las áreas en las latitudes altas serán fotografiadas con más frecuencia que la zona ecuatorial debido a la creciente superposición en franjas adyacentes, ya que los caminos de la órbita se juntan al acercarse a los polos.

De igual forma, un satélite puede llevar uno o más sensores a bordo y cada uno posee características distintas que influirán en la imagen, según Chuvieco (2006) estas pueden clasificarse en:

- Resolución espacial: este término designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen y juega un papel importante en la interpretación de la misma. La resolución espacial de cualquier sensor depende de varios factores, como son la altura de la órbita (altura del satélite), el radio de abertura y la longitud de la onda en la que trabajen. En este sentido, está íntimamente relacionado con el tamaño del pixel, que es la unidad homogénea más diminuta que forma parte de una imagen y por tanto influye en gran medida en la escala en que puede ser tratada la imagen.
- Resolución espectral: está referida al ancho y número de bandas dentro del espectro electromagnético que utiliza cada sensor, lo que se relaciona con la capacidad que tiene el sensor para discriminar diversos elementos en la superficie terrestre, por lo que existen sensores multiespectrales e hiperspectrales.
- Resolución Radiométrica: describe su capacidad para discriminar diferencias muy leves en energía, por tanto detalla la información real de una imagen. De esta

manera, cuanto mayor sea la resolución radiométrica de un sensor, más sensible es éste a detectar pequeñas diferencias en la energía reflejada o emitida. Está representada por números digitales positivos que varían de 0 una potencia seleccionada de 2, la más extendida es una resolución de 8 bits, que se refiere a la capacidad de registrar 256 niveles digitales o tonos de grises.

- Resolución temporal: Este concepto alude a la frecuencia de cobertura proporciona el sensor, en otras palabras, se refiere a la periodicidad con la cual este adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre.

Para fines de la presente investigación, se utilizaran imágenes de satélite de la serie Landsat por lo que es adecuado mencionar las características del mismo.

1.2.5 Serie de Satélites Landsat

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Este programa ha revolucionado la forma de ver y estudiar el planeta. La serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continua registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada (Ariza, 2013).

Desde esta perspectiva, el INEGI (2011), señala que la serie Landsat fue anteriormente conocida como ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Los tres primeros satélites: Landsat 1 (23 de julio 1972 – 05 de enero 1978), Landsat 2 (22 enero 1975 – 27 julio 1973) y Landsat 3 (05 marzo 1978 – 07 septiembre 1993), se constituían por un sistema de cámaras de televisión, que operaban en la faja del espectro electromagnético comprendida entre el visible y el infrarrojo cercano. La resolución espacial en el Landsat 1 y 2 era de 80 x 80m, con tres bandas espectrales (verde, rojo e infrarrojo cercano) y en Landsat 3 era de 40 x 40m con una banda espectral (pancromático).

El Landsat 4 (16 junio 1982 – 1983) llevaba bordo el sensor MSS, colocado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con la finalidad de tener un sistema multiespectral para sus estudios agrícolas. Operaba en cuatro canales del espectro electromagnético, dos en el visible (4 y 5) y dos en el infrarrojo cercano (6 y 7). En cuanto a su resolución espacial era de 80 x 80m.

El Landsat 5 fue lanzado en 1984, y es el satélite de teledetección que más tiempo llevaba en órbita operativo. El sensor TM (Thematic mapper) es un avanzado sensor de barrido multiespectral, concebido para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre objetos de la superficie terrestre, mayor fidelidad geométrica y mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS. Tiene una resolución espacial de 30 m en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 m en la banda del infrarrojo termal.

El Landsat 6 (03 octubre 1993 – 03 octubre 1993), fue una misión fallida después de no alcanzar la velocidad necesaria para entrar en órbita, el satélite llevaba a bordo el sensor ETM (Enhanced Thematic Mapper).

En 1999 se lanzó el Landsat 7, al igual que el Landsat 6 lleva incorporando el sensor ETM (Enhanced Thematic Mapper), que añade a las bandas ya disponibles en el TM un canal pancromático con resolución espacial de 15 metros.

En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada “Landsat Data Continuity Mission” (LDCM), es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multiespectrales, manteniendo la misma calidad de sus predecesores.

El satélite LANDSAT 8 incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS), constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (Banda 1: azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda 9 es útil para la detección de cirrus. La resolución espacial para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución espacial. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 km de este a oeste. Las características generales de las bandas se aprecian en la Tabla N°1.1.

De esta manera, las imágenes proporcionadas por la serie Landsat, poseen resolución espacial de 30 m, resolución espectral que abarca desde el espectro visible al infrarrojo térmico, resolución radiométrica de 16 bits y resolución temporal de aproximadamente 16 días de revisita con 49 años de registros. Siendo así, para la presente investigación se emplearon imágenes de los satélites Landsat 5 TM (1985) y Landsat 8 OLI-TIRS (2021).

Tabla N°1.1 Distribución de las bandas en Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI-TIRS

Landsat 5 Thematic mapper (TM)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución
	Banda 1- Azul	0,45-0,52	30
	Banda 2- Verde	0,52-0,60	30
	Banda 3- Rojo	0,63-0,69	30
	Banda 4- Infrarrojo cercano (N IR)	0,76-0,90	30
	Banda 5- Infrarrojo medio	1,55-1,75	30
	Banda 6- Infrarrojo térmico	10,4-11,5	120
	Banda 7- Infrarrojo medio	3,08-2,35	30
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución
	Banda 1- Aerosol costero	0,43-0,45	30
	Banda 2- Azul	0,45-0,51	30
	Banda 3- Verde	0,53-0,59	30
	Banda 4- Rojo	0,64-0,67	30
	Banda 5- Infrarrojo cercano (N IR)	0,85-0,88	30
	Banda 6- SWIR 1	1,57-1,65	30
	Banda 7- SWIR 2	2,11-2,29	30
	Banda 8- Pancromático	0,50-0,68	15
	Banda 9- Cirrus	1,36-1,38	30
	Banda 10- Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10,60-11,19	100
	Banda 11- Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11,50-12,51	100

Fuente: Ariza, 2013.

1.2.6 Interpretación y análisis de imágenes

Para poder aprovechar y hacer un buen uso de los datos de teledetección, se debe poder extraer información significativa de las imágenes. En este sentido, la interpretación y el análisis de imágenes de teledetección implican la identificación y/o medición de diversos objetivos en la misma, con el fin de extraer información útil sobre ellos.

Si bien y cierto, la interpretación y análisis de imágenes puede hacerse de forma visual, por un intérprete humano o digital, con la ayuda de un computador. Cada uno de estos procedimientos tiene sus ventajas y desventajas. La interpretación de manera visual se remonta a los inicios de la teledetección para la interpretación de fotografías aéreas, mientras que el procesamiento y análisis digital es más reciente, esto se debe al advenimiento de la grabación digital de datos de teledetección y el desarrollo de las computadoras (Chuvieco, 2006).

Desde esta perspectiva, la interpretación visual requiere poco equipo, mientras que el análisis digital requiere instrumentos más especializados. Interpretación visual es a menudo

limitada al análisis de un solo canal o banda de datos o una sola imagen a la vez debido a la dificultad en su realización con múltiples imágenes. No obstante, el entorno de la computadora es más susceptible a la manipulación de imágenes complejas de varios canales y/o múltiples fechas. En este sentido, el análisis digital es muy útil para la observación simultánea de muchas bandas espectrales y puede procesar una gran cantidad de datos mucho más rápido que un intérprete humano. Asimismo, la interpretación visual es un proceso subjetivo, lo que significa que los resultados variarán con diferentes intérpretes; por su parte, el análisis digital se basa en la manipulación de números digitales en un ordenador y es por lo tanto es más objetivo, lo que resulta en resultados más consistentes. Sin embargo, la determinación de la validez y exactitud de los resultados de procesamiento digital puede ser difícil (CCRS, 2014).

En efecto, es importante reiterar que el análisis visual y digitales de imágenes de sensores remotos no son mutuamente excluyentes. Ambos métodos tienen sus méritos; en la mayoría de los casos, lo más adecuado es emplear una mezcla de ambas técnicas para el análisis de imágenes. De hecho, la decisión definitiva de la utilidad y relevancia de la información extraída al final del proceso de análisis, todavía debe ser hecha por los seres humanos.

1.2.7 Sistemas de información geográfica (SIG)

Olaya (2010), define el SIG en su concepción actual como una herramienta integradora que busca abarcar en su ámbito todas las funcionalidades que se requieren para el trabajo con variables y elementos espacialmente localizados. Un SIG, básicamente, ha de permitir la realización las siguientes operaciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales
- Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, entre otros.

Asimismo, un SIG puede ser concebido como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Facilitan la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (López, 2002).

Con base en estas consideraciones, puede decirse que un SIG se fundamenta en el concepto de sistema como elemento integrador que engloba a un conjunto de componentes interrelacionados: tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados.

De igual forma Méndez (2006) señala la importancia de los SIG como herramienta tecnológica para organizar información temática y de síntesis de un espacio geográfico o territorio. Su concepción y aplicación facilita el inventario, almacenamiento, recuperación y análisis de datos e interpretación de indicadores, que se expresan de forma de mapas digitalizados y en grados variables de información.

De esta manera, al ser una técnica de carácter automatizado permite acelerar los procedimientos convencionales de elaboración y superposición de mapas e interpretación de los mismos, además de las relaciones que se establecen entre los elementos y atributos que existen en el espacio geográfico y realizar ajustes que reclama la dinámica socio espacial. En consecuencia, un SIG se considera como una tecnología dirigida a la solución de problemas territoriales.

1.2.8 Desarrollo Rural Sostenible

El concepto de desarrollo rural se acuñó en los años setenta, después de dos décadas de desarrollo, no para designar un modelo específico para las zonas rurales, sino como estrategia para contrarrestar los efectos negativos del modelo de desarrollo dominante en los países de desarrollo durante las décadas de los cincuenta y sesenta (Ceña, 1994). A este respecto dos hechos se manifestaron con gran nitidez: la pobreza había aumentado y se encontraba principalmente en las zonas rurales, y la agricultura podía ser o cuello de botella o motor de desarrollo global en función de la estrategia seguida

Existen distintas aproximaciones en el concepto de desarrollo rural, para Jansma *et al.* (1981) desarrollo rural es una mejora general en el bienestar económico y social de los residentes rurales y en el entorno institucional y físico en el que viven. Mientras que, para Valcárcel-Resalts (1992) es un proceso localizado de cambio social y crecimiento económico sostenible, que tiene por finalidad el progreso permanente de la comunidad rural y de cada individuo integrado en ella.

De igual forma, Gómez Orea (2002) señala que el desarrollo rural puede entenderse en un sentido básico como la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de los espacios rurales fijando como objetivos la mejora de la calidad de vida de los habitantes del medio

rural, que a su vez implica el incremento de los niveles de renta, la mejora en las condiciones de vida y de trabajo y la conservación del medio ambiente.

Asimismo, para Cornins *et al* (2002) el desarrollo rural es el proceso endógeno que se genera en el territorio de forma global e intersectorial y que exige la participación activa de la propia población en un progreso apoyado en la acción subsidiaria de las administraciones y de otros agentes externos. Mediante este proceso se pretende una mejora de las condiciones de vida y trabajo que lleve consigo la creación de empleo y riqueza, compatible con la preservación del medio y uso sostenible de los recursos naturales. El desarrollo rural pretende reestructurar el sistema económico rural mediante estrategias de desarrollo empresarial basado en las capacidades del territorio.

Por su parte, González (2005) lo concibe como la capacidad que tienen las personas en un territorio de movilizarse asumiendo el protagonismo de asegurar su futuro, procurando la máxima integración de los actores locales, organizándose en partenariado local capaz de asumir acciones de desarrollo de forma corresponsable con las administraciones públicas, capitales e iniciativas de I+D+I innovadoras.

De esta manera, el desarrollo rural se concibe como un proceso de transformación, integración y fortalecimiento de las actividades agropecuarias y no agrícolas bajo un manejo sostenible de los recursos para el mejoramiento de los ingresos y condiciones de vida de las familias rurales, proceso dirigido por los actores locales para construir una territorialidad específica en coordinación con instituciones y organizaciones. Esta territorialidad es un camino propio de desarrollo basado en las capacidades, activos y recursos multidimensionales de los ámbitos rurales (Valacarsel y Resalts, 1992).

Siendo así, el desarrollo rural persigue dar respuesta a dos necesidades básicas para hacer posible un futuro sostenible, para ello debe incidir en a) mejorar la formación a sus pobladores para darle herramientas que les permita acceder a transformaciones en su calidad de vida y erradicar la pobreza extrema, evitando su migración hacia la periferia de las ciudades; b) lograr una producción agrícola sostenible para asegurar el acceso a los alimentos que necesitan las ciudades con la premisa de proteger y conservar la base de recursos naturales para seguir proporcionando servicios de producción, ambientales y culturales erradicar la pobreza extrema (Zambrano *et al.*, 2015).

Desde esta perspectiva, Rojas López (2008) señala que el desarrollo rural sostenible constituye una estructura para mejorar la calidad de vida de las sociedades rurales menos favorecidas, a través del logro de cuatro objetivos esenciales: a) elevar el crecimiento económico, b) promover la equidad social y la participación comunitaria, c) asegurar el uso

sostenible de los recursos naturales, y d) valorar el capital territorial de las regiones y localidades rurales. Atendiendo a las condiciones específicas de las comunidades y los territorios, se diseñan estrategias propias que interrelacionan las actividades programadas en cada uno de los objetivos del plan de desarrollo.

Siendo así, avances recientes en la conceptualización del desarrollo rural sostenible abrieron las puertas a una nueva visión de lo rural en el contexto de la territorialidad. Se reconoce explícitamente que lo rural es más que agricultura y población dispersa, que las conexiones urbano-rurales son amplificadoras de las geoeconomías locales y regionales, y que el territorio es un capital territorial, con multiplicidad de funciones, vinculadas, al desarrollo agrícola, agroindustrial, artesanal, de servicios, turismo, la cultura, conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales, es decir, de los ecosistemas locales y globales sustentadores de la vida y de actividades productivas. Todo ello concebido bajo un enfoque de una visión integrada de la sociedad y sus múltiples actividades y relaciones (IICA, 1999).

En este orden de ideas, el desarrollo rural sostenible con enfoque territorial, según Rojas López (2008), le asigna prioridad a una estrategia convergente en los espacios rurales: agentes de la producción, instituciones, organizaciones comunitarias, mercados y políticas públicas y privadas. Se busca la integración social y económica de los territorios rurales sobre una base ecológica y la de éstos con el resto de la economía nacional. Con este nuevo enfoque la agricultura pasa a ser considerada como una actividad extendida, que se integra vertical y horizontalmente; sujeta a pactos de garantía o reglas claras entre los diferentes agentes productivos; sostenible, en tanto que posibilita conservar la capacidad de reproducción de los ecosistemas para las poblaciones actuales y futuras; polifuncional, en virtud de que reconoce su asociación con actividades urbanas y rurales no agrícolas; socialmente cohesiva, pues centra sus objetivos en el capital humano y la calidad de la vida rural; y flexible por su capacidad de respuesta a diversos mercados.

Agrosoporte

El Agrosoporte se refiere a los requerimientos mínimos de acondicionamiento de las áreas donde se llevará a cabo la actividad productiva. En este sentido, Delgado (2017) señala que este componente valora el contexto socioeconómico que contribuye a sustentar la actividad agroproductiva de la tierra con elementos como:

- Infraestructura y el equipamiento de soporte a la actividad productiva: sistemas de riego y/o saneamiento de tierras, vialidad, centros de acopio, silos, receptorías y/o centros de procesamiento de productos, entre otros.
- Servicios de apoyo a la producción: asistencia financiera (Bancos y otros institutos crediticios), extensión y capacitación, asistencia técnica, investigación agrícola (INIA, Universidades), suministro de insumos, agro-comercio, servicios de transporte de insumos y productos agrícolas, redes de comercialización, entre otros.
- Social: distancia a mercados y centros de consumo, proporción de tierras bajo el uso agrícola respectivo, en el área de influencia inmediata, existencia de mano de obra especializada para la actividad agroproductiva, tipos y el grado de organización de productores y comunidades (asociaciones de productores, cooperativas agrícolas, gremios), tradiciones y costumbres de la población rural (referencias dada por los productores).

1.3 Aspectos Legales

Los elementos relacionados con el desarrollo rural en Venezuela se enmarcan dentro de diversos instrumentos jurídicos, donde se desarrollan los principios básicos, técnicos y procedimentales. Éstos abarcan diferentes niveles que van desde la Constitución hasta Decretos que dictan normas para regir actividades o procesos muy específicos. Para propósitos de esta investigación, el marco legal venezolano a considerar será el siguiente:

1.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000)

El estado venezolano será el encargado de promover el desarrollo rural sostenible dentro del sistema socioeconómico, de acuerdo a lo planteado en el Título VI, Capítulo I:

Artículo 305. El Estado promoverá la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral, a fin de garantizar la seguridad alimentaria de la población; entendida como la disponibilidad suficiente y estable de alimentos en el ámbito nacional y el acceso oportuno y permanente a éstos por parte del público consumidor. La seguridad alimentaria se alcanzará desarrollando y privilegiando la producción agropecuaria interna, entendiéndose como tal la proveniente de las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola. La producción de alimentos es de interés nacional y fundamental para el desarrollo económico y social de la Nación. A tales fines, el Estado dictará las medidas de orden financiero, comercial, transferencia tecnológica, tenencia de la

tierra, infraestructura, capacitación de mano de obra y otras que fueran necesarias para alcanzar niveles estratégicos de autoabastecimiento. Además, promoverá las acciones en el marco de la economía nacional e internacional para compensar las desventajas propias de la actividad agrícola...

Artículo 306. El Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina un nivel adecuado de bienestar, así como su incorporación al desarrollo nacional. Igualmente fomentará la actividad agrícola y el uso óptimo de la tierra mediante la dotación de las obras de infraestructuras, insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia técnica.

De esta manera, la constitución contempla que el desarrollo rural estará basado en una agricultura sustentable, lo que implica que la actividad agrícola deberá, no solo propiciar el crecimiento económico, sino buscar el mayor beneficio social y considerar aspectos que permitan minimizar sus impactos en el ambiente, especialmente en los recursos agua y suelo. Para esto, el estado debe proveer a la población rural de capacitación y asistencia técnica, garantizar el acceso a la tecnología, y facilitar el financiamiento necesario para la implementación de estas medidas. Todo ello con la finalidad de que la población rural adquiriera una calidad de vida acorde a sus necesidades.

Sin embargo, aunque el desarrollo rural integral y sustentable tiene rango constitucional, y mucho se ha adelantado al respecto, la realidad es que la agricultura lejos de ser una fuente para el crecimiento económico de toda la población rural, todavía es muchas veces un medio de subsistencia que se practica sin considerar los daños ambientales que ocasiona y sin que se prevean las condiciones necesarias para garantizar el bienestar de los habitantes, por lo que existe una variedad de elementos que requieren de implementación.

1.3.2 Leyes Orgánicas y Ordinarias

Ley de Tierras y Desarrollo Agrario (2010)

La Ley de Tierras y Desarrollo agrario establece los principios generales para promover el desarrollo rural sostenible, así lo contempla en:

Artículo 1. La presente Ley tiene por objeto establecer las bases del desarrollo rural integral y sustentable; entendido éste como el medio fundamental para el desarrollo humano y crecimiento económico del sector agrario dentro de una justa distribución de la riqueza y una planificación estratégica, democrática y participativa, eliminando el latifundio y la tercerización como sistemas

contrarios a la justicia, la igualdad, al interés general y a la paz social en el campo, asegurando la biodiversidad, la seguridad agroalimentaria y la vigencia efectiva de los derechos de protección ambiental y agroalimentario de la presente y futuras generaciones.

Artículo 3. Con el objeto de dar cumplimiento al desarrollo humano y al crecimiento económico establecido en el artículo 1 de la presente Ley, el Ejecutivo Nacional promoverá planes especiales de desarrollo integral para incorporar progresivamente a todas las regiones al desarrollo económico del país, manteniendo igualdad de oportunidades para todas las regiones.

Según lo señalado anteriormente, la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario contempla que el desarrollo rural sostenible se basa en propiciar el desarrollo humano y el crecimiento económico dentro del entorno agrario, considerando los derechos de protección al ambiente; de forma tal que se garantice la seguridad agroalimentaria para las generaciones presentes y futuras. Para ello es necesaria una justa distribución de la riqueza y una planificación estratégica y participativa, por lo que se propone la creación de planes especiales de desarrollo integral en las diferentes regiones del país atendiendo a sus particularidades geográficas.

No obstante, la realidad es que no existe un sistema de planificación implementado que promueva el desarrollo agrario de las diferentes regiones de Venezuela, y aquellos programas que se han llevado a cabo, han tenido efectos espaciales muy específicos, sin que exista una continuidad temporal ni un marco general que permita garantizar la igualdad de condiciones para generar crecimiento económico, bienestar social y el cuidado y conservación del ambiente. Siendo así, es importante que, las diferentes instituciones públicas y privadas así como las organizaciones comunitarias, que hacen vida en las distintas comunidades propicien a escala local estrategias que favorezcan el desarrollo rural sostenible.

Decreto con rango, valor y fuerza de Ley de Salud Agrícola integral (2008)

La Ley de Salud Agrícola Integral, busca fortalecer las normativas jurídicas sobre el control, autorizaciones, restricciones y prohibiciones de introducción y diseminación de enfermedades y plagas en el país, que atentarían contra la sustentabilidad y soberanía y seguridad agroalimentaria, riesgos que son producto del mayor tráfico internacional de animales y vegetales, sino que debe proyectarse para coadyuvar en el logro de una agricultura sustentable, de amplia incorporación y participación de todos los sectores

Artículo 1°. El presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley, tiene por objeto garantizar la salud agrícola integral.

A los efectos del presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley, se entiende por salud agrícola integral la salud primaria de animales, vegetales, productos y subproductos de ambos orígenes, suelo, aguas, aire, personas y la estrecha relación entre cada uno de ellos, incorporando principios de la ciencia agroecológica que promuevan la seguridad y soberanía alimentaria, y la participación popular, a través de la formulación, ejecución y control de políticas, planes y programas para la prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades.

Artículo 2°. El presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza Ley, tiene las siguientes finalidades:

1. Promover, divulgar, y garantizar la salud agrícola integral, como eje principal de la soberanía y seguridad alimentaria, y el desarrollo sustentable de la Nación, la salud de los animales y vegetales, por ende, de las personas, mediante el fomento de la ciencia agroecológica.
2. Proteger a la población de la entrada y difusión de enfermedades y plagas que afecten a los animales, vegetales, productos y subproductos de ambos orígenes, así como de agentes que faciliten su propagación al territorio nacional.
3. Alcanzar un estado zoonosanitario y fitosanitario adecuado a las necesidades económicas, sociales y ambientales de la Nación mediante la prevención, localización, control de enfermedades y plagas que afecten los vegetales, animales, productos y subproductos de ambos orígenes.
4. Regular la exportación, importación y traslado interno de animales y vegetales, así como productos y subproductos de ambos orígenes, para garantizar la salud agrícola integral de la Nación.
5. Regular el uso de ingredientes activos en productos agrícolas, domésticos, de salud pública e industrial, muy especialmente, cuando el Estado considere que existe amenaza inminente para la salud humana o el ambiente, a los fines de su importación y uso en la formulación y comercialización de los productos que los contengan, deberán tomarse medidas precautorias aun cuando algunas relaciones de causa y efecto no se hayan establecido de manera científica en su totalidad...

Con base en los elementos expuestos, la Ley de Salud Agrícola integral se presenta como un instrumento jurídico que involucra la protección de los ecosistemas, de la población que los habitan y se dedican a la agricultura y de quienes consumen sus productos: la regulación y control de actividades o acciones tendentes a generar enfermedades y plagas en especies vegetales y animales, así como la regulación y control de prácticas productivas que atenten contra la diversidad biológica y la calidad ambiental, entre otros. En consecuencia, promueve el aprovechamiento sustentable, racional y responsable de los recursos hidrobiológicos, con la participación activa de los consejos comunales y cualquier otra forma de organización y participación comunitaria, en asuntos relacionados con el desarrollo agrario de su localidad.

1.3.3 Normas y Reglamentos

Las microcuencas La Toma y Mixteque son áreas de especial interés, pues son el hábitat de multiplicidad de especies y contiene ecosistemas únicos, además productoras de agua por excelencia, por lo que coexisten varias declaratorias de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), definidas en tres figuras: Parque Nacional Sierra de la Culata y Observatorio Llano del Hato, para la microcuenca La Toma, y Parque Nacional Sierra Nevada en la microcuenca Mixteque, con sus respectivos Decretos y Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso.

