

Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas

Postgrado en Ecología Tropical

Facultad de Ciencias

Universidad de Los Andes

**PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE COBERTURA/USO  
DE LA TIERRA EN LOS ANDES.**

**CASO: CUENCA DEL RÍO GRITA, VENEZUELA**

Trabajo de Grado de Maestría en Ecología Tropical

Lic. William Tovar

Tutor: Dr. Eulogio Chacón-Moreno

Mérida edo. Mérida –Venezuela

## INDICE DE CONTENIDO

Resumen	vi
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo general	8
1.2.2 Objetivos específicos	9
2.1 Conceptos básicos sobre cobertura/uso de la tierra y clasificadores	9
2.2 Sistemas de clasificación	13
2.2.1 Sistema de clasificación de cobertura/uso de la tierra (SUGS)	14
2.2.2 Sistema de clasificación de cobertura de la tierra FAO (LCCS)	15
2.2.3 Sistema de clasificación CORINE Land Cover	16
2.2.4 Sistema de clasificación Global Land Cover	17
2.2.5 Sistema de clasificación de la Unión Geográfica Internacional (IGU)	19
2.2.6 Sistema de clasificación CORINE Land Cover Colombia	20
2.3 Análisis comparativo de los sistemas de clasificación	22
3.1 Marco teórico-metodológico para la construcción del sistema integrado	31
3.2 Metodología	34
3.2.1 Construcción de la leyenda integrada de clasificación	34
3.2.2 Obtención de los clasificadores piso ecológico y bioclima	36
3.2.3 Reconocimiento ecológico	44
4.1 Análisis y discusión de resultados	48
4.1.1 Leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra	48
4.1.2 Clasificadores de atributos ambientales que definen las clases de vegetación en el nivel III	50
4.1.3 Clases de la leyenda integrada de cobertura/uso de la tierra en cada uno de sus niveles I, II y III	60
4.1.4 Caracterización de las principales unidades de cobertura/uso de la tierra representadas en la leyenda integrada de clasificación	66
4.1.5 Aplicación de la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra	74

5.1	Discusión y conclusiones generales	78
	Bibliografía	81

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## INDICE DE TABLAS

2.1	Leyenda de clasificación de cobertura y uso de la tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos (SUSG)	14
2.2	Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra CORINE Land Cover CLC 2000 (Bossard <i>et al.</i> 2000)	16
2.3	Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra Global Land Cover GLC 2000	18
2.4	Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra de la Unión Geográfica Internacional (IGU)	19
2.5	Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra CORINE Land Cover adaptado para Colombia	20
2.6	Resumen comparativo de los sistemas de clasificación de cobertura de la tierra (SUSG, FAO, CLC, GLC, IGU y CLC Colombia)	29
3.1	Intervalos de altitud de pisos ecológicos Josse <i>et al.</i> (2009)	37
3.2	Parámetros demostrativos de precipitación y temperatura que se relacionan matemáticamente para los índices bioclimáticos	37
3.3	Criterios de clasificación bioclimática según los índices lod2 (estacionalidad) e lo (ombrotipo)	39
3.4	Estaciones meteorológicas distribuidas en las inmediaciones de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	43
3.5	Tipos de clima según Köppen para la cuenca del río Grita	45
4.1	Clases de cobertura del nivel I para las áreas desprovistas y provistas de vegetación	48
4.2	Clases de cobertura del nivel II para las áreas desprovistas y provistas de vegetación	49
4.3	Clases de cobertura del nivel III para las áreas desprovistas y provistas de vegetación	50
4.4	Clasificadores de atributos técnicos-específicos y ambientales del nivel III de la leyenda integrada de cobertura/uso	59
4.5	Leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra	60

## INDICE DE FIGURAS

1.1	Mapa de vegetación de Venezuela (Huber & Alarcón 1988)	3
1.2	Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro	3
1.3	Mapa de cobertura de la tierra de Barranquilla, Colombia. Uno de los productos derivados del sistema CORINE Land Cover adaptado para Colombia	4
1.4	Mapa de cobertura de la tierra de Burundi, África. Uno de los productos derivados del Sistema de Clasificación de Coberturas de la Tierra de la FAO (Di Gregorio & Jansen 2000)	4
1.5	Mapa de vegetación y uso del suelo de México 2002, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México	5
1.6	Mapa agropecuario de Uruguay del año 2000	5
1.7	Mapa de uso y coberturas vegetales de Andalucía España, según CORINE Land Cover Europa	6
1.8	Mapa de cobertura de la tierra de la amazonia brasileña (Brito <i>et al.</i> 2005)	6
1.9	Sección del mapa de cobertura y uso de la tierra de los Estados Unidos. Servicio Geológico de los Estados Unidos SUSG (Anderson <i>et al.</i> 1976)	7
1.10	Mapa de vegetación de América del Sur, según la leyenda de clasificación de coberturas del Global Land Cover GLC 2000	7
2.1	Esquema de clasificación de cobertura de la tierra FAO (Di Gregorio & Jansen 2000)	15
2.2	Modulo-Jerárquico del sistema FAO para vegetación terrestre natural y seminatural	24
2.3	Modulo-Jerárquico del sistema FAO que ofrece al usuario opciones relacionadas con el tipo y fenología de la hoja	24
2.4	Modulo-Jerárquico del sistema FAO que ofrece al usuario opciones relacionadas con el aspecto florístico	25
2.5	Identidad de la clase de cobertura de vegetación terrestre natural y seminatural del sistema FAO que muestra cinco clasificadores diagnósticos sin incluir variables físico-ambientales	25
3.1	Esquema estructuralde la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra	35
3.2	Modelo Digital de Elevación (DEM) de la Cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	36
3.3	Esquema del cruce entre el lo e lod2para generar el mapa bioclimático	39
3.4	Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas	40
3.5	Esquema de un semivariograma y valores (Co, Co+C, Ao)	42
3.6	Regresión alto-térmica de temperatura media (T), temperatura máxima media (Tmax) y temperatura mínima media (Tmin)	44
3.7	Ubicación geográfica de la cuenca del río Grita	46

4.1	Pisos ecológicos de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	51
4.2	Distribución de puntos de precipitación promedio en milímetros, del bimestre más seco del trimestre más seco del año, proveniente de las 50 estaciones meteorológicas. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	52
4.3	Grafico semivariograma que relaciona entre pares de puntos de precipitación promedio del bimestre más seco del trimestre más seco del año. Se señalan los valores Nugget ( $C_0 = 0$ ), Sill ( $C_0 + C = 600$ ) y Range ( $A_0 = 37000$ )	52
4.4	Precipitación promedio de tres meses más secos del año adicionando los dos meses más secos de este trimestre ( $P_i$ ). Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	53
4.5	Distribución de temperatura media anual multiplicado por dos de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	53
4.6	Estacionalidad de las precipitaciones derivado del $Iod_2$ de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	54
4.7	Distribución de puntos de precipitación promedio anual en milímetros provenientes de 50 estaciones meteorológicas. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	55
4.8	Grafico semivariograma que relaciona entre pares de puntos de precipitación promedio anual. Se señalan los valores Nugget ( $C_0 = 0$ ), Sill ( $C_0 + C = 1100000$ ) y Range ( $A_0 = 37000$ )	55
4.9	Distribución promedio anual de precipitación ( $P_p$ ). Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	56
4.10	Distribución de temperatura media anual multiplicado por doce de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	56
4.11	Distribución del índice ombrotermico anual ( $I_o$ ) que clasifica la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela, en: subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo	57
4.12	Clasificación bioclimática de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela, derivado de los índices $Iod_2$ e $I_o$ según Rivas-Martínez (2004)	58
4.13	Mapa de cobertura/uso de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela que muestra la aplicación de la leyenda integrada de clasificación	76
4.14	Leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela	77