Parque Nacional Sierra Nevada

Decreto N° 398 del 02/05/1952

Decreto de creación del Parque Nacional Sierra Nevada en el área que rodea el Pico Bolívar en una extensión aproximada de ciento noventa mil hectáreas, la cual está ubicada parcialmente en los Distritos Rangel, Libertador y Campo Elías del Estado Mérida, y Bolívar del Estado Barinas.

Decreto N° 777 del 14/08/1985

Decreta la ampliación del Parque Nacional Sierra Nevada en aproximadamente 86.446 hectáreas hasta completar una superficie total de 276.446 has, situada en jurisdicción de los Distritos Rangel, Libertador y Campo Elías del Estado Mérida, y Bolívar y Pedraza del Estado Barinas.

El Parque Nacional tiene como objetivo es preservar muestras relevantes y representativas de los ecosistemas y espacios geográficos característicos del Núcleo Andino Merideño, de la Cordillera de Los Andes Venezolanos, donde destacan los ecosistemas de páramos,

bosques húmedos y muy húmedos tropicales de baja, media y alta montaña, asociados a ambientes húmedos y nublados, bosques estacionales asociados a ambientes subhúmedos, así como formaciones vegetales espinosas asociadas a ambientes secos; todos ellos con presencia de una gran diversidad biológica, recursos genéticos y hábitats de especies de flora y fauna amenazadas o en peligro de extinción, aunado a esto se protegen y conservan, importantes rasgos geomorfológicos, derivados de procesos erosivos y de acumulación actuales y pasados, localizados tanto en los ambientes de páramos como al nivel de los valles intramontanos y del piedemonte andino-llanero y sus cuencas hidrográficas, a fin de garantizar la cantidad, calidad y regularidad en el flujo de sus aguas, para el abastecimiento de importantes centros poblados de la región y el desarrollo de actividades agropecuarias, entre otras.

Decreto N° 2335 del 05/06/1992

Contempla el Plan de Ordenamiento del Parque Nacional Sierra Nevada, cuyo objetivo es presentar lineamientos y directrices para la ordenación y el desarrollo gradual y equilibrado del Parque Nacional, orientados hacia el cumplimiento de los objetivos de su creación, garantizando la conservación, protección e investigación de los recursos naturales renovables, la educación, recreación y el turismo ambientalmente concebidos y el establecimiento de mecanismos de control del uso de los recursos naturales renovables a través de la zonificación de usos, su reglamentación y la formulación de programas de administración y manejo.

Parque Nacional Sierra de la Culata

Decreto N°. 640 del 07/12/1989

El Parque Nacional Sierra de la Culata fue creado con la finalidad de garantizar la protección integral del paisaje natural y cultural tradicional de Los Andes, así como el fomento de la actividad turística local y regional en la zona. Asimismo, su instauración también estuvo motivada por albergar ecosistemas de gran importancia ecológica que no se encontraban representados en otras áreas protegidas de Venezuela, tales como el páramo desértico. De igual forma, tiene una importancia estratégica de primer orden para el desarrollo regional, al proteger una amplia red hidrográfica conformada por veintiún (21) cuencas y subcuencas principales que lo convierten en un vital abastecedor de agua para el consumo humano, el riego de áreas agrícolas y la generación de energía hidroeléctrica.

El aporte hídrico proveniente del Parque Nacional Sierra de la Culata permite el desarrollo de la actividad hortícola de gran parte de la zona paramera que lo circunda, además de las

actividades agrícolas y pecuarias que se fomentan en la planicie sur del Lago de Maracaibo. Desde el punto de vista de la producción de agua para consumo humano, es importante destacar que acueductos como el de la Ciudad de Mérida y el Acueducto Triestadal de Torondoy se surten de fuentes protegidas por este parque nacional.

Decreto N° 670 del 10/05/1995

Contempla el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque Nacional Sierra de La Culata, cuyo objetivo principal, es la protección y conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, en beneficio del interés colectivo de las generaciones actuales y futuras. Como objetivos secundarios, se tenderá a proporcionar a la colectividad facilidades para la educación, investigación científica, recreación y turismo en forma ordenada y dentro de la política de conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, respetando las potencialidades y restricciones propias de cada uno de los espacios que conforman el Parque Nacional.

Área de Protección de Obras Públicas: Observatorio Nacional Llano del Hato

Decreto N° 631 del 25/01/1990

Es el decreto de creación del Área de Protección de Obras Públicas del Observatorio, comprende una superficie aproximada de 456,42 km² (45.642 ha), que abarca parte de los municipios Rangel, Miranda y Cardenal Quintero del estado Mérida.

Decreto N° 1658 del 05/06/1991

Es Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso donde se establecen los lineamientos y políticas para la administración del Observatorio Nacional Llano del Hato, así como la orientación para la asignación de usos y actividades permitidas dentro del radio de influencia de dicha área de protección de obra pública. Esta normativa tiene como objetivo primordial establecer las directrices generales que regulan las actividades para conservar, proteger, administrar y controlar las obras de infraestructura del espacio decretado bajo este régimen, a fin de contribuir al normal desenvolvimiento de las observaciones astronómicas.

Los instrumentos jurídicos antes señalados tienen efectos considerables en las microcuencas La Toma y Mixteque, pues determinan y condicionan los usos que en ellas se pueden realizar. Especialmente, porque su finalidad es garantizar la protección de ecosistemas de gran valor biológico y paisajístico, así como zonas productoras de agua, y de importancia para la investigación astrofísica, lo que ha conllevado a la existencia de conflictos de usos, y al mismo tiempo ha limitado la expansión de la frontera agrícola.

CAPITULO II.

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se contempla una explicación detallada del procedimiento metodológico desarrollado para cumplir con los objetivos planteados en la investigación, tal como se muestra en la Figura 2.1, estos elementos serán conceptualizados a continuación, indicando las fases y procedimientos a seguir.

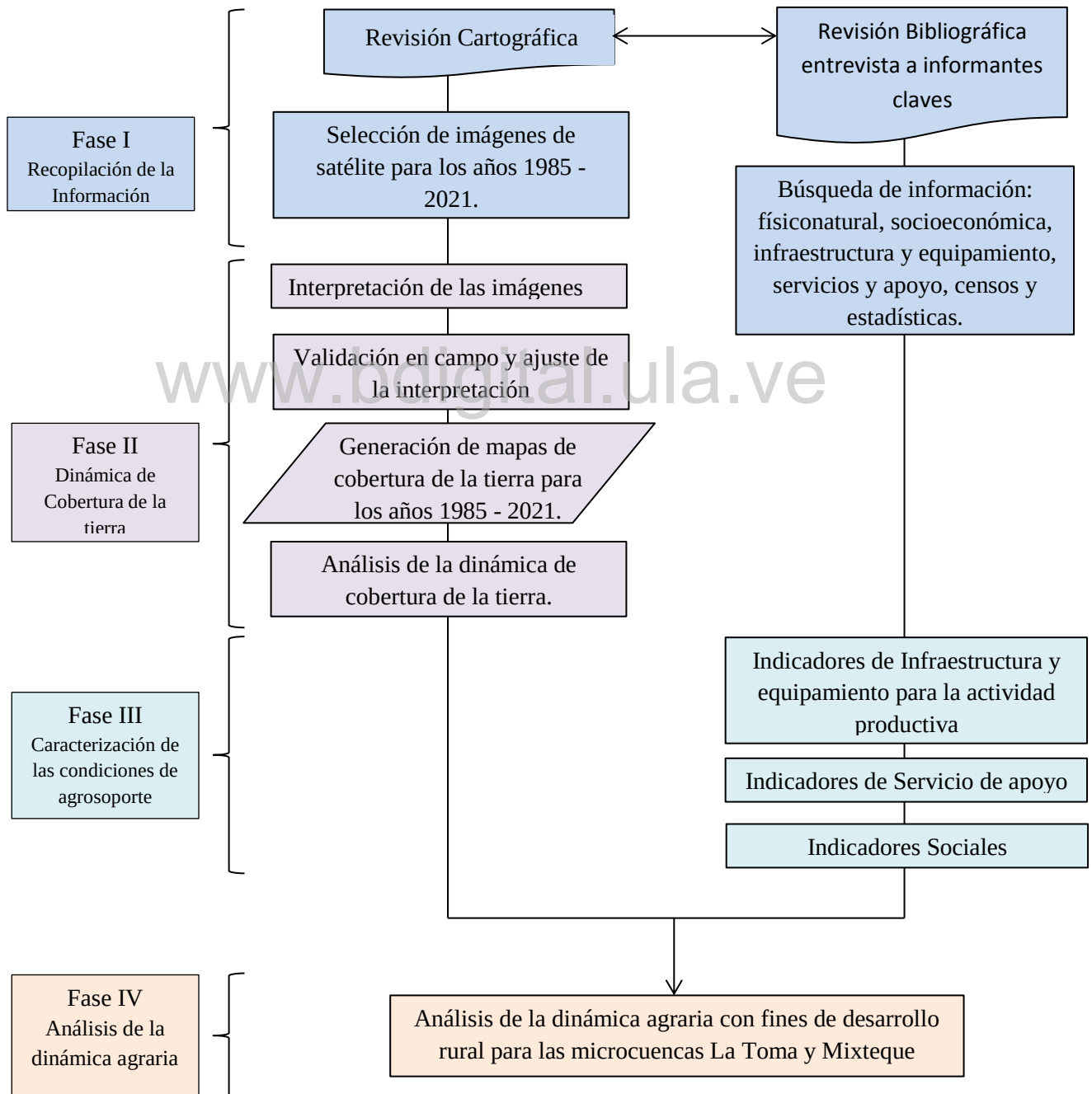


Figura 2.1 Diagrama metodológico.

2.1 Fase I: Recopilación de la Información

2.1.1 Revisión Bibliográfica

En esta fase se realizó la compilación de la información que sirve como sustento a la investigación, tomando como línea de referencia los objetivos planteados. En este sentido, la búsqueda se realizó en la red de bibliotecas de la Universidad de los Andes, así como en diversas páginas web, relacionadas con la temática y la técnica que son abordadas en el estudio. De allí se obtuvieron tesis, artículos y otros trabajos, que permitieron recabar elementos que fueron empleados como base en los aspectos conceptuales, y que además sirvieron como antecedentes teóricos y metodológicos. Asimismo, se utilizaron como orientadores para la delimitación y caracterización del área de estudio.

2.1.2 Revisión Cartográfica

Esta fase tuvo como objetivo recopilar, evaluar y seleccionar información cartográfica que será utilizada como referencia para la construcción de mapas base y de la cartografía temática en que se apoyara la investigación. Para ello se hizo uso de las hojas 6042-IV-SO, 6042-III-NO y 6042-III-SO de Cartografía Nacional del año 1975 a escala 1:25.000, las cuales fueron suministradas por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB).

- Selección y recopilación de las imágenes de satelital

Se ubicaron y seleccionaron dos imágenes de los satélites, descargadas del portal web del United States Geological Service (USGS), la primera de fecha 24/03/1985 del satélite Landsat 5 TM (ID: LT05_L2SP_006054_19850324_20200918_02_T1) y la segunda de fecha 21/02/2021 del satélite Landsat 8 OLI-TIRS (ID: LC08_L2SP_006054_20210223_20210303_02_T1), ambas son imágenes multiespectrales, con resolución espacial de 30 m y un nivel de procesamiento 2A (Figura 2.2), que implica una corrección radiométrica de las distorsiones debido a las diferencias en la sensibilidad de los instrumentos ópticos y una corrección geométrica realizada en la proyección cartográfica estándar UTM WGS84, realizada sin puntos de control, solo considerando los parámetros orbitales del sensor. Por lo que las imágenes pueden ser combinadas con información geográfica externa.

Además, se utilizó como complemento una imagen de alta resolución espacial (1,8 m) del satélite Bing Maps de fecha 21/01/2021, obtenida del portal web SasPlanet, que permitió delimitar las distintas unidades de cobertura con mayor detalle.

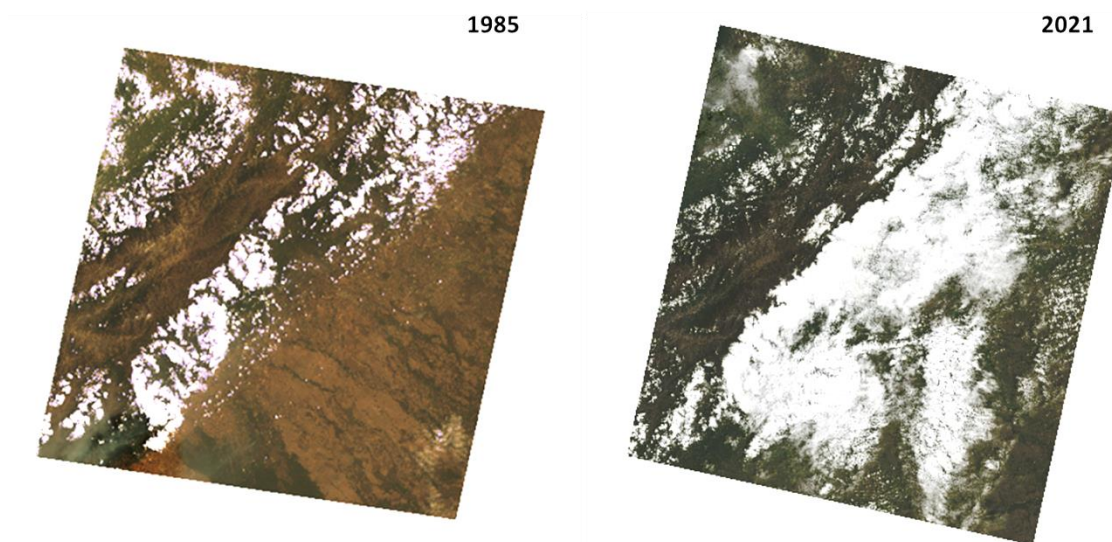


Figura 2.2. Imágenes de satélite Landsat 5 (1985) y Landsat 8 (2021).

2.2 Fase II: Dinámica de la Cobertura y Uso de la Tierra

La dinámica de cobertura y uso de la tierra se realizó mediante un análisis multitemporal, que permite realizar un seguimiento de los procesos dinámicos en los territorios, pudiendo ser éstos de carácter biofísico o antropogénicos. Para ello se obtiene la cobertura de la tierra asociada a un uso particular, a partir de las imágenes de satélite para cada año, empleando diferentes técnicas y cuantificando la extensión actual y pasada de las coberturas y su tasa de cambio, para luego proyectar estos datos hacia el futuro.

2.2.1 Interpretación de las imágenes

Para obtener información de las imágenes, es necesario utilizar técnicas convencionales de interpretación, a partir de la identificación visual de las diferentes coberturas. En este caso particular se realizó una interpretación en pantalla para delimitar a través de polígonos las coberturas presentes en cada una de las imágenes a trabajar.

Definición de los tipos de cobertura: Leyenda

Para definir los tipos de cobertura existentes en las microcuencas La Toma y Mixteque se tomó como base la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover propuesta por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), que ha sido adaptada a diferentes países (IDEAM, 2010), cuyo propósito es la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador.

Adaptando las clases allí expuestas, se propuso que para las microcuencas La Toma y Mixteque, se consideraran las siguientes categorías:

- **Áreas artificializadas:** son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación o suelo descubierto. En éstas se desarrollan actividades residenciales, comerciales, culturales, recreación y servicios.
- **Áreas agrícolas:** comprende los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en el cual se desarrollan cultivos de manera intensiva, como hortalizas, tubérculos, entre otros, además de usos pecuarios asociados.
- **Vegetación herbácea y/o arbustiva:** comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, en las zonas que han sido afectadas por incendios, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo. Son áreas ocupadas por gramíneas, donde pueden encontrarse arbustos y árboles pioneros, con cobertura media, cuyo dosel puede alcanzar 10 m de altura.
- **Vegetación de Páramo:** es una vegetación de tipo matorral - arbustiva, que comienza a aparecer a los 2700 msnm aproximadamente, ubicándose en la parte alta de la cuenca, la especie característica es el frailejón, que pertenecen al género *Espeletia*. Su cobertura del suelo es relativamente baja.
- **Afloramiento Rocoso:** son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas producto de la actividad glaciaria que existió en el pasado. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos.
- **Cuerpo de Agua:** comprende superficies o depósitos de agua naturales de carácter cerrado, dulce, que pueden estar conectadas o no con pequeños cursos de agua. Generalmente constituyen las lagunas que se corresponden con las áreas de nacimiento de ríos.

Identificación de coberturas

Camacho y Melo (2005), señalan que el análisis visual de las imágenes de satélite se realiza empleando tres (3) bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores empleados en informática, monitores RGB. Estos colores y tonos se emplean para la interpretación visual de las imágenes, combinando las bandas de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar aspectos geológicos, de vegetación, uso del suelo, morfología de zonas urbanas entre otros.

En el satélite Landsat 8 la banda 5 corresponde con el infrarrojo cercano (0,7 a 1,3 micras) y es de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad, mientras que las bandas 2, 3 y 4 (0,4 a 0,7 micras) corresponden al espectro visible, lo que permite percibir la forma de los elementos presentes en la imagen en su color natural.

Las diferentes combinaciones de bandas derivadas favorecen la identificación de los distintos tipos de cobertura utilizando el método de interpretación visual (Figura 2.3), que consiste en la división del área de estudio mediante técnicas convencionales, permitiendo delimitar los polígonos, en función de variables visuales como textura, tono, forma, patrón y asociación.

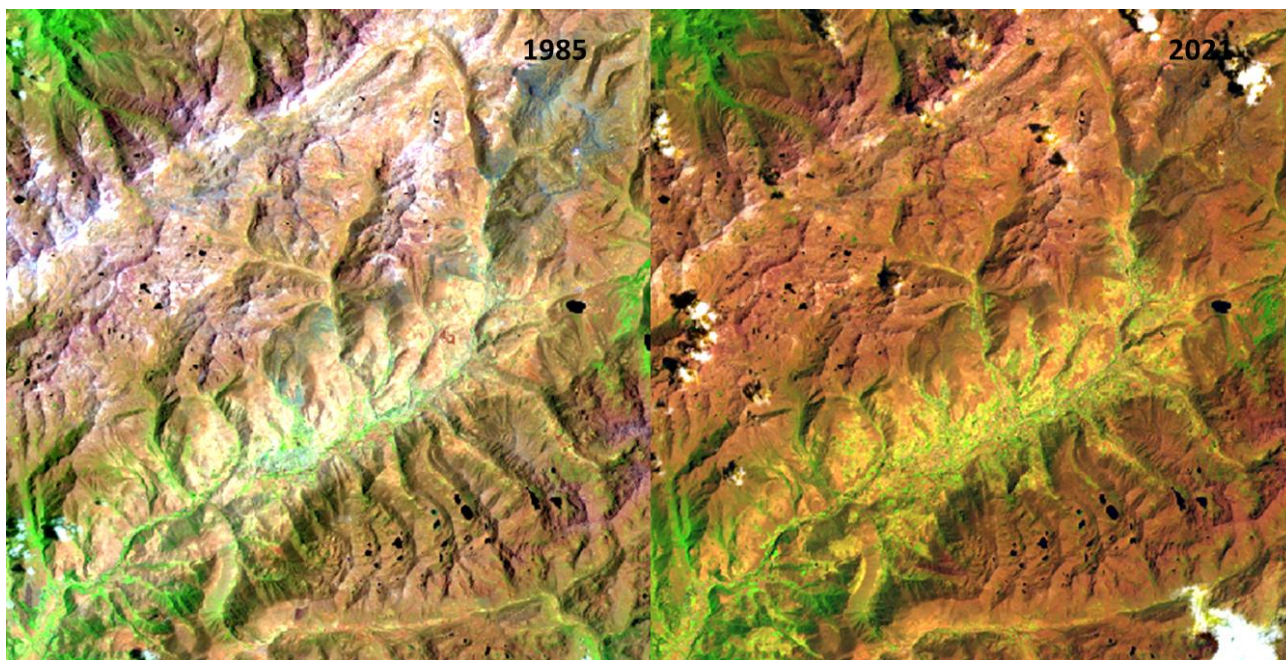


Figura 2.3 Combinación de bandas 5,4,2 en Landsat 5 (1985) y bandas 6,5,2 en Landsat 8 (2021) que muestran en tonos verdes las áreas cultivadas y en color azul oscuro los cuerpos de agua

Este procedimiento fue realizado en el software QGIS 3.18, obteniendo como producto una nueva imagen en formato vectorial, para cada año (1985-2021) donde las coberturas están definidas por polígonos y esta relación se encuentra en la base de datos.

2.2.2 Validación en campo

La fase de campo fue llevada a cabo recorriendo las dos microcuencas a partir del centro poblado de La Toma. El trabajo de campo se realizó en dos fases, la primera consistió en una fase de reconocimiento del área de estudio permitiendo la identificación tanto de las cobertura naturales como antropogénicas presentes en las microcuencas las cuales formarían la leyenda a utilizar; de igual manera se observó la dinámica poblacional y socioeconómica que caracteriza el área. Mientras la segunda consistió en una fase de validación, mediante la interpretación visual de las imágenes satelitales utilizadas y lo realizado en la primera fase, se corroboró la información vectorizada con el software de cartografía automatizada con lo observado en campo.

El procedimiento para la validación consistió en la toma de puntos de control con un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) en diferentes áreas correspondientes a las categorías propuestas para las microcuencas. En total se tomaron veinte puntos, diez puntos en cada microcuenca, a lo largo del recorrido los cuales tuvieron un margen de error de 3 m, los puntos tomados se compararon con el mapa de cobertura de la interpretación realizada en la imagen del año 2021, para así validar la leyenda e interpretación realizada hasta ese momento. De igual forma se tomaron fotografías desde diversos puntos con el objetivo de destacar los distintos tipos de cobertura existentes en el área y poder comparar los usos existentes con las imágenes en la fase de interpretación.

2.2.3 Generación de mapas de cobertura de la tierra para los años 1985 – 2021

Los mapas de cobertura de la tierra para los años de estudio (1985-2021) se generaron a partir de la interpretación visual de dos imágenes satelitales correspondientes a los años seleccionados, cuyas clases de cobertura fueron directamente delineadas en pantalla, partiendo del principio de que cada uso tiene una cobertura asociada en el espacio. A estos primeros bosquejos, se les realizó un ajuste y revisión de la interpretación de las clases de cobertura de la tierra, teniendo como base el trabajo de campo y los patrones que se observan en el terreno.

De esta manera, se obtuvieron dos mapas de cobertura de la tierra para ambas microcuencas: el primero del año 1985 y el segundo del año 2021. Los cuales, se diagramaran bajo los principios de la corriente comunicacional o semiológica de la

cartografía temática, en la que un mapa se considera como un medio de comunicación y tiene como finalidad facilitarle al usuario futuro la comprensión correcta de la realidad geográfica, plasmada en una representación gráfica simple, organizada, coherente, entendible y fácilmente perceptible; con sus elementos organizados jerárquicamente en el plano, respetando la armonía y el equilibrio del mismo (Aldana y Flores, 2000).

2.2.4 Análisis de la dinámica de cobertura de la tierra

Luego de que se obtuvieron los mapas que expresan categorías de cobertura de la tierra con un uso relacionado para ambos años, se compararon entre sí, para determinar y analizar el comportamiento entre las categorías para las fechas en estudio. Para ello se utiliza el procedimiento de superposición de mapas, esto da como resultado los cambios de cobertura entre ambas fechas, permitiendo evidenciar cuales categorías ganaron superficie y cuales se redujeron.

2.3 Fase III: Caracterización de las condiciones de agrosuporte

Las condiciones de agrosuporte valoran el contexto socioeconómico que contribuye a sustentar la actividad agroproductiva de la tierra, por ello se evaluaron en función de los indicadores propuestos por Delgado (2017).

De esta manera, para obtener la información necesaria para su construcción se realizó una búsqueda de información en los censos agrícolas y trabajos previos realizados en el área que han tomado como informantes claves a la comunidad, organizaciones comunitarias establecidas, instituciones nacionales e internacionales que han desarrollado proyectos en el área y personal de la Alcaldía del municipio Rangel, con el fin de recabar la información relacionada con la presencia y funcionamiento de las condiciones de agrosuporte en las microcuencas La Toma y Mixteque.

Indicadores de Infraestructura y equipamiento para la actividad productiva:

- **Número de sistemas de riego:** permite realizar inferencias con respecto al desarrollo de infraestructura de soporte para la actividad agrícola. Hace referencia al número de sistemas de riego presentes para cada microcuenca.
- **Superficie bajo riego con relación a la superficie agrícola total (%):** es una estimación porcentual obtenida de la superficie bajo riego que proporcionan los distintos sistemas de riego presentes en la microcuenca, con relación a la superficie agrícola total estimada a partir del mapa de uso de la tierra del año 2021. Permite estimar la superficie que es atendida por la infraestructura presente.

- **Densidad de la vialidad agrícola (Km de vías/Km²):** la longitud de la vialidad agrícola se obtuvo de la imagen de alta resolución espacial del satélite Bing Maps, para luego relacionarse con la superficie total, ofreciendo una noción del grado de intervención de la microcuenca y la facilidad para movilizar la producción agrícola.
- **Número de centros de acopio:** incluyen los galpones de propiedad privada o colectiva que permitan el almacenamiento de la producción agrícola y de los insumos asociados.
- **Capacidad de almacenamiento post cosecha (ton):** capacidad de almacenamiento de los centros de acopio.

Indicadores de Servicio de apoyo

- **Productores que han recibido financiamiento (%):** en los últimos años la disponibilidad de financiamiento a la producción agrícola ha sufrido importantes variaciones, incluyendo épocas donde se otorgaron créditos con relativa facilidad, tanto de instituciones públicas como privadas, por lo que es relevante conocer el porcentaje de los productores que fueron beneficiados y a partir de allí inferir los efectos espaciales que esto pudo ocasionar.
- **Productores atendidos por programas de extensión rural (%):** la zona del páramo ha sido objeto de diversos proyectos de conservación auspiciados por instituciones tanto nacionales como internacionales; un ejemplo de ello fue el Proyecto Paramo Andino, que se involucró con las comunidades especialmente en la microcuenca Mixteque para el desarrollo de una zonificación participativa, lo que implicó que se aplicaran programa de extensión rural, y con ello la formación de los productores en distintas áreas.
- **Número de agrocomercios de insumos agrícolas:** refleja la disponibilidad de insumos y la reducción de costos asociados al transporte para su obtención, pero también permite evidenciar la demanda de productos.

Indicadores de Participación Social

- **Productores agrícolas organizados (%):** hace referencia a la proporción de productores que forman parte organizaciones agrícolas.
- **Número de organizaciones agrícolas:** como organizaciones agrícolas se consideran, comités de riego, mesas técnicas de agua, asociaciones de productores, cooperativas, entre otros.

2.4 Fase IV: Análisis de la dinámica agraria

Luego de analizar los cambios ocurridos durante el periodo de estudio (1985-2021) haciendo énfasis en la dinámica de cobertura de la tierra, buscando evidenciar la evolución de la frontera agrícola y su interrelación con los otros usos que se identificaron en las microcuencas La Toma y Mixteque; así como la influencia que ha tenido la presencia de infraestructura de agrosuporte en la ocurrencia de estos cambios. Se procedió a proponer estrategias que garanticen el desarrollo rural sostenible, considerando las características presentes dentro de la estructura ambiental y funcional del área de estudio, el comportamiento futuro que podría tener la agricultura y el crecimiento de áreas urbanizadas en zonas rurales.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III.

CARCTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta sección se hace referencia a una breve descripción las características más relevantes de las microcuencas La Toma y Mixteque, detallando su ubicación, así como aspectos físiconaturales y de ocupación del territorio que fueron de interés en el desarrollo de la investigación.

3.1 Ubicación y extensión del área de estudio

Las microcuencas La Toma y Mixteque se encuentran ubicadas en la cordillera de Los Andes venezolanos, en el estado Mérida, en el municipio Rangel, dentro de las parroquias La Toma y Rangel. Forman parte de la cuenca alta del río Chama, la microcuenca La Toma en la margen derecha y la microcuenca Mixteque en la margen izquierda, entre las poblaciones de Mucuchíes y San Rafael de Mucuchíes, ocupando una extensión conjunta de 63,57 km², con altitudes que oscilan entre los 3.000 y 4.600 msnm (Figura 3.1).

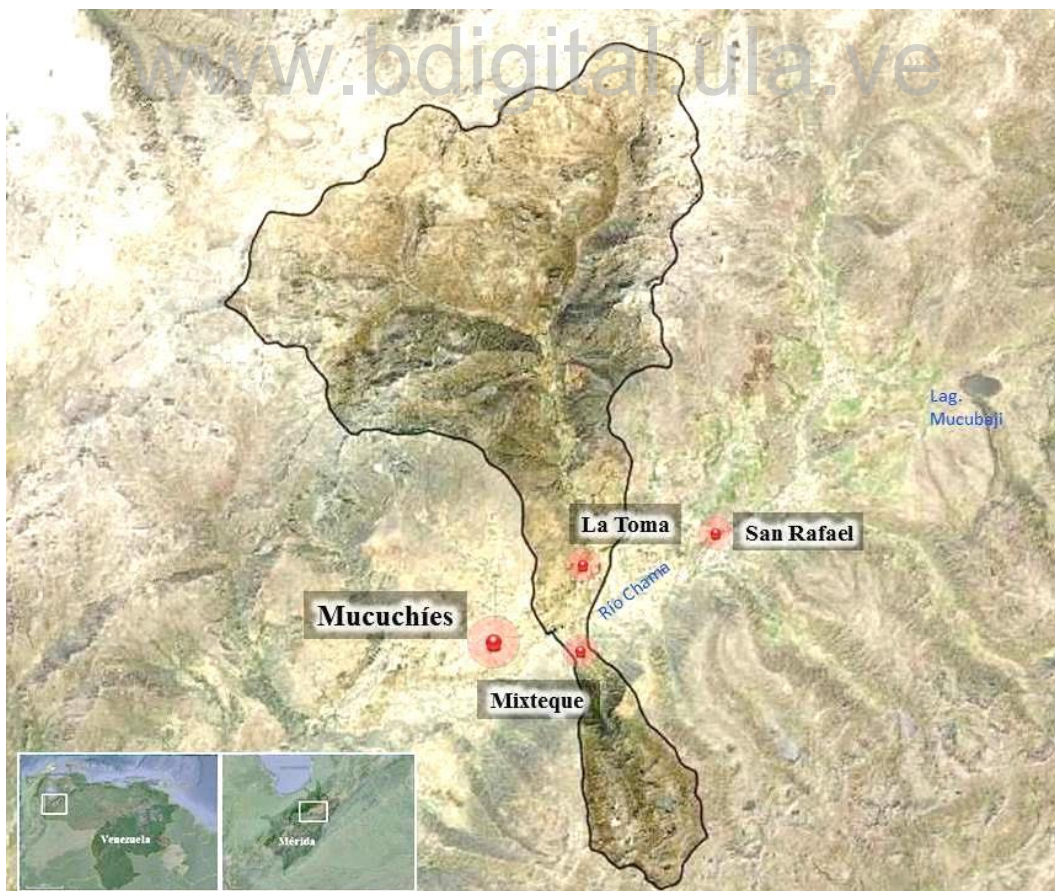


Figura 3.1 Ubicación de las microcuencas La Toma y Mixteque.

La ubicación precisa en coordenadas UTM, con proyección REGVEN zona 19 norte, de cada microcuenca se muestran expresadas de la Tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1. Coordenadas Perimetales de cada microcuenca

Microcuenca La Toma		
Extremos	Coordenadas Geográficas	Coordenadas UTM
<i>Punto Septentrional</i>	-70.89515,8.85864	291579.658,979754.872
<i>Punto Meridional</i>	-70.90277,8.75512	290683.799,968307.784
<i>Punto Oriental</i>	-70.88024,8.83262	293205.476,976868.215
<i>Punto Occidental</i>	-70.96608,8.81148	283749.186,974578.797
Microcuenca Mixteque		
Extremos	Coordenadas Geográficas	Coordenadas UTM R
<i>Punto Septentrional</i>	-70.90305,8.75442	290651.655,968231.056
<i>Punto Meridional</i>	-70.88713,8.70676	292378.050,962950.257
<i>Punto Oriental</i>	-70.87873,8.71655	293307.089,964028.606
<i>Punto Occidental</i>	-70.90604,8.74971	290320.893,967711.582

3.2 Condiciones Físiconaturales

3.2.1 Geología

En la microcuenca resaltan dos Asociaciones litológicas las cuales son la Asociación Sierra Nevada (PEis) y la Asociación Granodiorita del Carmen (GrC),

Kovisars (1972) y Ruiz y Sánchez (1991), (citados por Páez y Boada, 2006) señalan que litológicamente la vertiente izquierda está dominada por rocas correspondientes al Grupo Iglesias, específicamente la Asociación Sierra Nevada de edad Precámbrico Superior, constituida por rocas metamórficas tales como gneis, esquistos y rocas graníticas; en la vertiente derecha, por su parte, aflora la Asociación Sierra Nevada en contacto litológico con la Granodiorita del Carmen.

Rangel, *et al.* (2012) señalan que, la Granodiorita del Carmen es una de las masas graníticas principales en los Andes nor-centrales de Venezuela, paralela a la directriz andina principal (NE-SO), ubicada al norte del río Chama y se extiende desde las cercanías del sector Capilla del Carmen, al noreste de la ciudad de Mérida, hasta la naciente del río Turmero en las inmediaciones del Pico el Águila, con unos 40 km de longitud. Esta masa granítica posee una forma linear, presentando contacto intrusivo de forma sinuosa y carácter

gradacional con los esquistos del Grupo Iglesias y, contacto abrupto por falla tanto con formaciones sedimentarias del Cretácico y Paleógeno, como con el mismo Grupo Iglesias.

Desde el punto de vista mineralógico y textural, este granitoide es un cuerpo monzogranítico y pegmatítico, los cuales tienen en general poco más de un metro de espesor y son cogenéticos con dicho cuerpo.

En lo que respecta al fondo de valle, se encuentran capas estratificadas de depósitos cuaternarios no consolidados ni estabilizados, en forma de abanicos aluviales y depósitos longitudinales de terrazas.

En cuanto a la tectónica, el área de estudio se ve afectada por la zona de fallas de Boconó, como señala Schubert y Vivas (1993). Esta zona de fallas es uno de los rasgos estructurales más conspicuos del occidente venezolano. Se caracteriza morfológicamente por una alineación de valles y depresiones lineales, orientados aproximadamente en dirección N 45°, en el abanico formado por la quebrada La Toma, aproximadamente en su parte central, se levanta un talud que fluctúa entre 15 y 20 m de altura por unos 100 m o más de longitud, producto de la traza norte de la falla de Boconó, constituyéndose como un escarpe de falla que se encuentra alineado con la ciénaga tectónica presente en la parte alta del centro poblado de Mucuchíes.

3.2.2 Geomorfología

Como señala Schubert y Vivas (1993), todas las cordilleras tropicales con altitudes por encima de los 3.000 metros fueron afectadas por las glaciaciones pleistocenas, en este caso la cordillera de Mérida y específicamente las microcuencas La Toma y Mixteque sufrieron los efectos de las glaciaciones. Aproximadamente por encima de los 3.000 m de altitud, la morfología de la cuenca está dominada por los rasgos clásicos de zonas de alta montaña afectados por glaciación, los cuales incluyen rasgos erosionales (aristas, picachos, circos, valles glaciales, escalones rocosos, canales de drenaje glacial, rocas aborregadas y en forma de ballena, y estrías y surcos glaciales) y sedimentarios (morrenas laterales y terminales formadas por till, derrubios glaciales, turberas y rellenos aluviales).

Los procesos geomorfológicos que favorecieron la acumulación de los sedimentos durante el Cuaternario, fueron producto de los controles climáticos y estructurales a través de las variaciones altitudinales que determinaron una zonificación de los procesos, donde los cambios de las temperaturas diarias definieron las principales condiciones del medio periglacial, por debajo del piso periglacial con cotas inferiores a los 3000 msnm se observan numerosos movimientos de masa y una intensa acción del escurrimiento

superficial; son numerosos los problemas de erosión producto de las condiciones climáticas locales como a la intensa intervención antrópica. De igual forma son predominantes los depósitos aluviales (abanicos) dispuestos en sentido perpendicular del valle del río Chama donde los sedimentos característicos de estos parecen asociarse a los flujos de detritos (Ferrer *et al.* 1991).

Se presentan formas orográficas típicas de los relieves glaciares y periglaciares, presentes en altitudes características de la zona, encontrándose circos, valles en forma de U, depósitos en forma de morrenas y numerosas lagunas de origen glaciar. De igual forma se presentan rangos topográficos irregulares y abruptos, vertientes empinadas por lo general largas y rectilíneas que cierran y estrechan valles, líneas de crestas muy elevadas agudas y dentadas que han sido modeladas por el hielo (Aldana y Barrios, 1982).

Además Flores y Manzanilla (1999) plantean que el área está conformada por dos grandes unidades de relieve: las unidades de vertientes y las de fondo de valle. Las formas dominantes de esta última están representadas por los abanicos aluviales, conos de deyección, conos terrazas y terrazas aluviales.

3.2.3 Condiciones climáticas

Andressen (2007), expresan que el área de estudio está influenciada por un patrón de precipitaciones de régimen unimodal, donde el periodo lluvioso está comprendido entre los meses de mayo y octubre, descargando el 58,6% de precipitación del total anual, siendo los meses de mayo y junio los que presentan los máximos mensuales de precipitación; el periodo seco y frío se encuentra entre los meses de diciembre a marzo y el mes de noviembre se considera de transición.

Según Naranjo (2002), las condiciones de lluvia en la cuenca alta del río Chama varían por influencia de los vientos provenientes del lago de Maracaibo, los cuales van absorbiendo y descargando humedad en su recorrido a lo largo del cañón del río Chama, originando un centro de baja precipitación en La Toma y Mixteque, los cuales presentan los menores valores de precipitación. En el caso de La Toma para un periodo de 32 años, comprendido entre los años 1965-1996, la precipitación media fue de 818 mm/año, siendo este uno de los menores valores de precipitación en la cuenca alta del río Chama.

Al igual que el autor antes mencionado, Páez y Boada (2006) mencionan que en las adyacencias de Mucuchíes, La Toma y San Rafael de Mucuchíes se presenta este centro de baja precipitación, lo cual es consecuencia de la circulación de los vientos con pocos contenidos de humedad y, a su vez, porque se trata de una zona muy apartada y distante de las fuentes principales de humedad.

La temperatura en el área de estudio está influenciada directamente por el gradiente altitudinal (0,6°C cada 100 m), para la sección baja de la cuenca se presentan los valores más altos de temperatura media >10°C, en la sección media se encuentra valores medios entre 3 y 10°C, y en la sección alta se encuentran valores medios de temperatura menores a 3°C.

Considerando los tipos climáticos definidos por Silva (2010), se definen los siguientes para las microcuencas La Toma y Mixteque:

- Frío y poco lluvioso: Este tipo climático está definido por valores de temperatura entre 8 a 12,9°C, y valores de precipitación entre 700 y 1.199 mm/año. Este tipo climático se encuentra en las localidades de La Toma y Los Apios.
- Muy Frío y poco lluvioso: Este tipo climático está definido por valores de temperatura entre 3 a 7,9°C, y valores de precipitación entre 300 y 699 mm/año. Este clima se encuentra hacia el Cerro los Pantanos, Cerro el Portachuelo, El Banco, La Ensellada y La Provincia
- Gélido y poco lluvioso: Este tipo climático está definido por valores de temperatura menores a 3°C, y valores de precipitación entre 300 y 699 mm/año. Este clima se encuentra en las nacientes de las microcuencas.

Andressen (2007) señala que los regímenes termométricos correspondientes a los pisos climáticos varían con la altitud donde la relación con la temperatura media anual y la altitud siguen un patrón general característico de las montañas tropicales y presenta diferentes valores que dependen de las condiciones de la topografía, exposición y vegetación.

3.2.4 Suelos

En la cuenca alta del río Chama como en el resto de las áreas montañosas de la región, los tipos de suelos obedecen a los diferentes niveles altitudinales, pendiente y material de origen; por encontrarse sobre fuertes pendientes, poca profundidad y cuyo material parental están constituidos por afloramientos gnéísicos que presentan fuertes limitaciones.

Según Molina y Vergara (1997) la capacidad de uso del suelo en la cuenca alta del río Chama se encuentra dentro de una clase VIII, sin embargo la tradición rural ha buscado darle un mayor uso permitiéndolo dividir así:

- Suelos de fondo de valle, caracterizado por ser planos y pocos inclinados con pendientes inferiores al 25%, se considera como un suelo originado a partir de procesos de arrastres de rocas metamórficas (gneis) y esquistos de la Asociación Sierra Nevada, son suelos muy pedregosos con textura franco arenosa.

- Suelos desarrollados en pendientes, con características de alta pendiente (muy inclinados) provenientes de material Precámbrico asociados a movimientos de masa.

Sin embargo, Castillo (1965) señala que en la parte alta del río Chama se identifican varias asociaciones en función de su ubicación, donde se presentan variaciones de textura, profundidad, estructura, contenido de materia orgánica, entre otros; cuyas asociaciones están diferenciadas de acuerdo a materiales originarios en la zona, encontrándose así:

- En los fondos de valles y depresiones los suelos son desarrollados a partir de materiales transportados, con drenajes lentos donde dominan procesos de hidromorfismo, contienen menos del 35% de materia orgánica y generalmente son suelos con textura areno francoso, son ácidos con un pH de 4 a 5.1, se puede catalogar como suelos de orden entisol, además están presentes en los depósitos actuales a orillas de corrientes, encontrándose suelos derivados de materiales aluviales y coluvio-aluviales transportados recientes, en posiciones cercanas a corrientes con peligro de crecidas.
- En abanicos aluviales y conos deyección, se han desarrollado suelos con materiales recientes, ricos en materias orgánicas y muy profundos.
- Se pueden localizar inceptisoles que se han desarrollado en materiales morrenicos, con texturas franco arcilloso arenoso o franco arenosos, presentando horizontes relativamente profundos, un pH muy variado que puede estar entre 4.7 a 5.5.
- Suelos formados de materiales coluviales gruesos depositados al pie de las vertientes, se pueden localizar a una altitud entre 2.500 a 4.700 msnm cuyas pendientes son generalmente fuertes > 30%, el pH se encuentra entre un 5.2 a 5.7 suelos ácidos y con textura franco arenosa; son generalmente suelos formados en un antiguo paisaje donde la acumulación de estos tipos de suelos es atribuida a los procesos glaciares y periglaciares.

También existe la presencia de suelos en terrazas de origen fluvioglacial, son suelos desarrollados en materiales de terrazas o conos-terrazas acumuladas en el Pleistoceno, se pueden localizar a una altitud entre 1.400 a 3.400 msnm, tiene un pH de 4 a 5.9 en el horizonte superficial y de 4.3 a 6.1 en los horizontes del subsuelo y algunos de los horizontes superficiales esta enriquecido de arcilla.

Por su parte, Murillo y Montilla (2009) consideran que en la cuenca alta del río Chama se presentan características favorables de los suelos ubicados en los fondos de valle y una capa húmica importante, a medida que las vertientes se hacen más pronunciadas presentan un

escaso desarrollo del perfil y esto es producto del continuo movimiento y transporte de materiales; se trata entonces de suelos recientes de depósitos aluviales del Cuaternario, encontrándose suelos de tipo entisoles e histosoles estos últimos con un alto contenido de materia orgánica que retienen grandes cantidades de agua conocidos como humedales o turberas, localizadas en la parte alta de las microcuencas La Toma y Mixteque.

En este mismo orden de ideas Elizalde *et al.* (2007) expresan que en las cumbres más altas de la cordillera andina, la acumulación de los materiales parentales de los suelos es atribuida a los procesos glaciares y periglaciares, los que han dado origen a suelos muy pedregosos y pocos profundos; el régimen de temperatura del suelo es muy frío ($<8^{\circ}\text{C}$) son suelos usualmente muy húmedos encontrándose los Cryorthents y Cryaquents perteneciente al orden de los entisol. En consecuencia las zonas más bajas, con climas húmedos y mayores temperaturas se pueden encontrar suelos Dystrudepts isohipertérmicos y Hapludalfs, si tienen una mayor evolución eso se ve expresada en un incremento de arcilla con la profundidad debido al trasporte desde los horizontes superiores.

3.2.5 Unidades Ecológicas

Las unidades ecológicas se definen en función de las características ecológicas como la temperatura, las precipitaciones y el sustrato, que son condicionadas a su vez por combinaciones particulares de nubosidad, viento, humedad relativa, relieve y geología, entre otros factores, para los diferentes pisos ecológicos; por lo que el resultado son unidades ecológicas asociadas a un tipo particular de vegetación, que se diferenciarán entre las vertientes húmedas y las secas, tal como se muestra en la Figura 3.2.

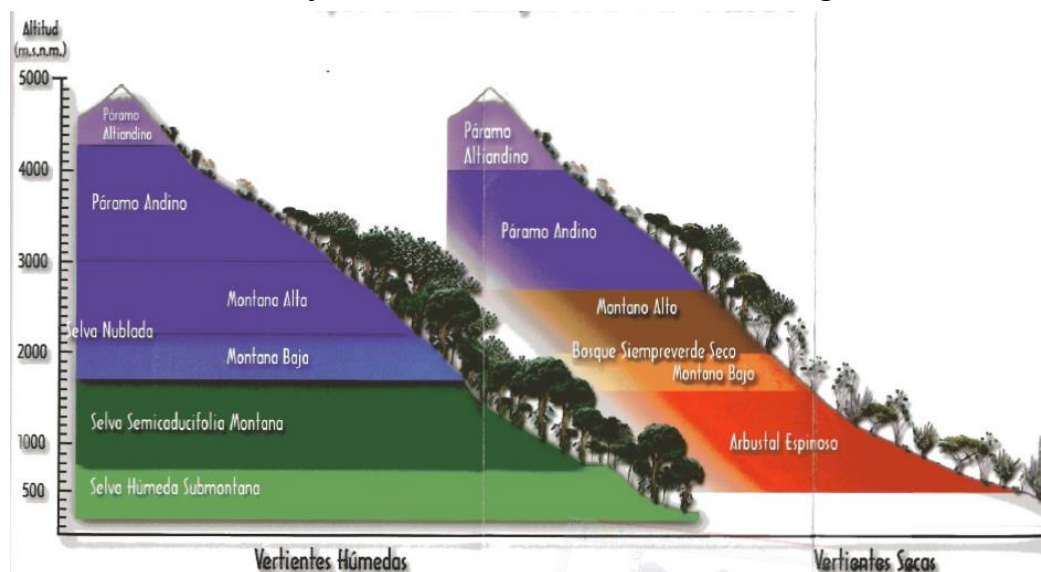


Figura 3.2. Unidades Ecológicas de los Andes Venezolanos

Fuente: Ataroff y Sarmiento (2004)

Las microcuencas La Toma y Mixteque se encuentran por arriba de los 3000 msnm por lo que la unidad vegetal representativa es el páramo, la cual se subdivide en tres unidades ecológicas principales, representadas por el páramo andino, el páramo altiandino y el desierto nival o superpáramo, Ataroff y Sarmiento (2004) definen los dos primeros de la siguiente manera:

- **Páramo Andino:** Aparece por encima del límite continuo de crecimiento arbóreo, alrededor de los 3.000 metros, donde la temperatura media anual desciende por debajo de los 9°C, nivel donde comienzan a ocurrir las heladas nocturnas. Las precipitaciones pueden ser muy variables, entre 800 a 1.800 mm anuales, lo que determina la existencia de un páramo seco en el área de estudio; la vegetación puede variar desde un rosetal casi puro, pasando por un rosetal-arbustal hasta llegar a un arbustal puro, dependiendo de la altitud, el drenaje y otros factores ambientales, el rosetal arbustal es la formación más característica, consta de tres estratos principales. El primero, entre 50 y 150 cm, está formado principalmente por frailejones (*Espeletias* pp), piñuelas (*Puyas* pp), y por arbustos siempreverdes de varios géneros. El segundo estrato varía entre 20 y 50 cm, está dominado por gramíneas, arbustos bajos y hierbas. El tercer estrato entre 0 y 10 cm, está formado por pequeñas gramíneas y otras hierbas.
- **Páramo Altiandino:** Es una formación desértica, con grandes superficies de suelos desnudos y una distribución muy discontinua de la vegetación. Esta unidad ecológica tiene un relieve generado por los glaciares que sucedieron en el período Cuaternario. En el límite inferior del páramo altiandino, la temperatura media es de 2,5°C, y en el superior de -2°C. Las precipitaciones van hasta los 800 mm en los páramos más secos. Se distinguen dos tipos de vegetación dentro de esta unidad: El páramo desértico y el desierto periglacial. El primero está dominado por rosetas gigantes arborescentes, el estrato inferior entre 0 y 40 cm está dominado por plantas en cojín, pequeñas rosetas acaules, y por pequeños arbustos, y el segundo está dominado por las mismas que ocupan el estrato inferior del páramo desértico con una cobertura inferior al 5%
- **Desierto nival o superpáramo:** es una unidad que comprende comunidades vegetales dispersas y escasas ubicadas a mayor altitud, sobre los 4.200 m, donde únicamente habitan las plantas más resistentes a las bajas temperaturas y los cambios del suelo provocados por la alternancia diaria del hielo y deshielo. El superpáramo ha sido dividido en dos cinturones altitudinales. El super-páramo inferior se caracteriza por una vegetación cerrada de arbustos postrados, cojines,

rosetas acaulecentes. El superpáramo superior distribuido entre los 4.400-4.500 m de elevación, carece de arbustos postrados y hierbas amacolladas y la cobertura vegetal es muy localizada, la composición florística del superpáramo depende de la disponibilidad de agua a escala de sitio, la cual está altamente correlacionada con los patrones de precipitación de cada montaña (Chacón *et al.*, 2009).