## RESUMEN

La necesidad de información sobre cobertura/uso del suelo ha originado numerosos sistemas de clasificación de cobertura/uso, dirigidos principalmente a la clasificación de tierras y la satisfacción de usuarios interesados en la cartografía y disciplinas afines. Los sistemas están constituidos por leyendas que tienen una estructura, un determinado número de clases y diversas formas nomenclaturales que identifican la cobertura/uso. A pesar de ello ninguno refleja en sus clases el funcionamiento de las unidades, que permita generar interpretaciones y entender la ocupación de las coberturas/ usos. Se planteó entonces desarrollar una propuesta de clasificación de cobertura/uso, donde las áreas naturales, pero sobre todo las seminaturales y de reemplazo agropecuario (cultivos y pasturas) manifiesten su funcionamiento mediante el concepto de Sistemas Ecológicos, y no sean identificadas como una unidad general de intervención como en el mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Se realizó un análisis comparativo de los sistemas FAO, CORINE Land Cover (CLC), Unión Geográfica Internacional (IGU), Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Global Land Cover (GLC) y CLC adaptado para Colombia, que muestran semejanzas en la estructuración de las leyendas al presentar niveles jerárquicos inclusivos (I, II y III) que incrementan el detalle de la identidad de las clases. El análisis fue la base para estructurar la propuesta de clasificación y componer las clases que lo conforman, involucrando clasificadores ambientales como el piso ecológico y el bioclima que las insertan conceptualmente como Sistemas Ecológicos y que se ponen de manifiesto en el nivel III. El nivel III fue aplicado a una imagen SPOT de la cuenca del río Grita, generando un mapa de cobertura/uso de la tierra cuyas clases naturales, seminaturales y de reemplazo manifiestan el funcionamiento a escala del paisaje. La propuesta de clasificación es un potencial instrumento para el proyecto ECOMAP y el Monitoreo de Cambios de Cobertura Uso de la Tierra (CCUT) liderado por la Comunidad Andina de Naciones (CAN) en donde se ha manifestado poner a prueba distintas metodologías de clasificación.

Palabras clave: sistema de clasificación de tierras, cobertura/uso, ecología del paisaje, SIG, teledetección.

## 1.1 Introducción

La necesidad de información sobre la cobertura y uso del suelo ha originado numerosas iniciativas y proyectos de clasificación con diferentes orientaciones u objetivos, que han sido dirigidos entre otros a la clasificación de tierras con fines de riego (USBR 1953), la clasificación de humedales (Cowardin *et al.* 1979, Green 1997), la clasificación de tierras por su capacidad (Anderson *et al.* 1976) y la clasificación de coberturas dentro de áreas específicas como las enfocadas hacia fincas bananeras (Castañeda-Sánchez *et al.* 2006). Por otro lado se han diseñado proyectos de mayor amplitud y de aplicabilidad mundial como el de la UNESCO (1973), Global Land Cover GLC (2000), Unión Geográfica Internacional (IGU) y FAO 2000 (Di Gregorio & Jansen 2000). También se han construido otras iniciativas dentro de ámbitos geográficos más limitados pero de igual importancia y trascendencia internacional como el del Servicio Geológico de los Estados Unidos SUSG (Anderson *et al.* 1976) y la Coordinación de Información del Medio Ambiente en Europa CORINE Land Cover (Bossard *et al.* 2000). Además de estas iniciativas según un listado publicado por la Universidad de California USA y otros autores como Anderson *et al.* (1976) y Di Gregorio & Jansen (2000) existen centenares de leyendas de clasificación con o sin ningún trasfondo conceptual.