3.3 Algunos aspectos de ocupación del territorio

Ferrer *et al.* (1991) consideran que en la parte alta de la cuenca del río Chama es un área fundamentalmente rural con un poblamiento localizado principalmente a lo largo del eje longitudinal definido por el río Chama, dedicado a las labores agrícolas y asentado en viviendas típicas rurales de tierras altas, cuyos principales cultivos desarrollados son la papa y en algún momento el trigo causando grandes estragos en los suelos de la región.

El uso de la tierra en la cuenca alta es variado destacando la producción de hortalizas como ajo, lechuga, coliflor, repollo y de tubérculos como la zanahoria y la papa con altos rendimientos especialmente en los fondos de valle por la alta fertilidad existente en esta zona ya que en las mismas se localizan depósitos aluviales. En cuanto a las áreas que ocupan las vertientes, a pesar de la pendiente la cual es una limitante para el uso antrópico, existen áreas puntuales de uso hortícola que mantienen cultivos de ciclos cortos y anuales como la papa y el ajo, debido a que acondicionan estas tierras técnicamente para el sustento y desarrollo de la actividad agrícola. En el caso de la ganadería es de tipo extensiva de libre pastoreo, fuera de las áreas hortícolas (Flores y Manzanilla, 1999 y Naranjo, 2002).

Asociado a la producción agrícola se encuentran los sistemas de riego. Durante todo el año la disponibilidad de agua para riego es de carácter permanente; no obstante, en la época de sequía se ven afectados por la disminución del caudal de las quebradas, lo que trae como consecuencia que su uso se limite y por tanto deban establecerse turnos para el riego. (Contreras y Torres, 2012).

Las características climáticas del área han permitido el desarrollo de diversas actividades tanto de tipo productivo como actividades turísticas, estas últimas han tenido un auge en los últimos años haciendo la zona atractiva por sus unidades de paisaje natural a lo largo de la carretera trasandina, entre las principales actividades que destacan se encuentran los recorridos y excursiones a diversas lagunas de origen glaciar, nevadas, además la atracción por la cultura de pueblos pertenecientes a la región, la influencia del Centro de Investigaciones Astrofísica (CIDA), el monumento a la loca Luz Caraballo, la capilla de piedra construida por Juan Félix Sánchez, aguas termales como es el caso de la Musuy, entre otras, considerada como una actividad de tipo complementaria por su belleza natural

del paisaje y que crean en la región un constante crecimiento económico por la atracción de turistas, lo que ha implicado una presión creciente para el desarrollo de infraestructura turística

La ocupación del espacio es variado en algunas zonas es disperso generalmente localizado en áreas de alta montaña, por su parte el patrón concentrado se localiza mayormente en abanicos aluviales, terrazas, fondos de valle y conos de deyección localizados en las partes bajas cercanas al río Chama, dicho patrón también influenciado por la cercanía a la carretera transandina. Es importante también considerar que los centros poblados se han originado mayormente cerca de quebradas y riachuelos con la finalidad de tener un mayor acceso al recurso hídrico que no solo es utilizado para el consumo humano sino que además es implementado para el desarrollo de diferentes actividades como es el caso de la agricultura de tipo tradicional y mecanizada tanto para autoconsumo como para la venta, la cría de ganado vacuno, ovino e incluso porcino.

3.1 Caracterización de la agricultura

La agricultura en el valle alto del río Chama tiene una historia larga que se extiende hasta tiempos precolombinos. Según Wagner (1979), antes de la colonia en las zonas por debajo de los 3000 msnm aproximadamente se practicaba agricultura de tubérculos andinos y maíz, la cacería y la recolección. Las zonas por encima de los 3000 m, es decir los páramos, fueron usados, para la cacería, prácticas ceremoniales religiosas y como áreas de paso para llegar a otras zonas. A partir de la conquista española se introdujo el cultivo de trigo con la tecnología usual de España de esta época que incluía la tracción animal, la trilla por caballos y los molinos de agua (Monasterio, 1980, Sarmiento y Smith, 2011). Así que con los españoles llegaron también animales domésticos de pastoreo que no habían existido en Los Andes del Norte y con eso se comenzó a dar uso productivo a los páramos venezolanos. El cultivo de trigo fue una actividad importante en Los Andes venezolanos durante varios siglos con auges en diferentes épocas (Velázquez, 2004). La cuenca alta del río Chama fue uno de centros más importantes con los que contaba este cultivo, dejando huellas erosivas visibles en sus laderas, las cuales se pueden observar como cicatrices hasta hoy en día (Sarmiento y Smith, 2011). Este cultivo pierde finalmente importancia en la cuenca alta del Chama a partir de la década de 1950 cuando las laderas trigueras estaban tan degradadas que habían bajado los rendimientos a tal nivel, que su cultivo no fue rentable. Paralelamente la industria del petróleo tomó importancia a nivel nacional y estimuló una migración a los grandes centros del país, dejando a una población de pequeños campesinos practicando una agricultura de subsistencia.

Como resultado de siglos de cultivo de trigo en laderas con altas pendientes quedaron grandes superficies erosionadas y al principio de la década de 1960 un programa denominado Subsidio Conservacionista fue implementado para estabilizar las laderas con terrazas (Grimaldi, 1989) e implementar otras medidas de protección de suelo. En los siguientes años se implementó el Programa de los Valles Altos de Los Andes Venezolanos como forma de sembrar el petróleo y combatir la pobreza rural, frenar el vaciamiento de la zona rural por la emigración a los centros urbanos del país, y satisfacer la autonomía alimentaria (Velázquez, 2004). En el contexto de este programa se establecieron sistemas de riego comunitarios que hasta el día de hoy forman la organización más sólida de las comunidades del páramo.

Dentro del programa también se drenaron muchos de los pantanos en los fondos de valles que anteriormente eran áreas de pastoreo y se construyeron muros de piedra para combatir al erosión y al mismo tiempo despedrar las parcelas. Todas estas medidas tenían por objeto eliminar la siembra de las laderas empinadas y de las laderas degradadas por el cultivo de trigo (Sarmiento y Smith, 2011) concentrando la siembra en áreas de menor pendiente.

Ese momento de cambio en la agricultura de los valles altos coincidió con la llegada de inmigrantes europeos, particularmente de las Islas Canarias, que trajeron nuevas prácticas agrícolas. Esta inmigración en combinación con la “revolución verde” de la década de los 70 propició la transformación de la agricultura del páramo, de un sistema mayormente de subsistencia a una agricultura comercial con altas dosis de insumos, semillas importadas y una diversificación de rubros nuevos en la región (papa blanca, diversas hortalizas).

Por consiguiente, es en la época de los años de 1960 y 1970 donde se desarrollan las condiciones que dan forma al tipo de agricultura que tiene lugar en la actualidad en los páramos andinos en general, y en las microcuencas La Toma y Mixteque en particular; sumamente dependiente de agroquímicos, semillas importadas, agua de riego y grandes cantidades de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, con una producción destinada a los grandes centros urbanos, especializada en rubros que solamente pueden ser sembrados en las tierras altas del país, especialmente la papa, zanahoria y ajo, además de hortalizas como coliflor y brócoli, y en menor proporción trigo, fresa, cebollín y habas.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología detallada en capítulos anteriores. De esta manera, se hace referencia en primer lugar, a la cobertura de la tierra y usos relacionados para las microcuencas La Toma y Mixteque en los años 1985 y 2021, posteriormente se presenta una caracterización de los cambios ocurridos durante este periodo y de las condiciones de agrosistema presentes. Finalmente se muestran las perspectivas a futuro del desarrollo rural sostenible en las microcuencas en estudio.

4.1 Identificación de la Cobertura de la Tierra de las microcuencas La Toma y Mixteque (1985-2021)

La cobertura de la tierra está referida a la cubierta de la superficie terrestre como resultado de usos específicos, y aunque generalmente se refiere a la cobertura vegetal o a la falta de ésta, también describe los elementos de origen antropogénico y otros naturales. En este sentido, para el presente trabajo de investigación la cobertura fue estimada a partir de la interpretación visual de dos imágenes de los satélites Landsat 5 (1985) y Landsat 8 (2021), con base en el comportamiento de las bandas del espectro visible: azul, verde y rojo, así como el infrarrojo cercano, que permite definir de manera acertada las distintas coberturas existentes, según lo planteado en la metodología.

4.1.1 Microcuenca La Toma (1985)

En la microcuenca La Toma para el año 1985 fueron identificadas las diferentes coberturas de la tierra, según se muestra en la Tabla 4.1 y Figura 4.1, mientras su distribución espacial se encuentra representada en la Figura 4.2

Tabla 4.1. Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985)

Cobertura	Superficie (has)	Superficie (%)
Áreas artificializadas	32.7	0.6
Áreas agrícolas	214.03	3.8
Vegetación herbácea y/o arbustiva	617.82	11.1
Vegetación de páramo	2889.87	51.7
Afloramiento rocoso	1808.79	32.4
Cuerpo de agua	22.57	0.4
	5585.78	100

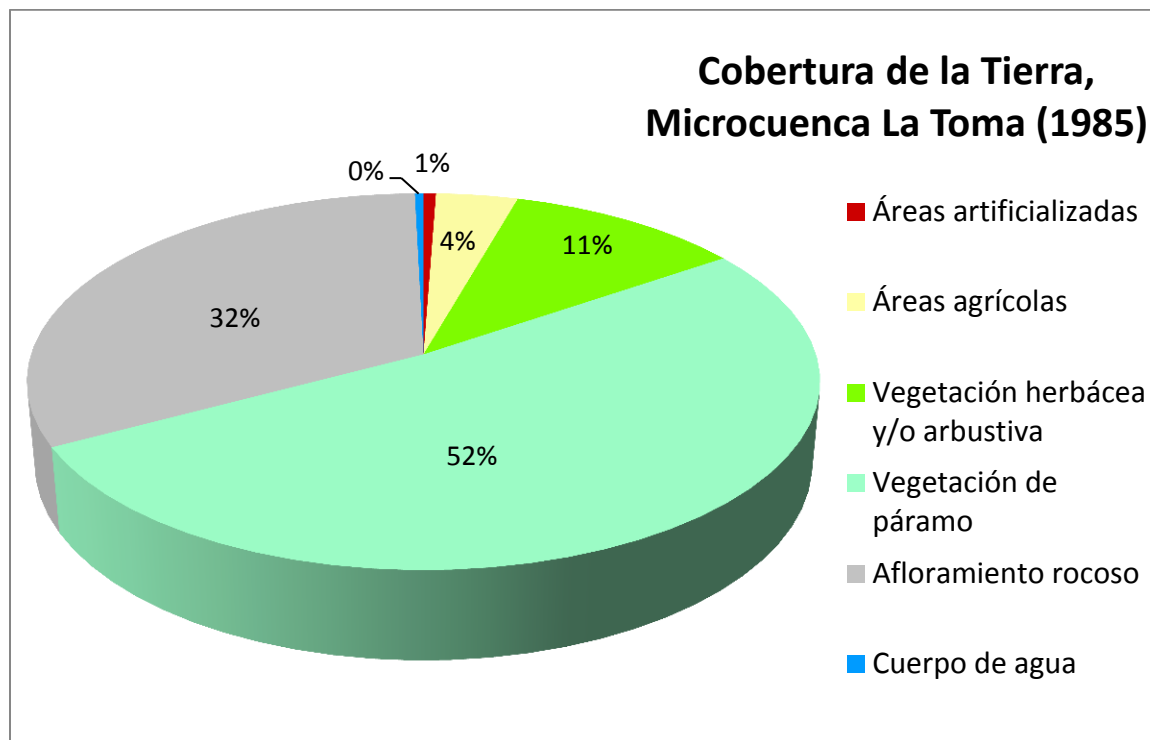


Figura 4.1 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca La Toma (1985)

De allí se desprende que, la cobertura con mayor superficie es la de vegetación de páramo que cubre el 51,7 % de la microcuenca, lo que equivale a 2889,87 has; ésta se distribuyó fundamentalmente en la parte alta de la microcuenca a partir de los 3700 msnm y en las zonas de alta pendiente, gran parte de esta unidad corresponde al área que ocupa el Parque Nacional Sierra la Culata.

Asimismo, los afloramientos rocosos abarcan 1808,79 has, lo que representa un 32,4% de la superficie de la microcuenca; esta cobertura se observó a partir de los 3800 msnm, y se localizaron en la parte alta, fundamentalmente en las áreas que fueron afectadas por las glaciaciones pleistocenas y que en la actualidad corresponden a los diferentes picos que conforman las estribaciones de la Sierra de la Culata.

De igual forma, la vegetación herbácea y/o arbustiva, ocupó una superficie de 617,82 has, lo que representa un 11,1% del área total de la microcuenca; esta cobertura se localizó en la parte media de la cuenca, principalmente en las áreas circundantes al cerro la Ensillada.

En cuanto a las áreas agrícolas, ocupan 214,03 has, lo que representa un 3,8% de la superficie de la microcuenca. Se localizó principalmente en la parte baja, en la zona cercana al caserío de La Toma y a lo largo del valle estrecho por el que discurre la quebrada la Toma y sus afluentes.

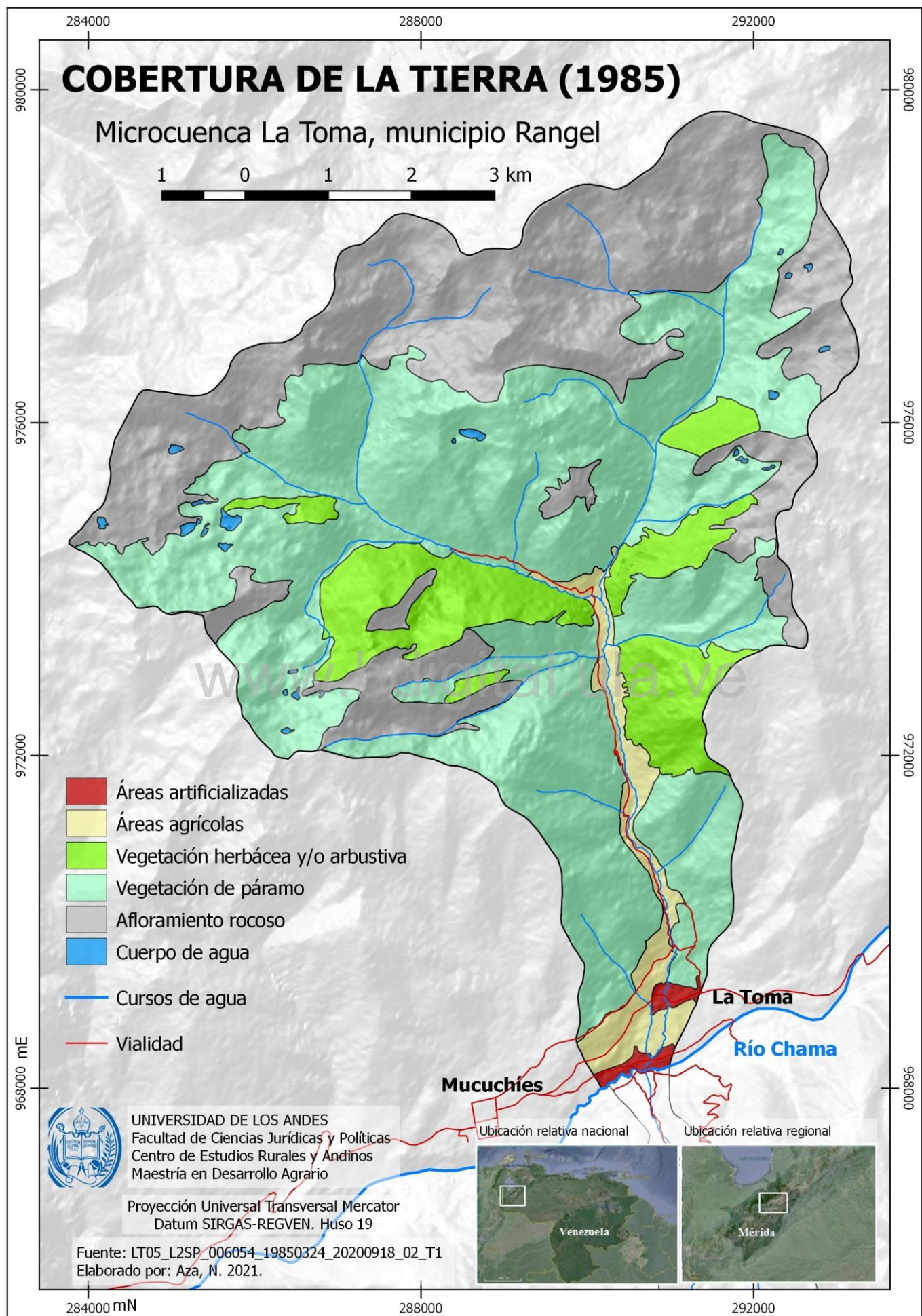


Figura 4.2 Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985).

Por otra parte, las áreas artificializadas abarcan el 32,7 has, lo que representa un 0.6% de la microcuenca; éstas se localizaron fundamentalmente a lo largo del tramo que ocupa la carretera trasandina. Cabe destacar que también se identificaron casas dispersas en la parte media y alta de la microcuenca, que por cuestiones de escala no pudieron ser representadas.

Finalmente, la categoría de cuerpos de agua, que está representada por las distintas lagunas de origen glaciar, ocuparon 22,57 has, lo que equivale a un 0,4% de la superficie de la microcuenca; localizó principalmente en la sección alta.

Siendo así en la En la Figura 4.2 se puede observar la distribución espacial de las categorías dentro de la microcuenca, en la parte baja y en las zonas de poca pendiente se localizaron las actividades antropogénicas que tienen su expresión en las áreas agrícola y artificializada. Mientras en la parte media y alta, así como aquellas zonas de pendiente fuerte, se ubican las coberturas naturales, fundamentalmente vegetación de paramo, afloramiento rocoso y vegetación herbácea y/o arbustiva.

4.1.2 Microcuenca La Toma (2021)

Al identificar las coberturas en la microcuenca La Toma para el año 2021, se evidencia una configuración espacial similar en cuanto a localización y distribución a la del año 1985, las mayores variaciones se presentan en las áreas artificializadas, las áreas agrícolas y la vegetación de paramo, mientras que Las demás categorías presentes mantienen el mismo patrón con solo ligeras variaciones locales, como se muestra en la Tabla 4.2 y Figuras 4.3 y 4.4.

Tabla 4.2. Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (2021)

Cobertura	Superficie (has)	Superficie (%)
Áreas artificializadas	81.19	1.5
Áreas agrícolas	534.44	9.6
Vegetación herbácea y/o arbustiva	604.26	10.8
Vegetación de páramo	2534.53	45.4
Afloramiento rocoso	1808.79	32.4
Cuerpo de agua	22.57	0.4
	5585.78	100

De esta manera, se observa que la cobertura con mayor superficie para el año 2021 sigue siendo la vegetación de páramo que cubre el 45,4 % de la microcuenca, lo que equivale a 2534,53 has; ubicadas en la parte alta de la microcuenca. Asimismo, le sigue los afloramientos rocosos que cubren 1808,79 has, lo que representa un 32,4% de la superficie de la microcuenca.

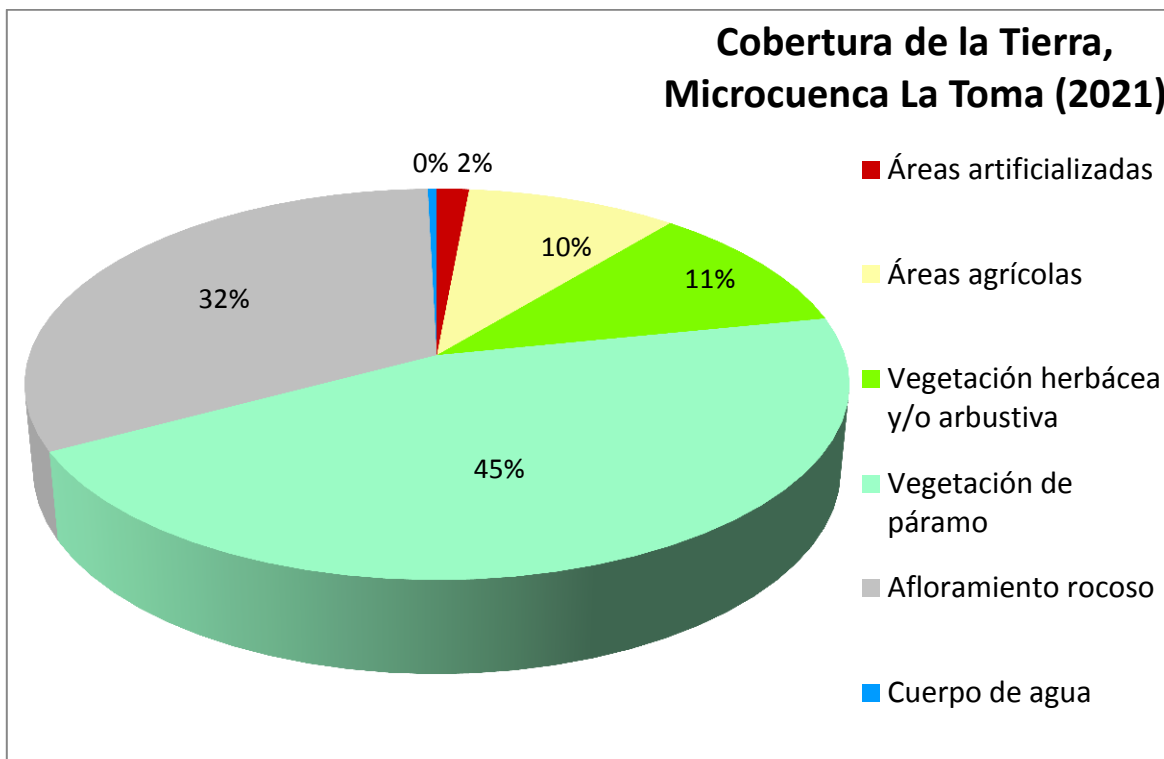


Figura 4.3 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca La Toma (2021).

De igual forma, la vegetación herbácea y/o arbustiva, ocupa una superficie de 604,26 has, lo que representa un 10,8% del área total de la microcuenca, localizada en la parte alta.

En el caso de las áreas agrícolas, éstas ocupan 534,44 has, lo que representa un 9,6% de la superficie de la microcuenca, ubicadas en la parte baja y media, en zonas de baja y moderada pendiente, por lo que ya no ocupan solamente los valles estrechos, sino se desbordaron y comienzan a situarse en las vertientes e incluir zonas cada vez con mayor altitud, con efectos importantes en la vegetación de páramo.

Por otra parte, las áreas artificializadas abarcan el 81,19 has, lo que representa un 1,5% de la microcuenca; éstas poseen una distribución concentrada en las cercanías de la localidad de La Toma, que ya ocupa todo el abanico aluvial, pues su pendiente relativamente baja favorece el crecimiento urbano, agrícola y turístico. No obstante, siguen identificándose casas dispersas en la parte media y alta de la microcuenca, que por cuestiones de escala no pueden ser representadas.

Finalmente la categoría de cuerpos de agua, que está representada por las distintas lagunas de origen glaciar, no sufrieron variaciones evidentes en su tamaño y siguen ocupando 22,57 has, lo que equivale a un 0,4% de la superficie de la microcuenca.

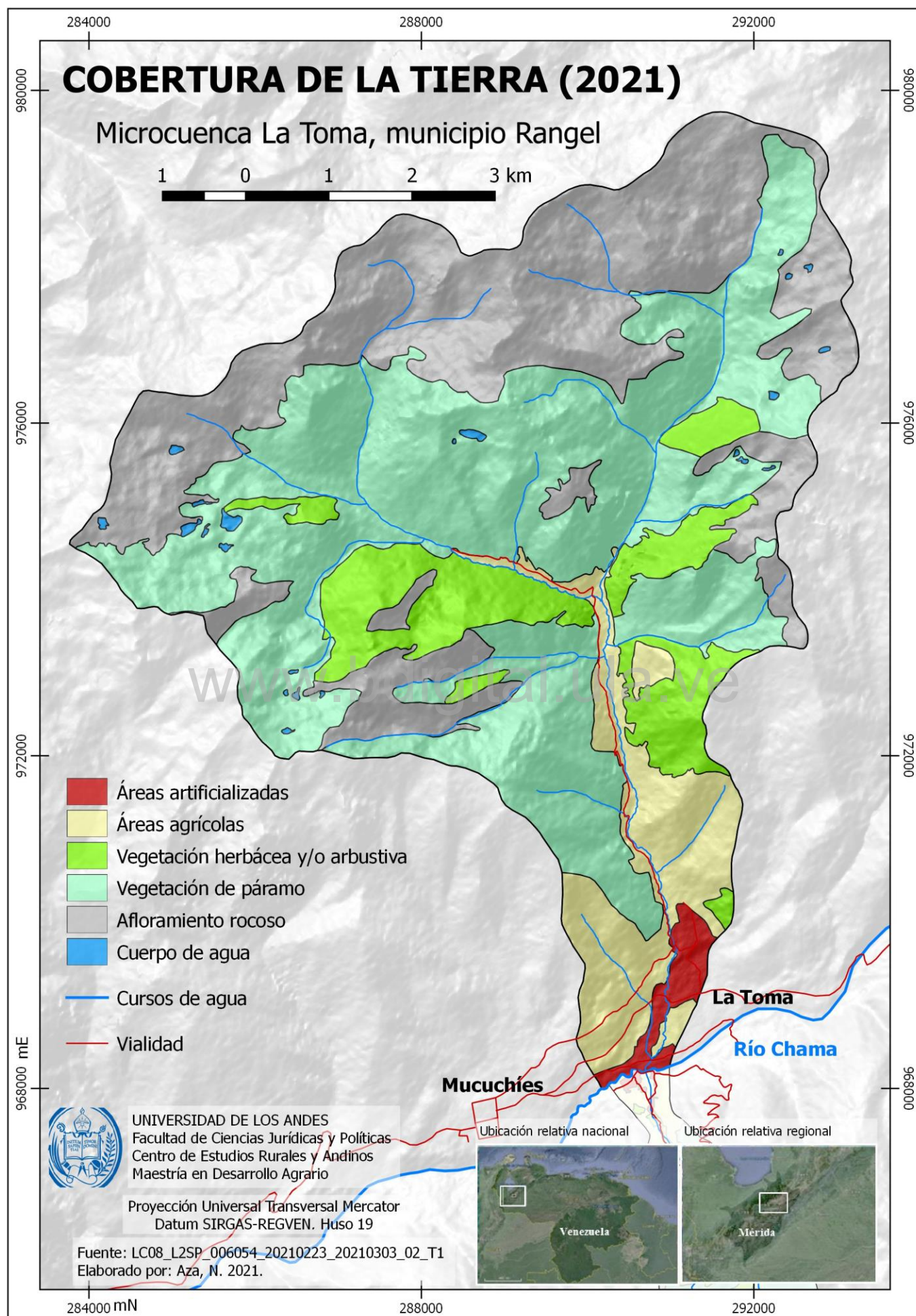


Figura 4.4 Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (2021).

4.1.3 Microcuenca Mixteque (1985)

En la microcuenca Mixteque para el año 1985 fueron identificadas las diferentes coberturas de la tierra, según se muestra en la Tabla 4.3 y Figura 4.5, mientras su distribución espacial se encuentra representada en la Figura 4.6

Tabla 4.3. Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985)

Cobertura	Superficie (has)	Superficie (%)
Áreas artificializadas	6.76	0.9
Áreas agrícolas	52.61	6.8
Vegetación herbácea y/o arbustiva	127.46	16.5
Vegetación de páramo	559.56	72.5
Afloramiento rocoso	2.79	0.4
Cuerpo de agua	22.72	2.9
	771.90	100

Así pues, de las coberturas identificadas en la microcuenca Mixteque para el año 1985, la vegetación de páramo domina gran parte de la superficie, abarcando 559,56 ha, lo que representa un 72% distribuyéndose en gran parte de la cuenca alta, media y baja, tanto en pendientes altas como relativamente bajas. Esto se debe a que se encuentra en posición de umbría y es un área relativamente húmeda,`

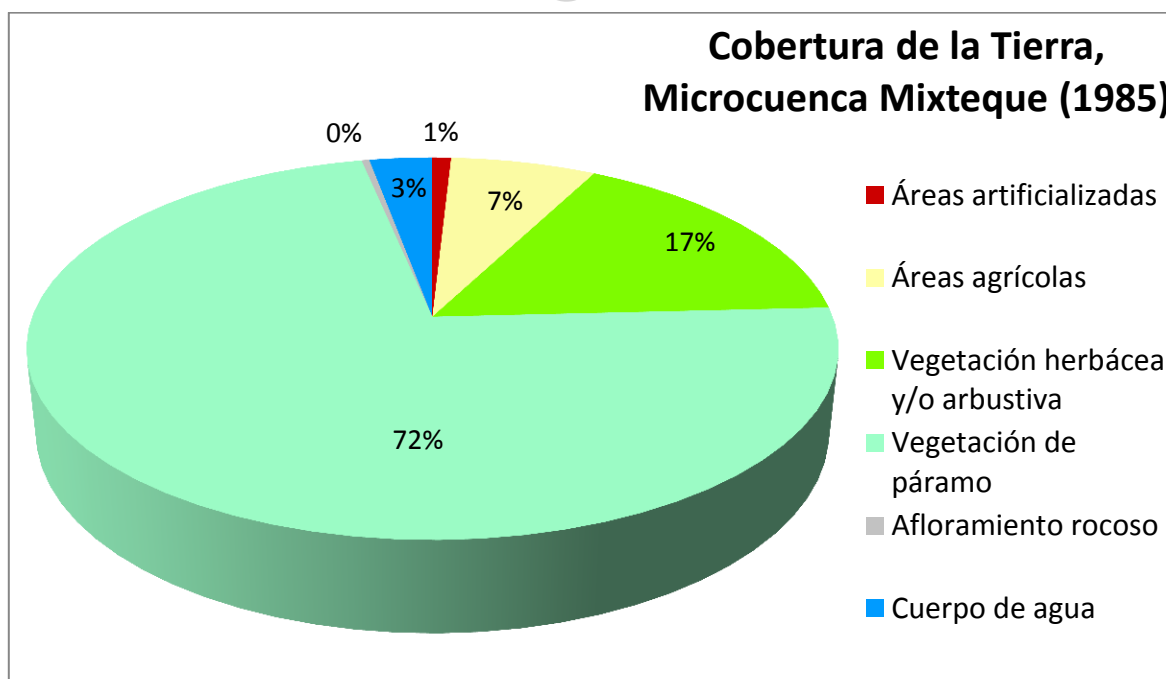


Figura 4.5 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca Mixteque (1985).

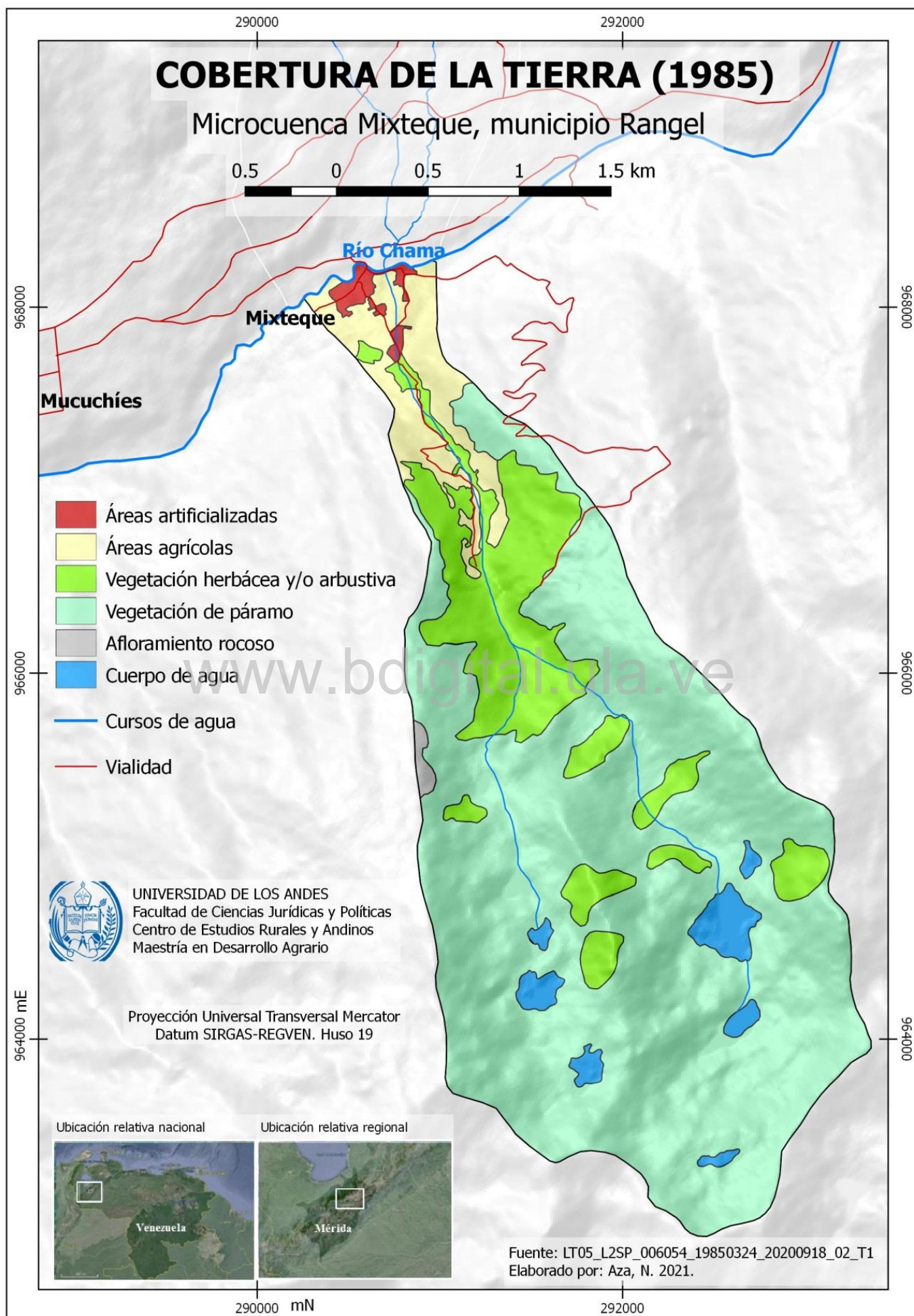


Figura 4.6 Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985).

En este orden de ideas, en segunda posición por extensión lo ocupan las áreas con vegetación herbácea o arbustiva, pues el efecto de umbría permite la ocurrencia de algunos factores biofísicos que propician mayor desarrollo de las plantas de porte medio y relativamente alto. De manera que, esta cobertura ocupa una superficie de 127,46 has lo que se traducen en un 16.5 % de la microcuenca, ubicada principalmente en la parte media con algunos manchones en la parte alta.

Asimismo, para el año 1985 en la microcuenca Mixteque, las áreas agrícolas se desarrollaban fundamentalmente en la parte baja, en las zonas relativamente planas y a lo largo del valle del curso de agua principal, adentrándose hasta casi mitad de la distancia longitudinal de la cuenca, sumando una superficie de 52,61 has que representan el 6,8% de la microcuenca.

De igual forma, relacionada a las áreas de cultivos se encuentran las áreas artificializadas, que corresponden fundamentalmente a la localidad de Mixteque, que ocupan el 1% aproximadamente de la microcuenca, lo que equivale a 6,76 has, concentradas en la parte baja, sobre el abanico aluvial.

Por otra parte, los cuerpos de agua, representan el 3% de la microcuenca, lo que implica que el sistema lagunar ocupa 22,72 has, conformado por 7 lagunas de gran tamaño, a partir de las cuales nacen los cursos de agua que alimentan la población y los cultivos ubicados aguas abajo, dejando en evidencia el potencial hídrico de esta zona.

Finalmente, la superficie que abarcan los afloramientos rocosos en la microcuenca Mixteque es muy baja, representando el 0,4%, lo que equivale a 2,79 has, en un polígono ubicado en la cabecera de la sección media de la vertiente derecha.

4.1.4 Microcuenca Mixteque (2021)

La configuración espacial de la cobertura de la Tierra para el año 2021, sigue un comportamiento similar a la de 1985. Siendo así, las áreas naturales en su distribución varían muy poco, localizadas en la parte alta y media de la microcuenca, por lo que las áreas que reflejan mayores cambios, son las que se relacionan con actividades humanas: áreas agrícolas y áreas artificializadas, ubicadas en la parte baja de la microcuenca; tal como se puede observar en la Tabla 4.4 y las Figuras 4.7 y 4.8.

Por consiguiente, la cobertura con mayor superficie ocupa para el año 2021 sigue siendo la vegetación de páramo que cubre aproximadamente el 70% de la microcuenca, lo que equivale a 538,64 has; ubicadas en la parte alta, media y algunos segmentos de la parte baja en la vertiente derecha de la microcuenca.

Un comportamiento similar tiene la vegetación herbácea y/o arbustiva, que ocupa 124, 92 has, lo que equivale 16,2% de la microcuenca, que mantiene la misma distribución en la parte alta, solo que con algunas diferencias en la parte baja y media, influenciadas por su cercanía con las áreas agrícolas.

Tabla 4.4. Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (2021)

Cobertura	Superficie (has)	Superficie (%)
Áreas artificializadas	11.31	1.5
Áreas agrícolas	71.52	9.3
Vegetación herbácea y/o arbustiva	124.92	16.2
Vegetación de páramo	538.64	69.8
Afloramiento rocoso	2.79	0.4
Cuerpo de agua	22.72	2.9
	771.90	100

En este sentido, las áreas agrícolas ocupan una superficie de 71,52 has, lo que representa el 9% de la superficie de la microcuenca, ubicándose en un espacio continuo en la parte baja sobre el abanico aluvial y en la parte media a lo largo del cauce de la quebrada Mixteque, pero además aparecen dos nuevas superficies cultivadas en la parte media, específicamente en la vertiente derecha.

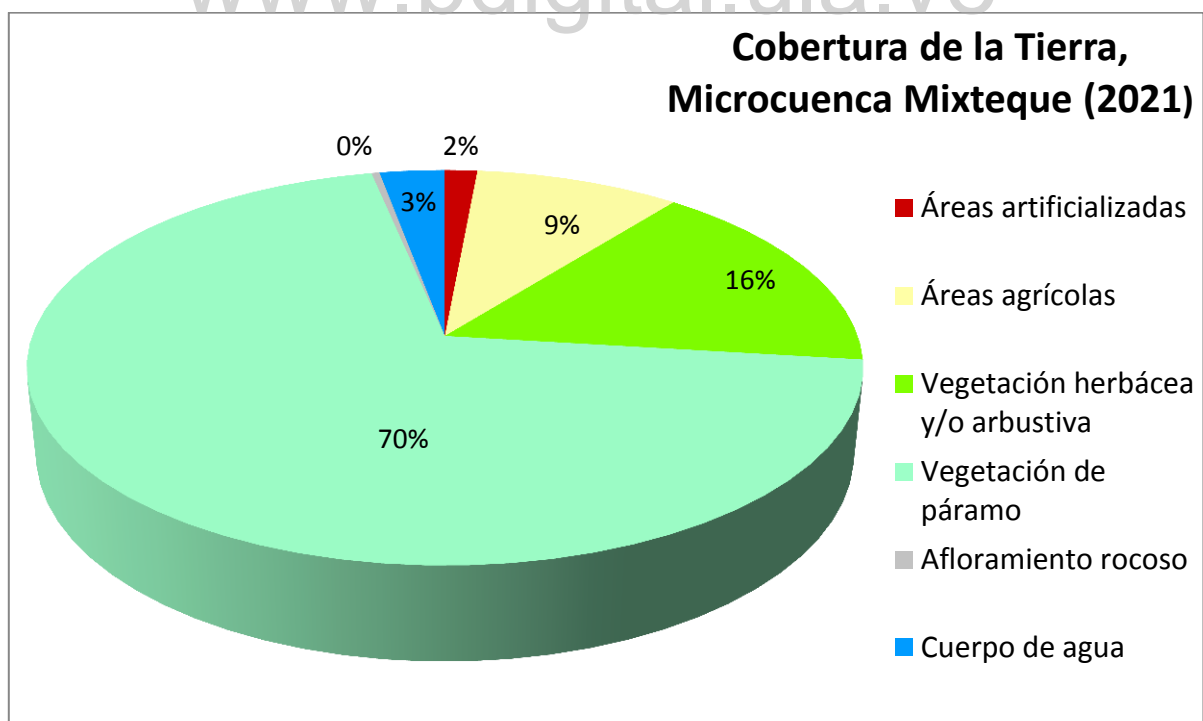


Figura 4.7 Distribución porcentual de las Coberturas de la Tierra en la microcuenca Mixteque (2021).

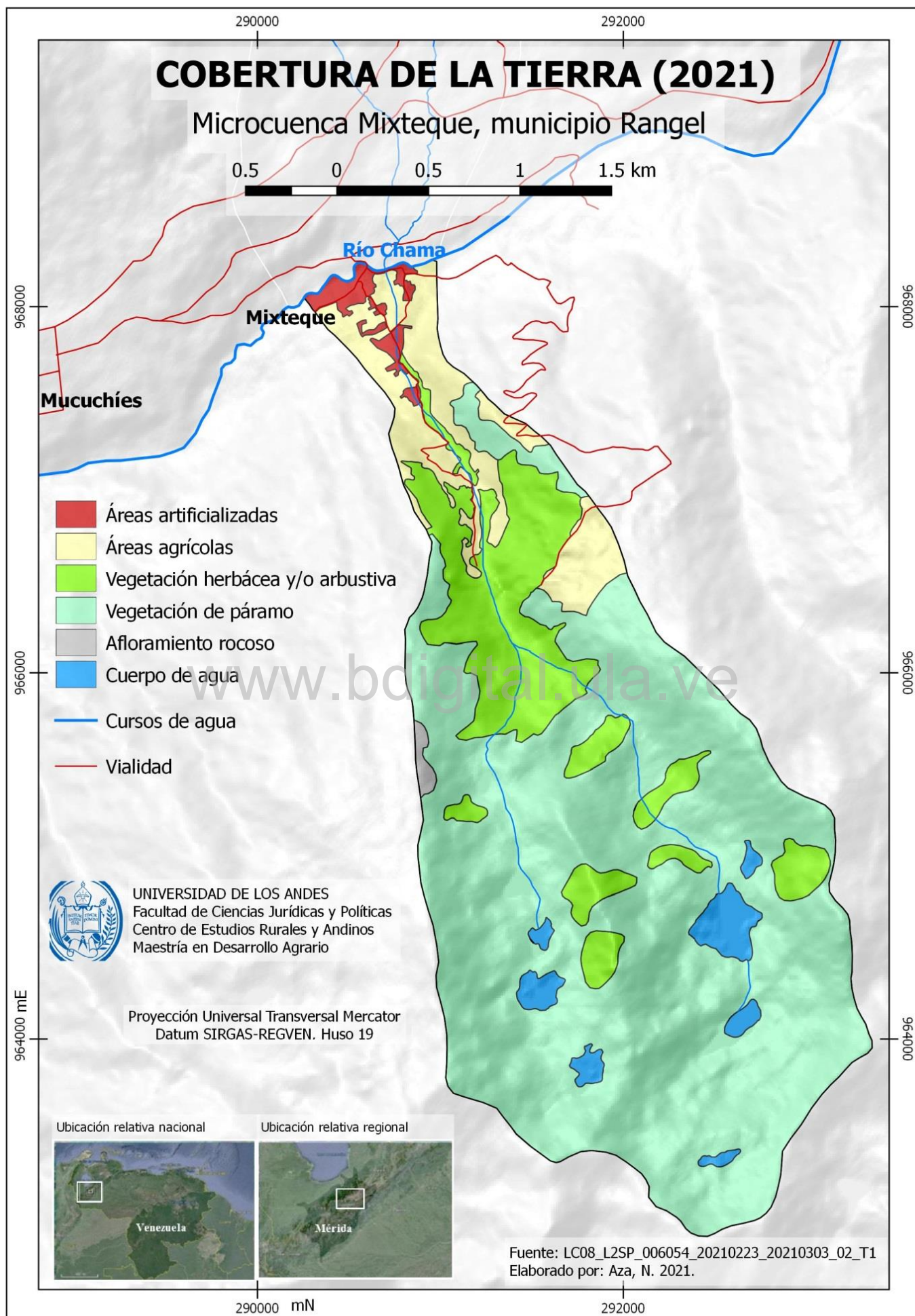


Figura 4.8 Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (2021).

De igual manera, las áreas artificializadas ocupan una mayor superficie, 11,31 has, lo que equivale a aproximadamente el 2% de la microcuenca, lo que implica que van más allá del sector Mixteque y aparecen pequeños núcleos poblados en dirección a la parte media, en terrenos que para la fecha anterior estaban ocupados por áreas agrícolas.

Caso contrario, ocurre con las coberturas afloramiento rocoso y cuerpo de agua, que mantuvieron la superficie que abarcaban durante el periodo 1985-2021, 0,4 y 2% respectivamente, sin sufrir ningún tipo de modificación.

4.2 Análisis de la dinámica de cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra en las microcuencas La Toma y Mixteque, durante el periodo (1985-2021)

Al analizar los cambios en las coberturas ocurridos en las microcuencas La Toma y Mixteque durante el periodo 1985 - 2021, se puede apreciar una diferencia visual perceptible casi de manera inmediata, con solo observar los mapas de cobertura para cada año. No obstante, se evaluaron los cambios, cuantificando la variación en las superficies de cada cobertura para el periodo en estudio, infiriendo además las posibles causas de acuerdo con un análisis de las condiciones presentes.

4.2.1 Microcuenca La Toma (1985-2021)

Los cambios de cobertura presentes en la microcuenca La Toma durante el periodo 1985-2021 pueden evidenciarse en la Tabla 4.5. De allí se desprende que, las variaciones más grandes se dieron en las áreas agrícolas y artificializadas, que aumentaron considerablemente, mientras las zonas de vegetación herbácea y/o arbustiva disminuyeron sensiblemente y los afloramientos rocosos y cuerpo de agua se mantuvieron en el tiempo.

Tabla 4.5 Cambios en la Cobertura de la Tierra, microcuenca La Toma (1985-2021)

Cobertura	1985		2021		Diferencia (ha)	Variación (%)
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)		
Áreas artificializadas	32.7	0.6	81.19	1.5	+ 48.49	+ 248.3
Áreas agrícolas	214.03	3.8	534.44	9.6	+ 320.41	+ 249.7
Veg. herbácea / arbustiva	617.82	11.1	604.26	10.8	- 13.56	- 2.2
Vegetación de páramo	2889.87	51.7	2534.53	45.4	- 355.34	- 12.3
Afloramiento rocoso	1808.79	32.4	1808.79	32.4	-	-
Cuerpo de agua	22.57	0.4	22.57	0.4	-	-
	5585.78	100	5585.78	100		

De esta manera, se evidencia como las áreas agrícolas en la microcuenca La Toma aumentaron para el año 2021 en 320,41 has de nuevos cultivos, lo que representa un incremento de 249,7% con respecto al año 2025. Esto se observó principalmente en la parte baja de la microcuenca, donde todo el abanico aluvial ya ha sido ocupado, como consecuencia del crecimiento y expansión de la horticultura y cultivos anuales tales como la papa, lechuga, zanahoria y ajo en la microcuenca.

Sin embargo, el aumento sobrepasa las áreas relativamente planas y alcanzan las vertientes, en las que a pesar de la fuerte pendiente que predomina en el área, se logran desarrollar cultivos de papa y ajo (Figura 4.9); esto se debe fundamentalmente al cambio de uso en la parte baja, que pasa a residencial y comercial, lo que motivó la expansión agrícola a áreas más altas de la cuenca. De igual forma, pero en menor proporción se encuentran algunas zonas con ganadería extensiva de libre pastoreo.



Figura 4.9 Áreas de cultivos en las zonas relativamente planas del valle estrecho de la quebrada La Toma y en la vertiente izquierda con altas pendientes, en la parte media de la microcuenca (2021).

Asimismo, en el caso de las áreas artificializadas, la superficie aumento 48,49 has entre 1985 y 2021, lo que equivale a un incremento de 248,3 % durante este periodo. Esta condición está dada por el crecimiento del centro poblado La Toma y de las áreas circundantes; crecimiento que a su vez está vinculado al desarrollo y explotación agrícola que se presenta en el área, ya que esta es la principal actividad económica de los pobladores de la zona. Todo esto se ha traducido en la aparición no solo de nuevas urbanizaciones, sino también de galpones destinados a servir como centros de acopio para los rubros cosechados

(Figura 4.10), además del incremento de la actividad comercial de agroinsumos y la infraestructura asociada a la actividad turística como posadas y restaurantes.



Figura 4.10 Nuevas áreas artificializadas de desarrollo residencial y comercial.

Caso contrario ocurrió con la vegetación de páramo que sufrió una disminución de 355,34 has lo que representa una pérdida de 12,3% de esta cobertura con respecto al año 1985, esto como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola, cambiando la vegetación natural, que es bastante rala por las condiciones físicas naturales imperantes, por cultivos como se evidencia en la Figura 4.11.



Figura 4.11 Áreas de cultivos donde antes se encontraba vegetación de páramo.

Es importante señalar que, estos cambios de vegetación de páramo por áreas agrícolas tienen lugar en la parte baja y media de la microcuenca en las zonas de vertientes, lo que tiene implicaciones a futuro en la sostenibilidad de estos cultivos, pues se desarrollan en relieves abruptos, en una zona con climas característicos de alta montaña y suelos de poca profundidad sin un alto potencial agrícola, lo que hace que su fertilidad sea muy limitada, pero además son muy susceptibles a la erosión.

Por el contrario las superficies cubiertas de vegetación de páramo, pero ubicadas en la parte alta de la microcuenca, no sufrieron ninguna intervención. Esto es consecuencia de las altitudes a las que se encuentra y de la limitada accesibilidad, lo que de alguna manera restringe el desarrollo e intervención de las actividades humanas. Pero además en esta zona, el 95% de la vegetación de páramo se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata, que fue decretado el 07 de diciembre de 1989; por lo que esta figura de ABRAE abarca una buena parte del período de estudio de esta investigación, confiriéndole un mayor grado de protección.

De la misma manera se evaluaron los cambios que sufrió la vegetación herbácea y/o arbustiva que tuvo una disminución de 13,56 has, lo que corresponde a una variación de 2,2% con respecto al año 1985. Esta reducción tuvo lugar fundamentalmente en la parte media de la microcuenca La Toma, específicamente en la vertiente izquierda, donde se desarrolló un área de cultivos que se puede observar en la Figura 4.12, dentro del proceso de expansión de la frontera agrícola.



Figura 4.12 Expansión de la frontera agrícola en un área de vegetación herbácea y/o arbustiva.

Por último, las coberturas de afloramiento rocoso y cuerpos de agua no tuvieron ninguna variación durante el periodo de estudio. Éstas se ubican en la parte alta de la microcuenca en el área que corresponde al Parque Nacional Sierra de la Culata, por lo que se encuentran dentro de un área protegida. Asimismo, son superficies expuestas a los elementos meteorológicos, lo que evita la colonización de estos espacios y los define como áreas desprovistas de vegetación con fertilidad nula, o están cubiertas por una capa de agua, en el caso de las lagunas (Figura 4.13), lo que restringe cualquier cambio de uso, a menos que tuviese lugar de manera natural.



Figura 4.13 Afloramiento rocoso y lagunas en la microcuenca La Toma.

4.2.2 Microcuenca Mixteque (1985-2021)

Los cambios de cobertura presentes en la microcuenca Mixteque durante el periodo 1985-2021 pueden evidenciarse en la Tabla 4.5. De allí se desprende que, las variaciones más significativas tuvieron lugar en las áreas agrícolas y artificializadas, que aumentaron considerablemente, mientras las zonas de vegetación herbácea y/o arbustiva disminuyeron sensiblemente y los afloramientos rocosos y cuerpo de agua se mantuvieron en el tiempo.

Todo esto permite inferir que, a grandes rasgos, el comportamiento espacial de los cambios es muy similar al presentado en la microcuenca La Toma; sin embargo, como se muestra a continuación, la magnitud de los mismos es muy diferente

Tabla 4.5 Cambios en la Cobertura de la Tierra, microcuenca Mixteque (1985-2021)

Cobertura	1985		2021		Diferencia	Variación
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)		
Áreas artificializadas	6.76	0.9	11.31	1.5	+ 4.55	+ 167.3
Áreas agrícolas	52.61	6.8	71.52	9.3	+ 18.91	+ 135.9
Veg. herbácea / arbustiva	127.46	16.5	124.92	16.2	-2.54	-2.0
Vegetación de páramo	559.56	72.5	538.64	69.8	-20.92	-3.7
Afloramiento rocoso	2.79	0.4	2.79	0.4		
Cuerpo de agua	22.72	2.9	22.72	2.9		
	771.9	100	771.9	100		

En este orden de ideas, en la microcuenca Mixteque durante el periodo 1985-2021 las áreas agrícolas se incrementaron en 18,91 has dedicadas a los cultivos, lo que implica un aumento de 135,9 %. Esto fue observado en la parte baja de la microcuenca, sobre el abanico aluvial y a lo largo del valle que forma la quebrada Mixteque en su recorrido. Esto es consecuencia del crecimiento y expansión de la horticultura especialmente: papa, ajo, zanahoria, fresas, brócoli y coliflor (Figura 4.14).

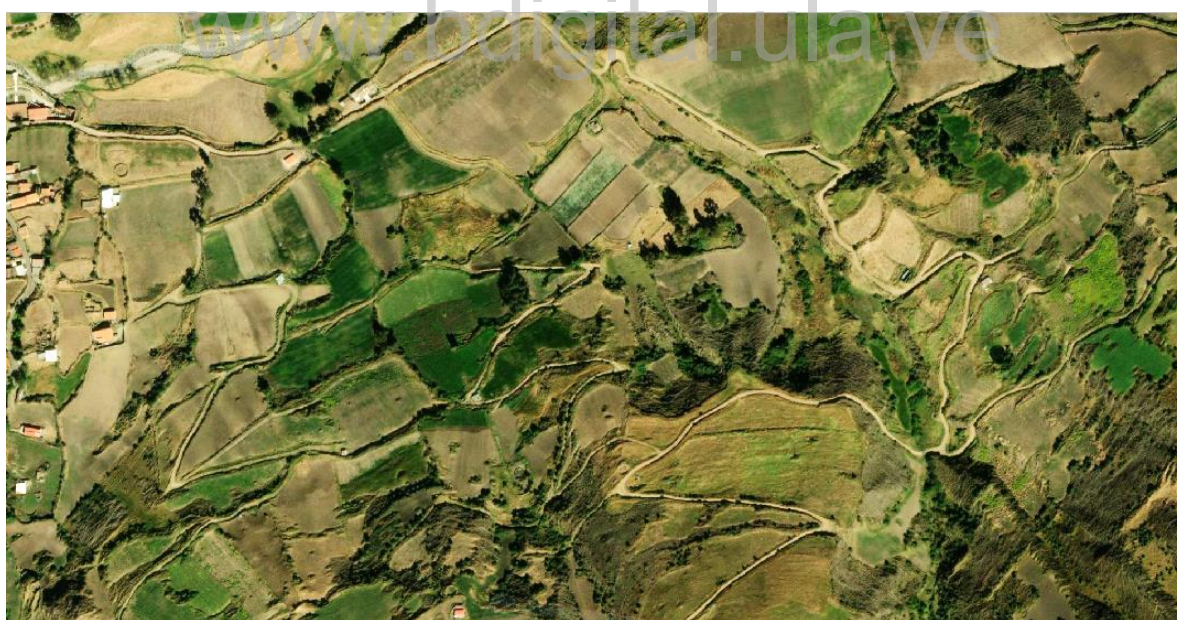


Figura 4.14 Áreas agrícolas en la parte baja de la microcuenca Mixteque (2021).

No obstante, el mayor cambio porcentual lo tuvieron las áreas artificializadas, con un incremento de 167,3% con relación al año 1985, lo que representa 4,55 has que han sido incorporadas al uso residencial principalmente y en casos muy puntuales para el desarrollo

de infraestructura turística, ubicadas sobre el abanico aluvial, tomando como eje central el sector Mixteque, pero creciendo hacia la parte media (Figura 4.15).



Figura 4.15 Áreas artificializadas en la parte baja de la microcuenca Mixteque (2021).

Así pues, la superficie que fue incrementada en las coberturas de áreas agrícolas y artificializadas, devino de la disminución de la vegetación natural, tanto de páramo como de herbácea y/o arbustiva, en 3,7% y 2,0%, respectivamente, con respecto al año 1985; lo que tuvo lugar en la parte baja y media de la microcuenca, especialmente en las zonas de vertiente como se evidencia en la Figura 4.16.



Figura 4.16 Expansión de la frontera agrícola en un área de vegetación de páramo.

En este punto cabe destacar que, toda la superficie de la microcuenca Mixteque se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, que fue decretado el 02 de mayo de 1952, por lo que durante todo el periodo de estudio ésta ha sido un área protegida, lo que pudiese ofrecer una primera aproximación a la interrogante de por qué aun cuando se han identificados procesos de expansión de la frontera agrícola y el desarrollo de infraestructuras, fundamentalmente de tipo residencial, la magnitud de estos cambios no ha sido tan acusada como en la microcuenca La Toma.

Asimismo, al igual que en la microcuenca La toma, en Mixteque durante el periodo en estudio (1985-2021) no se evidenciaron cambios en las coberturas de afloramiento rocoso o cuerpos de agua, sino que la superficie ocupadas por éstas se mantuvieron estables (Figura 4.17).



Figura 4.17 Lagunas en la microcuenca Mixteque.

En síntesis, para ambas microcuencas, La Tomas y Mixteque, durante el periodo de estudio 1985-2021, las áreas donde se evidenciaron los mayores cambios en las coberturas de la tierra, reflejando variaciones en el uso, están en ubicados en mayor proporción en la sección baja y media de las microcuencas, donde se encuentran emplazados los centros poblados de La Toma y Mixteque, abarcando también el fondo de valle por donde discurren las quebradas principales.

Así pues se observó que, la expansión de la frontera agrícola y el desarrollo residencial, son los principales generadores de cambio, esto se debe en gran medida al crecimiento natural

de la población, lo que deriva en presión por el desarrollo de infraestructura de vivienda y de elementos que permitan dinamizar la actividad económica, que sin duda en esta zona es la agricultura y en las décadas más recientes y en menor medida el turismo. Todos estos cambios se ven reflejados en el paisaje, pero son el resultado de la interrelación de factores económicos, sociales, políticos y físicos naturales, donde el desafío es mantener su sostenibilidad para garantizar el desarrollo de la población rural.

En contraparte, las áreas que se mantuvieron estables se distribuyeron fundamentalmente en la sección alta y en menor proporción en la sección media de las microcuencas; estas zonas se caracterizan por su difícil accesibilidad y como se ha señalado anteriormente, por encontrarse dentro de figuras de protección, como el Parque Nacional Sierra de La Culata y el Área de Protección del Observatorio Nacional Llano del Hato, para el caso de la Toma y el Parque Nacional Sierra Nevada en Mixteque, lo que legalmente restringe la intervención antropogénica. Pero a su vez, son áreas con limitaciones naturales como fuertes pendientes, relieve abrupto, suelos de poco desarrollo y fertilidad, condiciones climáticas muy frías y altitudinalmente se encuentran por arriba de los 3720 msnm, que ha sido la cota establecida como el límite altitudinal potencial hasta donde pudiese desarrollarse la agricultura en condiciones óptimas según lo expuesto por Smith y Romero (2012).

No obstante, aunque espacialmente la distribución de los cambios es similar para ambas microcuencas, la magnitud de los mismos es diferente, siendo estos más acusantes en microcuenca La Toma donde el crecimiento de las áreas agrícolas y artificializadas ha sido mayor, tanto proporcionalmente como por la superficie que abarcan. Mientras que, en la microcuenca Mixteque, aun cuando han tenido lugar cambios, su proporción ha sido mucho menor. Siendo así, ya se han dado unos pequeños esbozos de por qué podría ocurrir esto en áreas donde las condiciones físicas naturales son similares; sin embargo en el próximo apartado se profundizara en este tema al considerar las condiciones de agrosoprote existentes.

4.3 Condiciones de Agrosoprote en las microcuencas La Toma y Mixteque

Las microcuencas La Toma y Mixteque se encuentran situadas en el valle principal del río Chama a unos pocos kilómetros de Mucuchíes, la capital del municipio Rangel. Su población, concentrada fundamentalmente en los centros poblados de La Toma y Mixteque está constituida en su mayoría por productores relativamente pequeños que practican agricultura intensiva con riego.

De esta manera, en estas microcuencas, la franja comprendida entre los 2000 y 3300 msnm, en los valles, conos y terrazas favorecidos por una baja pendiente y excelentes condiciones de accesibilidad, los ecosistemas naturales de bosque siempreverde y a continuación los del páramo, se encuentran profundamente transformados por una agricultura de gran productividad dominada por cultivos hortícolas y de tubérculos.

Sin embargo, aun cuando los medios y la forma de producción son similares en ambas áreas, también presentan características que las hacen diferentes en su dinámica productiva, especialmente por factores relacionados con el acceso a la infraestructura de agrosuporte, la organización de las comunidades y los programas de extensión rural que se han desarrollado en ellas.

En consecuencia, para analizar estos elementos, se tomaron como referencia los indicadores de agrosuporte propuestos por López (2017) que buscan medir el grado de oportunidad que ofrece un área para el desarrollo de la agricultura, cuyos resultados se encuentran sintetizados en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Indicadores de agrosuporte para las microcuencas La Toma y Mixteque

Indicadores	La Toma	Mixteque
Indicadores de Infraestructura y equipamiento para la actividad productiva:		
<i>Número de sistemas de riego</i>	10	2
<i>Superficie bajo riego (has)</i>	454	71
<i>Superficie agrícola total (has)</i>	535,44	71,52
<i>Superficie bajo riego con relación a la superficie agrícola total (%):</i>	85,01 %	99,27%
<i>Densidad de la vialidad agrícola (Km de vías/Km2)</i>	0,24	0,31
<i>Número de centros de acopio:</i>	6	1
Indicadores de Servicio de apoyo		
<i>Productores que han recibido financiamiento (%):</i>	74%	67%
<i>Productores atendidos por programas de extensión rural (%):</i>	15%	47%
<i>Numero de agrocomercios de insumos agrícolas:</i>	7	0
Indicadores de Participación Social		
<i>Productores agrícolas organizados (%):</i>	95%	98%
<i>Número de organizaciones agrícolas:</i>	13	5

Fuente: indicadores estimados a partir de datos proporcionados por: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (2007 y 2017), CORPOANDES (2007), Mejía *et al.* (2008), Inparques (2012), Smith y Romero (2012).

4.3.1 Infraestructura y Equipamiento de la Actividad Productiva

El páramo andino venezolano, incluyendo las microcuencas de La Toma y Mixteque se encuentran en un bolsón seco. En este sentido, Mucuchíes, el centro poblado de primer orden en el municipio posee una precipitación media anual de 564 mm (Vivas, 1992), concentrada durante un periodo único de lluvias entre mayo y octubre, mientras que de diciembre a marzo es el periodo seco, siendo abril y noviembre los meses de transición de la estación seca a la lluviosa (Velázquez, 2004).

De esta manera, cuando la precipitación se concentra durante dos años por debajo de la media (564 mm), da lugar a que el siguiente año la estación seca pueda durar hasta seis meses; ello, aunado a una temperatura que oscila entre 18 °C y 9 °C y que durante las estaciones secas puede presentar variaciones de hasta 14,5 °C entre las máximas diurnas y las mínimas nocturnas, hace el clima de la zona muy propicio para la aparición de heladas (Patiño, 2015).

Estas condiciones climáticas afectan los cultivos, haciéndolos muy dependiente de la instalación de riego, que permite extender la época de siembra y así obtener varias cosechas por año, al disminuir los riesgos por sequía y aumentar los tipos de rubros que se pueden sembrar. En consecuencia, la infraestructura agrícola más importante en el área de estudio es el sistema de riego.

En este sentido, en los páramos andinos venezolanos, la mayoría de los sistemas de riego son organizados comunitariamente, su inicio tuvo lugar en la década de 1970 dentro del Programa de Desarrollo Agrícola de los Valles Altos (Martínez, 2006), y se han consolidado permitiendo el surgimiento de una agricultura intensiva. De forma general, el sistema de riego se caracteriza por su originalidad y sencillez, pues no proviene de los sistemas comunes de riego que utilizan grandes embalses o grandes infraestructuras rígidas; sino se trata de simples infraestructuras locales, como tomas de agua mediante tuberías, pequeños tanques comunitarios y distribución del riego con tuberías y mangueras armables, que les da una gran flexibilidad para adaptarse a las condiciones topográficas unida a una eficiencia en el traslado del agua y a un mínimo impacto ambiental (Monasterio y Molinillo, 2003).

En el caso de las microcuencas La Toma y Mixteque, las tomas de agua se han instalado en las lagunas y las nacientes de las quebradas, en las partes altas, para hacer descender el agua por gravedad mediante tuberías en pronunciadas pendientes desde el piso altiandino a las áreas agrícolas (Figura 4.18).



Figura 4.18 Elementos que conforman el sistema de riego en la microcuenca Mixteque.

Siendo así, en el caso particular de la microcuenca Mixteque, se han establecidos dos (2) sistemas de riego para surtir una superficie de 71 has, lo que presenta casi la totalidad de la superficie cultivada. Mientras que, en La Toma, existen 10 sistemas de riego que toman agua de sus afluentes para regar una superficie de 454 has dentro de la microcuenca, lo que implica que 85,01% de los cultivos de esta zona se dan bajo regadío; pero además exporta agua para un sistema de riego de 140 has en la subcuenca La Misintá (Figura 4.19).



Figura 4.19 Cultivos bajo riego por aspersión en la microcuenca Mixteque.

De esta manera, se evidencia una diferenciación en el uso agrícola, especialmente en la microcuenca La Toma. En el fondo del valle, los agricultores tienen en su mayoría acceso a riego, lo cual les permite desarrollar una agricultura intensiva de papas y otras hortalizas con dos o tres ciclos de cultivo al año. Por el contrario, en las zonas más altas, donde no se cuenta con irrigación, los agricultores practican un sistema semitradicional de cultivo por dos o tres años consecutivos, con un descanso variable y con un solo ciclo de cultivo por año. Además, en ambas microcuencas, el desarrollo ganadero ha disminuido considerablemente en los últimos años; sin embargo, algunos pobladores locales mantienen rebaños que pastorean en los páramos altos. (Llambí *et al.*, 2009).

Desde esta perspectiva, otra de las infraestructuras importantes para el desarrollo agrícola es la vialidad, que permite tanto accesibilidad al área de cultivos como facilidad para el transporte de la cosecha hasta los mercados. Siendo así, como indicador de agrosuporte se analiza a partir de la Densidad de la vialidad agrícola que para ambas microcuencas tienen valores similares, La Toma 0,24 Km de vías/Km² y Mixteque 0,31 Km de vías/Km², sin embargo, las condiciones de ambas son completamente diferentes.

En el caso de la microcuenca La Toma, es atravesada por la carretera trasandina (Troncal 007), una de las vías de comunicación más importantes del estado, además de carreteras secundarias que comunican con el centro poblado Cachopo y vías de penetración agrícola que alcanzan más allá de la sección media de la microcuenca. Mientras que Mixteque, está ubicada en la vertiente izquierda del río Chama, comunicada con la carretera trasandina por una carretera secundaria y las vías de penetración agrícola apenas sobrepasan la parte baja. Todo esto permite inferir que las condiciones de accesibilidad son mejores en la microcuenca La Toma, lo que influye en gran medida en el desarrollo de nuevas áreas de expansión agrícola.

Finalmente, otra de las infraestructuras relevantes para el desarrollo agrícola son los centros de acopio, en cuyas instalaciones se reciben los rubros desde las unidades de producción ubicadas en su área de influencia, para su posterior comercialización. Así pues, a finales de la década de los 80, el gobierno nacional impulsó el plan de centros de acopio, mediante el cual se organizó a los pequeños y medianos productores en cooperativas y centros de acopio, integrados a su vez a la Federación Nacional de Centros de Acopio (FENACA), con el objetivo de eliminar a los intermediarios en la comercialización de los productos. En el municipio Rangel, el programa cristalizó en la cooperativa de servicios múltiples “La Paramera” dedicada principalmente a la compra – venta de insumos, y en la creación de un

centro de acopio manejado por la Corporación de Mercadeo Agrícola (CAM) encargada de comprar la papa a los productores y almacenarla en los silos de Pico El Águila. A pesar de esta iniciativa gubernamental por eliminar los intermediarios, los camioneros continuaron monopolizando el comercio de la papa y con el tiempo los proyectos de creación de cooperativas y centros de acopio serían abandonados totalmente en todo el país, debido a su fracaso por múltiples motivos como: la demora en el pago a los campesinos, la deficiente administración de las asociaciones de productores y el mal manejo que se hizo de los centros de acopio (Patiño, 2015).

En este sentido, en la actualidad los centros de acopio con mayor capacidad de almacenamiento fueron pensados para el acopio de papa, donde siguen siendo los catorce silos de Pico El Águila, y el centro de PROINPA. Sin embargo, estos se encuentran fuera de la microcuenca y su funcionamiento esta siempre en entredicho, por lo que particulares han construido pequeños galpones que sirven de almacenamiento para los productos agrícolas por cantidades de tiempo limitadas. De éstos, se han podido contabilizar 6 en la microcuenca La Toma y 1 en Mixteque (Molina *et al.*, 2018).

Con base en las ideas expuestas anteriormente, puede inferirse que de forma general, la microcuenca La Toma cuenta con mejores condiciones de agrosuporte, en cuanto a infraestructura disponible y equipamiento para la actividad productiva se refiere. Pues aunque toda su superficie agrícola no se encuentra bajo regadío, posee múltiples sistemas de riego ya establecidos, la vialidad alcanza la parte media-alta de la microcuenca y la accesibilidad a carreteras principales, así como la presencia de centros de acopio, le otorgan características de mayor especialización, aun cuando Mixteque también es un área agrícola consolidada.

4.3.2 Servicio de Apoyo

De los servicios de apoyo, uno de los primordiales es el acceso a financiamiento, que generalmente, en el país ha estado determinado por las políticas de estado que facilitan o limitan el acceso a créditos, tanto por instituciones y banca pública como por bancos privados. Sin embargo, otra forma de obtener financiamiento es que las casas comerciales de insumos agrícolas proporcionan los insumos a crédito los cuales se pagan con la cosecha. Esta forma de crédito tiene varias modalidades, una es que se cobran intereses mensuales, otra que se trasladan los costos y precios al momento de la cancelación y la última que el productor tiene que vender la cosecha al proveedor del crédito (Contreras *et al.*, 2005).

De esta manera, para el área de estudio, en el año 2009 se reveló que la organización donde los productores consiguieron apoyo en forma de créditos del Fondo de Desarrollo Agrícola Socialista (FONDAS) con un 74% y 67 % de los productores de La Toma y Mixteque, bajo esta modalidad de asistencia financiera. Aunque es importante señalar que también los bancos privados y los proveedores de agro insumos otorgaron créditos complementarios (Smith *et al.*, 2010). Esto contrasta significativamente con un estudio realizado por Smith *et al.* (2007), quienes señalan que, para 2006 solo el 23% de los productores de Mixteque tenían créditos. Este cambio tan importante se debió al trabajo de los Consejos Comunales, los cuales consiguieron créditos agrícolas para sus comunidades, y a las políticas de estado implementadas durante este periodo que facilitaban el acceso a múltiples créditos tanto de la banca pública como privada a bajas tasas de interés.

No obstante, en la actualidad no se disponen de datos que permitan inferir el acceso a financiamiento al que pudiesen aspirar los productores y las condiciones en que éste tendría lugar. Por lo que muchos han recurrido la medianería, o “sembrar a medias”, como una forma de asumir los gastos de los cultivos; está es una prácticas ancestrales muy importante en la agricultura en el páramo venezolano. La forma clásica es que una persona con mucha tierra tiene medianeros que viven en la finca y trabajan la tierra y luego de la cosecha las ganancias son divididas en dos partes. Sin embargo hay muchos más arreglos de medianería que implican diferentes tipos de acuerdos. Los aportes son: tierra, capital y mano de obra y las proporciones en que cada uno de las partes contribuye puede ser muy variable y lo único que es constante es que al final de la cosecha se dividen las ganancias. A veces estos acuerdos se hacen entre pequeños productores y personas con capital que viven en la zona o que provienen de afuera, pero la forma más común son acuerdos entre miembros de una familia y vecinos de una comunidad (Smith y Romero, 2012).

Por otra parte en cuanto a los programas de extensión rural, en el área de estudio se han desarrollado diversos programas, entre los que resalta el Programa de Extensión Agrícola (PREA) desarrollado por la Fundación CIARA durante los años 2004 y 2005, para el cual se dividió al estado Mérida en dos zonas de trabajo la zona alta y la zona baja, desde donde funcionaban 12 Asociaciones Civiles de Extensión, conocidas como ACE's. Las coordinaciones de zona se promovían actividades de capacitación y de intercambio para los técnicos, además se realizaban encuentros entre estas organizaciones municipales, de manera que se permitieran compartir experiencias productivas, de transformación, distribución y de intercambio de productos, de conocimientos, tradiciones y a la vez servía de esparcimiento. En total se realizaron en el estado Mérida cuatro encuentros donde productos de la zona alta eran intercambiados por los de las zona baja (CIARA, 2010)

Sin embargo, Patiño (2015) señala que el programa PREA no encontró recepción dentro de las comunidades del municipio Rangel, al seguir una metodología que no involucraba activamente a los productores y los relegaba a un papel pasivo. Pues el trabajo básicamente se hacía con parcelas demostrativas que los agricultores visitaban para recibir formación por un técnico que les indicaba cómo replicarlas, sin que estos participasen activamente en el proceso de aprendizaje.

De esta manera, otro programa de extensión rural vino de la mano del Proyecto Páramo Andino (PPA), financiado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y llevado a cabo por el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas de la Universidad de los Andes (ICAE). Éste tuvo un enfoque conservacionista, con la finalidad de salvaguardar la diversidad del páramo. Para ello propuso la implementación de un enfoque alternativo, incorporando a las comunidades en el diseño de planes de manejo y conservación, que fueron desarrollados e implementados en una red de sitios piloto a lo largo de los Andes Tropicales (Mixteque, Gavidia y Tuñame).

El proceso de planificación involucró dos estrategias complementarias: a) un análisis multidisciplinario de los cambios en el uso de la tierra y del estado de conservación de la biodiversidad; b) el uso de metodologías participativas para la evaluación de las prioridades y percepciones de las comunidades locales en torno a la conservación del páramo y sus amenazas. El desarrollo participativo de estos planes de sitio constituyó una experiencia pionera dentro de los Parques Nacionales de los Andes de Venezuela y contribuyó a construir una nueva relación de confianza entre las autoridades ambientales y las comunidades del páramo (Llambí, *et al.*, 2009, Kenny y Quintero, 2012 y Smith *et al.*, 2014).

En consecuencia, los productores de la microcuenca Mixteque han recibido en mayor proporción programas de asistencia rural (47%), desde un enfoque conservacionista del ecosistema páramo; cuyos resultados arrojaron, utilizando una metodología participativa para la evaluación de las prioridades y percepciones de las comunidades locales, que los pobladores identifican como problemas fundamentales: a) Falta de organización y participación comunitaria; b) degradación y destrucción de los páramos (producto principalmente por las actividades agrícolas y ganaderas); y c) contaminación ambiental (generada por agroquímicos, aguas residuales y manejo inadecuado de desechos sólidos) (Llambí, *et al.*, 2009). Esto se ha traducido en que los pobladores perciben al páramo como productor de agua, cuyas fuentes o nacientes deben ser conservadas y protegidas.

Por último, en cuanto a los agrocomercios identificados en el área de estudio, estos se encuentran en la microcuenca La Toma (7), donde se ha desarrollado la infraestructura necesaria para su instalación, como grandes locales y galpones, en los que se comercializan semillas, fertilizantes, insecticidas, alimentos concentrados para animales, medicinas veterinarias, entre otros insumos. Esto da lugar a que las áreas rurales con usos no agrícolas tomen relevancia en la zona y se profile como un área de servicios, con potencialidades de expansión.

En síntesis, desde el punto de vista de los servicios de apoyo se evidencia que la microcuenca La Toma se ha consolidado como un área de producción agrícola y de servicios, donde sus productores tuvieron acceso en su momento a financiamiento de diferentes fuentes, lo que les permitió expandir e intensificar las áreas de cultivos, pero también desarrollar comercios que le permitiesen un poco de autonomía al momento de obtener insumos agrícolas. Estos elementos no se replicaron en igual medida en la microcuenca Mixteque, pues al encontrarse en su totalidad dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, los cambios son más restringidos y ha sido tomada como área piloto para proyectos de conservación ambiental, lo que sin duda ha influenciado en el comportamiento de los pobladores.

4.3.3 Participación Social

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas de riego son el elemento fundamental que ha permitido el desarrollo de la agricultura intensiva en el páramo andino, por lo que es natural que los productores se encuentren organizados fundamentalmente en comités de riego, que para el caso de la microcuenca La Toma es del 95% y Mixteque de 98%. Esta pequeña proporción que no se encuentra asociada, corresponde a sistemas de riego privados instalados sobre todo en áreas donde no existe un riego comunitario.

En este sentido, un comité de riego es una organización comunitaria, cuya finalidad es la organización y administración de los sistemas de riego. Esta se encarga de la construcción de los tanques de almacenamiento, la distribución de las tuberías y la organización de los turnos de riego. Partiendo del principio de que los tanques deben ser distribuidos estratégicamente para irrigar la superficie agrícola de la comunidad. Los turnos de riego se reparten equitativamente entre los asociados, pero debido a que el consumo de agua cambia con cada tipo de cultivo (papa, ajo, hortalizas, entre otros) y con el tipo de agricultura (intensiva o con descanso), el consumo total de agua varía entre los productores (Monasterio y Molinillo, 2003).

Por tanto, los comités de riego pueden ser concebidos como la columna vertebral en una zona rural, pues el agua es un elemento indispensable para la agricultura andina y estas son las organizaciones encargadas de distribuirlas. Sin embargo, los cambios en el uso de la tierra, que hacen de la agricultura una actividad cada vez más intensiva, al sembrar rubros como ajo, que consumen gran cantidad de agua y al expandir las áreas de cultivo. Han llevado a la proliferación de nuevos tanques, además de la captación privada de fuentes de agua en contra del uso comunitario.

Todo esto, sumado al cambio climático, que se ha traducido en un aumento de las temperaturas, disminución de la precipitación y el descenso paulatino en los últimos años de los niveles de agua en las lagunas de origen glaciar y los humedales que constituyen las principales fuentes de agua, hicieron que surgieran otro tipo de organizaciones sociales con gran importancia en la toma de decisiones en el área, por lo que muchos de los productores de las microcuencas La Toma y Mixteque también pertenecen a estas:

- **Productores Integrales del Páramo (PROINPA):** es una organización de agricultores que surgió en el Municipio Rangel a finales de la década de los noventa a partir del trabajo de veinticinco familias alrededor del tema de la agroecología. Paulatinamente se fue fortaleciendo hasta posicionarse hoy en día como una de las experiencias más interesantes de los Andes venezolanos en cuanto a procesos organizativos locales desde una perspectiva sustentable, buscando el empoderamiento de las comunidades alrededor de todos los niveles implicados en la actividad agrícola: producción, financiamiento y comercialización.

Fortalecer, desarrollar y mejorar la capacidad productiva de los agricultores desde una óptica ecológica y sustentable, ha sido el campo donde se ha logrado los mayores avances y resultados. El cumplimiento de ese objetivo se ha venido realizando, implementando en la práctica el concepto de unidades de producción diversificadas, en diversas fincas ubicadas en vertiente derecha del río Chama, donde tienen instalados invernaderos, centros de almacenamiento de papa, entre otros.

El rango de acción y gestión de la organización es muy amplio y variado, abarcando distintos aspectos como: la tecnificación, la comercialización, el almacenamiento y producción de semillas, la implementación de técnicas agroecológicas, el asesoramiento jurídico a productores, entre otros. Sin embargo, en medio de tal amplitud en los objetivos de acción, el eje central que trata de articularlos siempre, ha sido el de propender hacia una agricultura más agroecológica. (Patiño, 2015).

- **Asociación de Coordinadores de Ambiente del Municipio Rangel (ACAR):** es una de las organizaciones más significativas y exitosas del Municipio Rangel desde el la perspectiva ambientalista. Surgen en el transcurso de la década de los noventa, autogestionados exclusivamente desde las propias comunidades como una reacción ante las nuevas necesidades ecológicas y sociales que se afrontan. Su eje principal de trabajo ha sido la protección de las nacientes de agua ubicadas en las partes altas y las cuales surten los sistemas de riego y los acueductos. En el cumplimiento de ese objetivo ha logrado crear una red de comisarios de ambiente que, trabajando en el marco de los comités de riego, han movilizado a las comunidades en pro de la conservación ambiental. Su éxito ha sido tal que en el 2010 recibió como reconocimiento a sus acciones un premio por parte de la ONU.

Actualmente la ACAR coordina labores de protección ambiental en alrededor de cuarenta y ocho comités de riego del Municipio Rangel por medio de la figura de los comisarios de ambiente, quienes en cada sector son los encargados de promocionar y dirigir el cuidado de las nacientes de agua e impulsar diversas actividades enfocadas a la protección de la naturaleza, tales como: programas de forestación y reforestación, sesiones de capacitación ambiental dirigidas a los niños y jóvenes en las escuelas, jornadas de limpieza de los cursos de ríos y quebradas, entre otros.

El trabajo de la ACAR se encuentra en primera instancia ligado a los comités de riego, ya que es en el marco de las asambleas de este organismo que se avalan y planifican las actividades a desarrollarse, pero también se trabaja eventualmente en coordinación con distintos organismos, instituciones u otras organizaciones como universidades, consejos comunales, liceos, organizaciones de productores, entre otras, las cuales tienen que ver directa o indirectamente con el cuidado del medio ambiente ((Patiño, 2015).

Los elementos antes señalados, son evidencias de que los productores están cada vez más involucrados en analizar las consideraciones ambientales derivadas de la actividad agrícola intensiva, por lo que la labor que realizan estas organizaciones, así como pequeñas propuestas desde los comités de riego de implementar riego con bajo caudal, regular el tamaño de los aspersores y la promoción micro aspersores, suman elementos para la conservación de las fuentes de agua. No obstante, la agricultura como principal actividad dinamizadora de la economía, demanda de muchos otros elementos, por lo que para favorecer el desarrollo rural sostenible es importante el análisis en conjunto de estos factores.

4.4 Estrategias para promover el Desarrollo Rural Sostenible en las microcuencas La Toma y Mixteque.

El desarrollo rural sostenible busca la integración social y económica de los territorios rurales sobre una base ecológica, que permita garantizar los alimentos y materias primas de la población, sin comprometer la capacidad de reproducción de los ecosistemas, la renovabilidad de los recursos naturales y la calidad del ambiente. Para ello debe considerarse que lo rural va más allá de la agricultura, reconociendo su asociación con actividades urbanas y rurales no agrícolas; y que además es socialmente cohesivo, pues centra sus objetivos en mejorar la calidad de la vida de las comunidades.

Bajo este enfoque a continuación se proponen algunas estrategias que favorezcan la promoción y consolidación del desarrollo rural sostenible en las microcuencas La Toma y Mixteque.

4.4.1 Promoción de sistemas agrícolas sostenibles

La agricultura sostenible es una forma de concebir una actividad sobre la que se ha sustentado desde tiempos inmemoriales el desarrollo de la humanidad. En consecuencia, busca minimizar los efectos negativos que las prácticas agrícolas tradicionales tienen sobre los ecosistemas; forzando a replantear el desarrollo de las actividades productivas de manera tal que, permita garantizar la producción primaria y la seguridad alimentaria para las generaciones futuras, a la vez que generar una mejor calidad de vida para las poblaciones rurales, para ello deberá ser altamente productiva pero manteniendo los equilibrios indispensables con el medio ambiente.

Siendo así, es importante promover cambios en los sistemas agrícolas presentes en las microcuencas La Toma y Mixteque, pues aunque existe diversificación de rubros (zanahoria, brócoli, coliflor, fresa, cebollín, trigo, entre otros), gran parte de la superficie sembrada se dedica a los cultivos de papa y ajo, por lo que se utilizan grandes cantidades de fertilizantes tanto mineral como orgánico. En general, el fertilizante químico es un insumo casi indispensable que es usado en cerca de 90% del área cultivada; mientras que el fertilizante orgánico más común es el gallinazo (estiércol de pollo sin tratamiento proveniente de los complejos agroindustriales de los Llanos), seguido por la mezcla de gallinazo y pargaña (concha de arroz), y en casos muy puntuales, el uso del humus de lombriz. De igual forma, para el manejo de plagas emplean pesticidas químicos, muchos altamente tóxicos, lo que es preocupante, pues las quebradas, nacientes y humedales están bordeados por parcelas agrícolas en las que se desarrolla este tipo de prácticas (Smith *et al.*, 2014).

Por tanto, es fundamental mantener o aumentar la productividad de los sistemas agrícolas, pero disminuyendo el uso de estas prácticas con gran impacto ambiental y económico, pues la aplicación de fertilizantes y plaguicidas es costosa. De esta manera, se propone la aplicación de técnicas agroecológicas, que impliquen la reducción de insumos energéticos, optimización del uso del agua de riego, actualización de las tecnologías culturales de bajo impacto ambiental, y el aumento de la competitividad en las cadenas agroproductivas.

Desde esta perspectiva, entre las prácticas que se promueven para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles se encuentra: la reducción de productos agroquímicos, el uso de abonos orgánicos, la adopción de métodos de control biológico, las prácticas de labranza mínima y siembra directa, diversificación y/o rotación de cultivos, implementación de sistemas de riego localizado, introducción de sistemas de agroforestería o silvopastoriles, la siembra en contorno o en curvas de nivel, el uso de barreras vivas o muertas, la densificación de los cultivos, el empleo de coberturas complementarias, tratamientos de residuos y efluentes, y el aprovechamiento de productos y subproducto. Todos estos elementos permiten hacer un uso eficiente de los recursos aguas y tierras, al mismo tiempo que maximizan la productividad y reducen la inversión a largo plazo.

4.4.2 Fortalecimiento de actividades económicas complementarias que generen ingresos alternativos a los pobladores locales.

La concepción de desarrollo rural sostenible, reconoce explícitamente que lo rural es más que agricultura y población dispersa, que las conexiones urbano-rurales son amplificadoras de las geoeconomías locales y regionales, y que el territorio es un capital territorial, pues no solamente representa recursos físicos, biológicos e infraestructura, sino también los recursos humanos, el patrimonio cultural, las instituciones y administraciones locales y regionales (Rojas López, 2008).

En este sentido, las microcuencas La Toma y Mixteque, por su cercanía al centro poblado de Mucuchíes, que se ha perfilado en los últimos años como un dinámico centro de comercio y servicios agrícolas, permite a sus habitantes el acceso a oportunidades de educación, incluso de nivel universitario y técnico, a servicios hospitalarios y a un mercado laboral diversificado, entre los que se incluye el comercio, la prestación de servicios, la construcción y el transporte. Esto ha llevado a que las familias dispongan de fuentes alternativas de ingresos; que si bien, pudiesen ser reducidos en comparación con los que se pueden obtener con la actividad agrícola, son complementarios y permiten que se vayan desarrollando externalidades y áreas rural-urbanas a medida que el uso de la tierra está

cambiando, especialmente en la parte baja, donde las superficies construidas y el crecimiento poblacional es cada vez mayor. Sin embargo, con la finalidad de garantizar la seguridad agroalimentaria de sus habitantes, es importante que se implementen paralelamente huertas familiares agroecológicas.

Asimismo, el desarrollo agrícola puede permitir, bajo planes de desarrollo y con el acompañamiento técnico y el financiamiento de instituciones públicas y privadas, la creación de pequeñas agroindustrias que permitan generar valor agregado a los productos, maximizando las ganancias y generando nuevas fuentes de empleo. Tomando como premisa, que el crecimiento económico debe ir acompañado de inversión social y garantizar el cuidado y conservación del ambiente y los recursos naturales.

Además, el páramo merideño ofrece multiplicidad de ecosistemas con alto valor paisajístico, y escarpadas montañas que son propicias para la ejecución de deportes extremos, estos se encuentran en zonas bajo la figura de Parques Nacionales, lo que muchas veces implica que ya están constituidos como usos factibles. De esta manera, son elementos que de alguna forma ya están siendo aprovechados y existe una infraestructura turística consolidada; sin embargo, pueden maximizar su impacto económico, si se consideran como servicios ambientales, tanto para la recreación escénica, como la producción de agua y el desarrollo de una industria turística y de servicios, que involucre una visión integrada donde se tome de forma holística la cultura, artesanía y conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Lo que pudiese ser una alternativa sólida que en el futuro represente un mayor porcentaje en el crecimiento económico de la región.

4.4.3 Fortalecimiento de la organización comunitaria para una participación efectiva de los actores locales.

La zona del páramo merideño, especialmente el municipio Rangel, es un caso excepcional a nivel nacional por la larga tradición de organización social, que se remonta a los años setenta. Esta organización ha estado especialmente asociada a la producción agrícola (comités de riego y cooperativas de comercialización) y más recientemente a la conservación mediante prácticas alternativas y la diversificación, con organizaciones como PROINPA y ACAR.

En este sentido, los pobladores de las microcuencas La Toma y Mixteque, reconocen la importancia del capital social para lograr cambios que se han desarrollado en las comunidades durante el periodo (1985-2021), pues gran parte del financiamiento y de la infraestructura para el riego, ha sido conseguida por la gestión de organizaciones comunitarias como Consejos Comunales y comités de riego. Esto ha representado una

ventaja importante para la implementación de proyectos de conservación y manejo sustentable, como la recuperación y conservación de humedales altiandinos desarrollados por ACAR, ya que contribuye a un proceso de convocatoria y trabajo eficiente; además de sentar un precedente y desarrollar capacidades de organización, para la formulación de propuestas desde las comunidades que combinan objetivos económicos, sociales y ambientales.

Sin embargo, el diseño de estrategias de desarrollo rural sostenible implica necesariamente la incorporación de la dimensión humana, y más concretamente de la mujer, como parte integral de esas estrategias, conjuntamente con los factores ambientales, económicos y sociales. En consecuencia, teniendo como objetivo dar respuesta a la demanda de igualdad de condiciones dentro del marco de un desarrollo rural sostenible es necesario poner en marcha acciones que contribuyan a fortalecer la presencia de la mujer en todos los ámbitos de la vida rural, ya sea para detectar sus necesidades, tomar decisiones y gestionar y evaluar las estrategias de desarrollo, lo que implica potenciar sus capacidades y garantizar la equidad en el acceso a los recursos y beneficios del desarrollo rural, corrigiendo las desigualdades con las que se enfrentan las mujeres en su inserción a la dinámica económica (Zambrano *et al.*, 2015).

Finalmente, aun cuando las comunidades de la Toma y Mixteque cuenten con un alto nivel organizativo, es importante de igual forma, involucrar diversas organizaciones e instituciones, especialmente para temas relacionados con asesoría técnica, la implementación de nuevas tecnologías, programas ambientales y el financiamiento de proyectos de iniciativa comunitaria. Para ello, es importante construir relaciones horizontales que se basen en la comunicación y el empoderamiento de los actores locales para lograr una cogestión efectiva, donde sean las comunidades quienes transforman y construyan su propia realidad.

4.4.4 Disminución y mitigación de los impactos ambientales

Los páramos andinos son ecosistemas cada vez más reconocidos como ecosistemas cuya conservación es altamente prioritaria en virtud de la notable biodiversidad y endemismo de su biota y su importancia como fuentes y reguladores del agua, aspecto clave para las poblaciones rurales y para la producción de rubros como las papas y hortalizas que encuentran en los altos valles andinos un nicho climático único (Monasterio y Molinillo 2003).

Sin embargo, las prácticas agrícolas desarrolladas en las últimas décadas por los agricultores de las microcuencas La Toma y Mixteque, que incluyen el uso intensivo de

fertilizantes y biosidas, la disposición inadecuada de los desechos sólidos tanto residenciales como de productos químicos y la inexistencia de sistemas de tratamiento de aguas negras, las cuales son arrojadas directamente las quebradas son una de las principales fuentes de contaminación de los páramos. Todo ello genera impactos negativos importantes en los recursos agua y suelo, que se manifiestan a través de la contaminación de los cursos de agua y la degradación de los humedales, además de la erosión del suelo y la pérdida de fertilidad, que es subsanada con la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes, lo que se traduce en un ciclo degenerativo.

Así pues, aunque las teorías económicas tradicionales señalan que la degradación de los recursos naturales es parte de los costos que la sociedad debe asumir por el esfuerzo que se realiza en la producción de bienes y servicios, y los beneficios sociales que de ella derivan como el empleo agrícola, la comercialización, los rendimientos físicos y el crédito agrario. Lo cierto es que, los ecosistemas también producen servicios entre los que destacan: conservación de la biodiversidad y paisajes únicos, acumulación de carbono y nutrientes del suelo y producción y regulación de agua, esto último de importancia crítica para abastecimiento de agua para el consumo humano y el sostenimiento de sistemas de riego de la agricultura intensiva.

En este sentido, el mantenimiento del equilibrio ambiental y la preservación de los recursos naturales, son elementos constitutivos centrales en la propuesta de desarrollo rural sostenible, que deben ser entendidos como la ejecución de prácticas conservacionistas de suelos y aguas con el propósito de rescatar zonas degradadas, pero también con la implementación de prácticas agrícolas ecológicas que disminuyan sus efectos negativos, la formación para el manejo integral de residuos sólidos en las comunidades y el establecimiento de plantas de tratamientos para aguas residuales. Partiendo del principio que estos elementos deben ir acompañados de jornadas de formación y educación ambiental con la que los pobladores se sientan identificados y tomen sentido de pertenencia para proteger el ambiente en el que se desenvuelven.

En consecuencia la conservación del ambiente va de la mano con la búsqueda de sistemas agrícolas sostenibles, donde el aporte científico y tecnológico puede generar mejores balances entre ecología y agricultura. Sin embargo, una de las limitaciones de la implementación de este tipo de prácticas se relaciona con los altos costos iniciales de su puesta en marcha, pero esto podría minimizarse con financiamiento tanto del estado como de organismos internacionales y ONG, que están abocados en la mitigación de los impactos ambientales y la seguridad alimentaria como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Programa de Naciones Unidas para el Medio

Ambiente (PNUMA), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y su Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) que ha estado financiando proyectos en Venezuela.

De esta manera, la promoción del desarrollo rural sostenible, conjuga la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente con crecimiento económico y el bienestar social; por lo que las políticas públicas deben garantizar el uso sostenible de los espacios rurales frente a las múltiples demandas actuales y futuras, asegurando un margen razonable de seguridad alimentaria, promoviendo la calidad de vida en el entorno rural y fortaleciendo el papel que desenvuelven los Parques Nacionales Sierra Nevada y Sierra de la Culata. Esto último, con la finalidad de que los ecosistemas puedan cumplir con sus funciones ecológicas, turísticas y culturales, que al ser conceptualizadas como servicios ambientales pueden transformarse en opciones complementarias del desarrollo rural, pues la producción de agua y las distintas formas de turismo en montañas son iniciativas económicas que tenderán a consolidarse en el futuro.

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La actividad agraria en las microcuencas La Toma y Mixteque fue caracterizada a partir de la dinámica de cambios en la cobertura de la tierra durante el periodo 1985-2021, donde se evidenció un aumento sostenido de las áreas agrícolas y artificializadas, en detrimento de la vegetación natural. Para explicar este comportamiento, se procedió a realizar un análisis de las condiciones de agrosoposte existentes, considerando la infraestructura y equipamiento para la actividad productiva, los servicios de apoyo y la participación social. Finalmente, con base en estos elementos se propusieron algunas estrategias que permitiesen promover el desarrollo rural sostenible en sus comunidades. Por tanto, una vez desarrollados los aspectos metodológicos y analizados los resultados se concluye que:

- En la microcuenca La Toma, para el año 1985, la cobertura de la tierra se distribuyó de la siguiente forma: vegetación de páramo (51,7%), afloramientos rocosos (32,4%), vegetación herbácea y/o arbustiva (11,1%), áreas agrícolas (3,8%), áreas artificializadas (0,6%) y cuerpos de agua (0,4%). Espacialmente, en la parte baja y en las zonas de poca pendiente se localizaron las actividades antropogénicas que tienen su expresión en las áreas agrícola y artificializada. Mientras en la parte media y alta, así como aquellas zonas de pendiente fuerte, se ubican las coberturas naturales, fundamentalmente vegetación de paramo, afloramiento rocoso, cuerpos de agua y vegetación herbácea y/o arbustiva. Sin embargo, para el año 2021, se presentaron algunas variaciones: vegetación de páramo (45,4 %), afloramiento rocoso (32,4%), vegetación herbácea y/o arbustiva (10,8%), áreas agrícolas (9,6%) y áreas artificializadas (1,5%) y cuerpos de agua (0,4%). Esto permite inferir que, las áreas artificializadas aumentaron 48.49% y las agrícolas 320.41%, mientras la vegetación herbácea y/o arbustiva disminuyeron 13.56% y la vegetación de paramo 355.34%.
- En la microcuenca Mixteque, para el año 1985, la cobertura de la tierra se distribuyó de la siguiente forma: vegetación de páramo (72,5%), afloramientos rocosos (0,4%), vegetación herbácea y/o arbustiva (16,5%), áreas agrícolas (6,8%), áreas artificializadas (1,5%) y cuerpos de agua (2,9%). Espacialmente, en la parte baja y en las zonas de poca pendiente se localizaron las actividades antropogénicas que tienen su expresión en las áreas agrícola y artificializada. Mientras en la parte media y alta, así como aquellas zonas de pendiente fuerte, se ubican las coberturas naturales, fundamentalmente vegetación de paramo, afloramiento rocoso, cuerpos de agua y

vegetación herbácea y/o arbustiva. Sin embargo, para el año 2021, se presentaron algunas variaciones: vegetación de páramo (69,8 %), afloramientos rocosos (0,4%) vegetación herbácea y/o arbustiva (16,2%), áreas agrícolas (9,3%) y áreas artificializadas (1,5%) y cuerpos de agua (2,9%). Esto permite inferir que, las áreas artificializadas aumentaron 4,55% y las agrícolas 167,3%, mientras la vegetación herbácea y/o arbustiva disminuyeron 2,54% y la vegetación de paramo 20,92%.

- Las áreas donde se evidenciaron los mayores cambios en las coberturas de la tierra, reflejando variaciones en el uso, están en ubicados en mayor proporción en la sección baja y media de las microcuencas, donde se encuentran emplazados los centros poblados de La Toma y Mixteque, abarcando también el fondo de valle por donde discurren las quebradas principales. Estos son producto de la expansión de la frontera agrícola y el desarrollo residencial, que se ha dado como consecuencia del crecimiento natural de la población, que ha derivado en presión por el desarrollo de infraestructura de vivienda y de elementos que permitan dinamizar la actividad económica, que sin duda en esta zona es la agricultura y en las décadas más recientes y en menor medida el turismo. Todos estos cambios se ven reflejados en el paisaje, pero son el resultado de la interrelación de factores económicos, sociales, políticos y físicos naturales, donde el desafío es mantener su sostenibilidad para garantizar el desarrollo de la población rural. No obstante, aunque espacialmente la distribución de los cambios es similar para ambas microcuencas, la magnitud de los mismos es diferente, siendo estos más acusantes en microcuenca La Toma comparado con las variaciones relativamente pequeñas que se observan en la microcuenca Mixteque.
- Las variaciones en la magnitud de los cambios entre las microcuencas La Toma y Mixteque puede deberse a la interrelación de diversos factores, uno de ellos es la presencia de las figuras de ABRAE, que en el caso de la microcuenca Mixteque, toda su superficie se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, y aun cuando existen algunos frentes de expansión agrícola puntuales en de las zonas de mayor protección, en la mayoría de las áreas zonificadas como primitiva silvestre la agricultura ha permanecido muy por debajo de esta cota. Caso contrario ocurre en la microcuenca La Toma, donde solo la parte alta de la cuenca se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra de la Culata, lo que ha permitido que las zonas de cultivos se desarrollen en la parte y media.
- En cuanto a las condiciones de agrosoprote, relacionadas con la infraestructura disponible y equipamiento para la actividad agrícola, ambas microcuencas, La Toma y Mixteque, cuentan con sistemas de riego consolidados que hacen posible el desarrollo

de cultivos durante todo el año. Sin embargo, la vialidad y accesibilidad a carreteras principales es mayor en la microcuenca La Toma, al igual que el número de centros de acopio, lo que le otorgan características de mayor especialización, con respecto a la microcuenca Mixteque, donde la longitud vial es menor, y solo cuenta con un centro de acopio.

- Desde la perspectiva de los servicios de apoyo, la microcuenca La Toma se ha consolidado como un área de producción agrícola y de servicios, donde sus productores tuvieron acceso en su momento a financiamiento de diferentes fuentes, lo que les permitió expandir e intensificar las áreas de cultivos, pero también desarrollar comercios que les proporcionasen autonomía al momento de obtener insumos agrícolas. Estos elementos no se replicaron en igual medida en la microcuenca Mixteque, pues al encontrarse en su totalidad dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, los cambios fueron más restringidos, además ha sido tomada como área piloto para proyectos de conservación ambiental, lo que sin duda ha influenciado en el comportamiento de los pobladores, pues han tenido mayor acceso a programas de extensión rural.
- Con respecto a la participación social, el municipio Rangel ha sido líder en la organización comunitaria, por lo que en las microcuencas La Toma y Mixteque, los comités de riego representan un elemento fundamental en el desarrollo de la agricultura y son el eje central de la participación social. No obstante, también se han desarrollado diferentes asociaciones de productores que juegan un papel importante en la consecución de financiamiento, transferencia tecnológica y la toma de decisiones en las comunidades, impulsando iniciativas de cuidado y conservación del ambiente y agricultura ecológica, destacando Productores Integrales del Páramo (PROINPA) y la Asociación de Coordinadores de Ambiente del Municipio Rangel (ACAR), además de los Consejos Comunales.
- Con base en los elementos antes señalados y con el fin de promover el desarrollo rural sostenible en las microcuencas La Toma y Mixteque se propusieron estrategias enmarcadas en diferentes líneas de acción, la primera es la promoción de sistemas agrícolas sostenibles, cuyo objetivo es lograr una agricultura con el menor impacto ambiental, sin que disminuya la productividad, para ello se identificaron algunas medidas como la reducción en el uso de productos agroquímicos, la utilización de abonos orgánicos, la adopción de métodos de control biológico, las prácticas de labranza mínima y siembra directa, diversificación y/o rotación de cultivos, implementación de sistemas de riego localizado, la siembra en contorno, el uso de

barreras vivas o muertas, la densificación de los cultivos, el empleo de coberturas complementarias, tratamientos de residuos y efluentes, y el aprovechamiento de productos y subproducto, entre otros.

- Otra línea de acción es el fortalecimiento de actividades económicas complementarias que generen ingresos alternativos a los pobladores locales, para ello se identificaron algunas opciones alternativas, en primera instancia relacionadas con actividades en los centros urbanos como el comercio, la prestación de servicios, la construcción y el transporte; además de la posibilidad de implementación de pequeñas agroindustrias que generen valor agregado a los productos; y la consideración de las ventajas que ofrecen los ecosistemas, pues al cumplir con sus funciones ecológicas, turísticas y culturales, éstas pueden ser conceptualizadas como servicios ambientales, que tienen la potencialidad de transformarse en opciones complementarias de crecimiento económico en el desarrollo rural.
- En cuanto a la línea de acción de fortalecimiento de la organización comunitaria para una participación efectiva de los actores locales, como se ha mencionado, las comunidades de las microcuencas La Toma y Mixteque tienen una capacidad organizativa muy bien desarrollada. Sin embargo, es importante crear estrategias que permitan la inclusión de la mujer en todos los ámbitos de la vida rural, lo que implica potenciar sus capacidades y garantizar su acceso a los recursos y beneficios del desarrollo rural, corrigiendo las desigualdades con las que se enfrentan en su inserción a la dinámica económica, generalmente dominada por hombres.
- Finalmente, se encuentra la línea de acción que promueve la disminución de los impactos ambientales y la conservación de ecosistemas tan importantes como los páramos andinos, pues son el albergue de una biodiversidad importante, que en su mayoría es endémica, y además son fuentes y reguladores del agua, aspecto clave para las diversas comunidades, ya que su base económica depende de la agricultura bajo riego. Por esto las jornadas de formación y educación ambiental con la que los pobladores se sientan identificados y tomen sentido de pertenencia para proteger el ambiente en el que se desenvuelven, son fundamentales para alcanzar el desarrollo rural sostenible.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Aldana, A. y Barrios, I. 1982. *Esquema de ordenación espacial del área de Mucubají como subunidad del Parque Nacional Sierra Nevada*. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Los Andes. Escuela de Geografía. Mérida - Venezuela. 109 p.
- Aldana, A y Flores, E.2000. *Diagramación de mapas temáticos*. Geoenseñanza. 5 (1). 95-122.
- Andressen, R. 2007. Circulación atmosférica y tipos de clima. En: Tomo 2. GeoVenezuela. Medio Físico y Recursos Ambientales. Fundación Empresas Polar. Caracas-Venezuela.
- Aparicio, S., Gehlen, I., Romero, J. y Vitelli, R 2019. *Desarrollo Rural y Cuestión Agraria*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Teseo. 234 p
- Arias, A. y Barragán, M. 2020. *Análisis de la expansión de la frontera agrícola y propuesta de solución a eventuales conflictos en la localidad de Sumapaz*. Especialización en Gerencia de Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá-Colombia. 88 p.
- Ariza, A. 2013. *Descripción y Corrección de Productos LANDSAT 8 LDCM (LANDSAT Data Continuity Mission)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica-CIAF. Versión 1.0. Bogotá-Colombia.
- Ataroff, M. y Sarmiento, L. 2004. *Las Unidades Ecológicas de Venezuela*. En: La Marca, E. y Soriano, P (eds.). *Reptiles de los Andes de Venezuela*. Fundación Polar, Conservación Internacional, CODEPRE-ULA, Fundacite Mérida, BIOGEOS. Mérida-Venezuela.
- Camacho, M. y Melo, L. 2005. *Interpretación Visual de Imágenes de Sensores Remotos y su Aplicación en Levantamientos de Cobertura y Uso de la Tierra*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica CIAF. Bogotá-Colombia.
- Canada Centre for Remote Sensing (CCRS). 2014. *Fundamentals of Remote Sensing*. [Documento en línea] Consultado el 30 de marzo de 2021 en: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>.
- Castillo, J. 1965. *Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo*. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.

Ceña, E. 1994. *Planteamientos económicos del desarrollo rural*. Revista de Estudios Agrosociales N° 69 pp 11-52.

Chacón, E; Josee, C; Cuesta, F; Navarro, G; Barrena, V; Cabrera, E; Ferreira, W; Peralvo, M; Saito, J. y Tovar, A. 2009. *Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Secretaria General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, Nature Serve, LTA-UNALM, IAvH, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.

Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones RIALP, S.A. Madrid - España. 453 p.

Chuvieco, E. 2006. *Teledetección Ambiental: La Observación de la Tierra desde el espacio*. 2da edición Ariel Ciencia. Barcelona – España.

CIARA. 2010. *Red de Intercambio y Consumo Socialista*. [Documento en línea]. Consultado el 30 de marzo de 2021 en: <http://ciaramerida.blogspot.com/2010/10/>

Comins, S. J et al. 2002. *Población y poblamiento rural en España: un primer análisis a la luz del censo 2001*. Universidad de Alcalá. Madrid-España.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. 2000. *Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela* N° 5.453, 24 de marzo del 2000.

Contreras, I., Molina, O. y González, B. 2005. *Negociación de los Pesticidas utilizados para el control de plagas y enfermedades- Rubro Papa. Municipio Rangel - Estado Mérida*. Visión Gerencial 4 (2), 99-116.

Contreras, J. y Torres. R. 2012. *Diagnóstico Físico-Geográfico con fines conservacionistas de la microcuenca La Toma. Municipio Rangel, estado Mérida*. Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado.

CORPOANDES. 2007. Dossier del Municipio Rangel. Directorio de la Corporación de los Andes

Decreto con rango, valor y fuerza de Ley de Salud Agrícola integral (2008). Gaceta Oficial N° 5.890 extraordinario de 2 de agosto de 2008.

Decreto N° 398. 1952. *Decreto de creación del Parque Nacional Sierra Nevada*. Gaceta Oficial N° 23.821 de 2 de mayo de 1952.

Decreto N° 631. 1990. Decreto de creación del Área de Protección de Obras Publicas del Observatorio Nacional Llano del Hato. Gaceta Oficial N° 4.148 extraordinario de 25 de enero de 1990.

Decreto N°. 640. 1989. *Decreto de creación del Parque Nacional sierra de La Culata*. Gaceta Oficial N°. 34.439 del 29 de marzo de 1990.

Decreto N°. 670. 1995. *Plan de Ordenamiento y Reglamento de uso del Parque Nacional Sierra de La Culata*. Gaceta Oficial N°. 4.907 del 10 de mayo de 1995.

Decreto N° 777. 1985. *Decreto de ampliación del Parque Nacional Sierra Nevada*. Gaceta Oficial N° 33.288 de 19 de agosto de 1985.

Decreto N° 1658. 1991. *Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Observatorio Nacional Llano del Hato*, Gaceta Oficial N° 3.868 de 05 de junio de 1991.

Decreto N°. 2335. 1992. *Plan de Ordenamiento y Reglamento de uso del Parque Nacional Sierra Nevada*. Gaceta Oficial N° 4548 (Extraordinaria) de 26 de marzo de 1993.

Delgado, F. 2017. Propuesta metodológica para evaluar la Vocación de Uso y su aplicación en el cálculo del impuesto a la infrautilización.

Di Gregorio, A y Jansen, L. 1998. *Land Cover Classification System: classification concepts and user manual*. Food and Agriculture Organization (FAO). Roma-Italia.

Duque, Y. 2015. *Dinámica del Conocimiento Agrobotánico Local en Mixteque, Municipio Rangel del Estado Mérida, Venezuela*. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 106 p.

Elizalde, G. Viloria, J. y Rosales, A. 2007. *Geografía de suelos de Venezuela. Colección GeoVenezuela, Tomo II*. Capítulo 15. Pp. 402 – 537. Fundación Polar. Caracas – Venezuela.

Falcón, O. 2014. *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F-México. 111p.

Ferrer, C., Amaya, C. y Puig, A. 1991. *Una visión geográfica del trayecto Mérida - Laguna de Mucubají. Estado Mérida*. Revista geográfica venezolana. Instituto de geografía y conservación de recursos naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Volumen 32. Mérida – Venezuela. 117 - 148 p.

Flores, C. y Manzanilla, G. 1999. *Análisis de la problemática originada por las crecidas del río Chama en la parte alta de la cuenca*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela. 135 p.

Fernández, F.2000. *Introducción a la fotointerpretación*. Primera edición, Editorial Ariel, S.A. Barcelona, España.

Forero, M. 1981. *Levantamiento de cobertura terrestre y uso de la tierra*. Centro Interamericano de fotointerpretación (CIAF). Bogotá – Colombia [Documento en línea] Consultado el 30 de marzo de 2021 en: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/RinconLiterario/2011/mayo/O_184.pdf.

Gómez Orea, D. 2002. *Ordenación Territorial*. Ediciones Mundiprensa. Editorial Agrícola Española SÆ. Madrid-España.

González, F. 2005. *El enfoque LEADER en una nueva política de Desarrollo rural de la. Informe socio económico de la Agricultura Familiar de España*. Fundación Estudios rurales. Madrid-España.

Grimaldi G. 1989. *Aspectos institucionales y legales de la conservación de cuencas hidrográficas en Venezuela*. Revista Economía 4, 55-73.

Gutiérrez, J. y Morales, O. 2017. Determinación y análisis de las transformaciones espaciales de la cobertura de la tierra para Venezuela, período 1988 – 2010. Validación: microcuenca de la quebrada La Toma, período 1988 – 2015. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 240 p.

IICA. 1999. *El desarrollo rural sostenible en el marco de una nueva lectura de la ruralidad*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Turrialba- Costa Rica.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2010. *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2005. *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra*. Bogotá-Colombia.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011. Aspectos técnicos de las imágenes LANDSAT. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Ciudad de México, México. [Documento en línea] Consultado el 30 de marzo de 2021 en: <http://www.inegi.org.mx>.

Jansma, DJ *et al.* 1981. *Rural development A review of conceptual and empiric studies*. Ed. Martin Economics of Welfare, rural development and natural resources in agriculture, 1940's to 1970's. University of Minnesota Press. Minneapolis.

Kenny, C. y Quintero, M. 2012. *Informe de Evaluación Final del "Conservación de la Biodiversidad del Páramo en los Andes del Norte y Centrales ("Proyecto Páramo Andino")"* GFL-2328-2714-4900 (ID 1918). Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Ley de Tierras y Desarrollo Agrario. 2010. *Gaceta Oficial* N° 5.991 Extraordinario del 29 de julio de 2010.

Llambí, L., Smith, J. y Silva, B. 2009. *Uso de la tierra y conservación de la diversidad en el páramo venezolano: diseño participativo de planes locales de manejo en áreas protegidas*. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Mérida-Venezuela.

López, J. 2002. *Guías de clases sobre Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Los Andes. Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos. Mérida – Venezuela.

Maiguashca, J. 2014. *Generación de metodología para proyectar el incremento de la frontera agrícola en el Cantón Mejía, usando SIG y Teledetección*. Colegio de Posgrado en Sistemas de Información Geográfica. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 162 p.

Martínez, L. 2006. *El espacio rural venezolano*. AGRÁRIA, São Paulo-Brasil, 4 pp. 69-97,

Mejía, J., Páez, G. y Boada, J. 2008. *Prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, estado Mérida-Venezuela*. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 49(2) 2008, 247-265.

Méndez, E. 2006. *Geografía Actual: Espacio geográfico, territorio y campos de acción*. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Mérida-Venezuela.

Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras. 2007. *VII Censo Agrícola Nacional*.

Molina, L., Angélie, A., Maire, E. y Parr, M. 2018. *Frentes pioneros agrícolas en altas montañas andinas y sustentabilidad agroambiental: problemas y lecciones en el caso de Mucuchíes y su entorno, Mérida, Venezuela*. Gestión ambiental del medio rural.

Molina R. y Vergara J. 1997. *Estimación preliminar de la disponibilidad y demandas de agua en la cuenca alta del río Chama, municipio Rangel*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela. 134 p.

Monasterio, M. 1985. *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, pp. 170-198.

Monasterio, M. y Molinillo, M. 2003. *La integración del Desarrollo agrícola y la conservación de áreas frágiles en los páramos de la Cordillera de Mérida, Venezuela*. Congreso Mundial de páramos, Tomo II. Paipa, 2002. 734-749 pp.

Moreno, M. 2017. *Evaluación de la oferta y demanda de agua superficial en las subcuencas Sai-Aai, Michurao, El Royal y Misteque. Municipio Rangel del estado Mérida - Venezuela*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 174 p.

Murillo, Y. y Montilla, M. 2009. *Cambios de la cobertura de la tierra, sector noreste Parque Nacional Sierra Nevada, período 1952 - 2008*. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela. 216 p.

Naranjo, M. 2002. *Valoración económica del agua de cuencas altas aplicando el método DELPHI. Estudio de caso: Cuenca Alta del río Chama, estado Mérida, Venezuela*. Tesis Magister Scientiae en Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente, CIDIAT, Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.

Olaya, V. 2010. *Sistemas de Información Geográfica*. Versión 1.0.

Páez, G y Boada, J. 2006. *Prioridades de Conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, municipio Rangel-Edo Mérida*. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes Mérida-Venezuela.

Patiño, J. 2015. *Movimientos ambientalistas en Mucuchíes, municipio Rangel del estado Mérida – Venezuela (1991 – 1999)*. Trabajo Especial de Grado. Maestría en Estudios Sociales y Culturales de los Andes. Facultad de Humanidades y. Educación. Universidad de Los Andes Mérida-Venezuela.

Pérez, D. 2007. *Introducción a los sensores remotos - Aplicaciones en geología*. Laboratorio de tectónica andina. UBA. [Documento en línea]. Consultado el 30 de marzo de 2021 en: http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf

Rangel, M.; Hoeger. T.; Andara, Á. y Maninat, M. 2012. *Elementos petrogenéticos de la granodiorita de El Carmen. Sector Capilla del Carmen y Cacute*, Noreste de la ciudad de Mérida, estado Mérida, Venezuela. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 35, N°1, 28-39.

Rojas López, J. 2008. *Venezuela. Cambios productivos y desafíos territoriales desde la geodiversidad de la agricultura*. En: P. CUNILL (Editores). GeoVenezuela, T3, 302-381. Caracas: Fundación Empresas Polar.

Rodríguez, M., Acevedo, D., Buytaert, W., Ablan, M. y De Bievre, B. 2014. *El páramo andino como productor y regulador del recurso agua. El caso de la microcuenca alta de la Quebrada Mixteque, Sierra Nevada de Mérida, Venezuela*. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, (Editores). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN. 246-265.

Sarmiento, L., y Smith, J. 2011. *Estado actual de las laderas degradadas por el cultivo de trigo en los Andes venezolanos y factores que limitan su restauración*. En: Herrera, F., Herrera, I. (Editores): La restauración ecológica en Venezuela: fundamentos y experiencias. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. 17-34.

Schubert, C. y Vivas, L. 1993. *El Cuaternario de la Cordillera de Mérida, Andes Venezolanos*. Universidad de los Andes. Fundación Polar. Mérida-Venezuela.

Sepulveda, S., Echeverri, R. y Rodriguez, A. 2003. *Desarrollo Rural Proyecto País: políticas públicas, institucionalidad e inversiones*. Ponencia presentada en el I Foro Nacional Políticas de Estado para el Desarrollo Rural. Latacunga, Ecuador.

Silva, G. 2010. *Tipos y subtipos climáticos de Venezuela*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de titular.

Smith J., Cartaya V., Llambí L.D. y Toro J., 2014. *Análisis participativo del uso de la tierra y la calidad de vida en dos páramos de Venezuela: importancia para el diseño de estrategias de conservación*. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, (Editores). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN. 400 -420.

Smith, J., Cartaya, V., Llambí, L.D., Merz, G. y Toro, J. 2010. *Uso de la tierra y calidad de vida en el páramo de Mixteque: un diagnóstico participativo*. Proyecto Páramo Andino - Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Universidad de los Andes, Mérida.

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*. Mérida, Venezuela: ICAE, ULA. Mimeografía.

Smith, J., Sarmiento, L. y Acevedo, D. 2007. *Mapeo de mapeo de fincas y recolección de información agrícola a través de investigación participativa*. Informe Final. Fundacite, Mérida, Venezuela. 110 p.

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 satélites LANDSAT TM*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 180 p.

Valcarcel- Resalts, G. 1992. Balance y perspectivas del desarrollo local en España. En Canto, C. (Editor). *Desarrollo Rural. Ejemplos Europeos*. IRYDA, Ministerio de Agricultura y Pesca; Madrid-España.

Velázquez N. 2004. *Modernización agrícola en Venezuela*. Los valles altos andinos 1930-1999. Caracas: Fundación Polar.

Vink, A. 1975. *Land Use advancement in agriculture*. Springer, Verlag. Berlin Heidelberg. New York. Advanced Series Agricultural Sciences.

Vivas, L. 1992. *Los Andes Venezolanos*. Caracas: Academia Nacional de la Historia. Venezuela.

Wagner, E. 1979. *Arqueología de los Andes venezolanos*. Salgado-Labouriau, ed. El Medio Ambiente Páramo. Caracas: IVIC, 207-218.

Zambrano F., Trujillo Erika. Y Solórzano, C. 2015. *Desarrollo Rural Sostenible: una necesidad para la seguridad agroalimentaria en Venezuela*. Revista de investigación en administración e ingeniería. Vol.3, Núm. 1. (2015), Universidad de Santander, UDES Cúcuta.