Para nuestro país recientemente se han estado desarrollando una serie de mapas orientados a la cobertura de la tierra que de alguna u otra manera manifiestan leyendas de clasificación que involucran sólo coberturas naturales de la tierra, como el mapa de Unidades Ecológicas de Ataroff & Sarmiento (2003, 2004) y los mapas de ecosistemas de algunas regiones de Venezuela (Chacón-Moreno 2007, Chacón-Moreno *et al.* 2008, Sulbarán 2009, Ulloa 2009) que no sólo incluyen las coberturas naturales sino también las coberturas intervenidas dentro de las leyendas de clasificación.

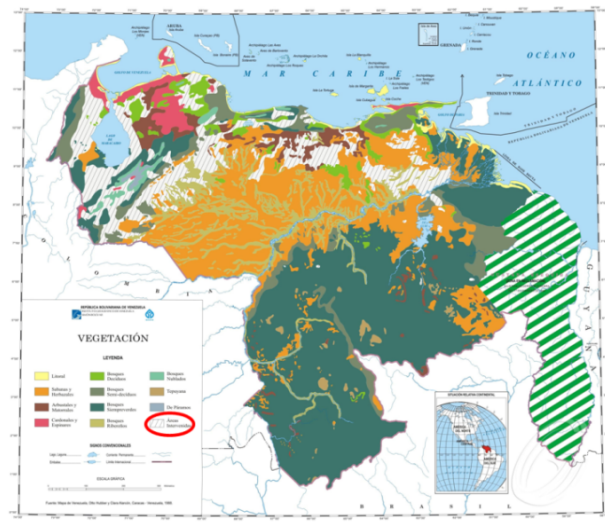
De lo anterior se puede denotar que los sistemas de clasificación y leyendas han sido trabajados y representados a distintas escalas: locales, regionales, nacionales, continentales y mundiales; que han servido como herramienta para efectuar estudios relacionados con el manejo y evaluación de tierras,



ordenamiento territorial, planificación, cambios de uso de la tierra, monitoreos y evaluaciones de ámbito bio-ecológico que se despliegan mediante modelos temáticos y cartográficos (mapas) (Pérez-Hoyos & García-Haro 2009).

A pesar del invaluable aporte cartográfico y metodológico que aportan estos sistemas para generar productos espaciales contribuyentes de funcionalidad científica y geográfica, los mismos tienen sus bondades y limitaciones, al poseer similitudes estructurales pero substanciales diferencias en la identificación de clases. Diferencias que no los hacen homogéneos ni completamente homologables ni comparables entre sí (Di Gregorio & Jansen 2000) por sus variadas formas nomenclaturales que pueden involucrar distintas características y variables como: fisonomía, forma de vida, fenología, cobertura del dosel y altura de la vegetación dominantes acompañados en algunos casos de atributos medioambientales y geofísicos.

Contrariamente a estas discrepancias, todos los sistemas de clasificación y leyendas representados en mapas de cobertura coinciden en que la identificación de las unidades naturales, por lo general, tiene una función más complementaria e informativa, siendo las coberturas de reemplazo sucesional y agropecuario menos explícitas al ser colocadas independientemente de la escala de mapeo como: "unidades agropecuarias", "cultivos", "pastos", "tierras intervenidas", "el tipo de cultivo en específico", "matorrales", "herbazales" entre otras maneras sin otros sustantivos definitorios. En este sentido, existen varios mapas que han sido desarrollados en diferentes partes del mundo que ejemplifican esta situación: uno de ellos en el contexto nacional es el Mapa de Vegetación de Huber & Alarcón (1988) que muestra los diferentes tipos de vegetación natural de Venezuela y las áreas de reemplazo que involucran a su vez diferentes tipos de cobertura pero que son resumidas o identificadas como zonas intervenidas (Fig. 1.1).



**Figura 1.1** Mapa de vegetación de Venezuela (Huber & Alarcón 1988). Nótese como las áreas de reemplazo son identificadas como zonas intervenidas, ovalo rojo.

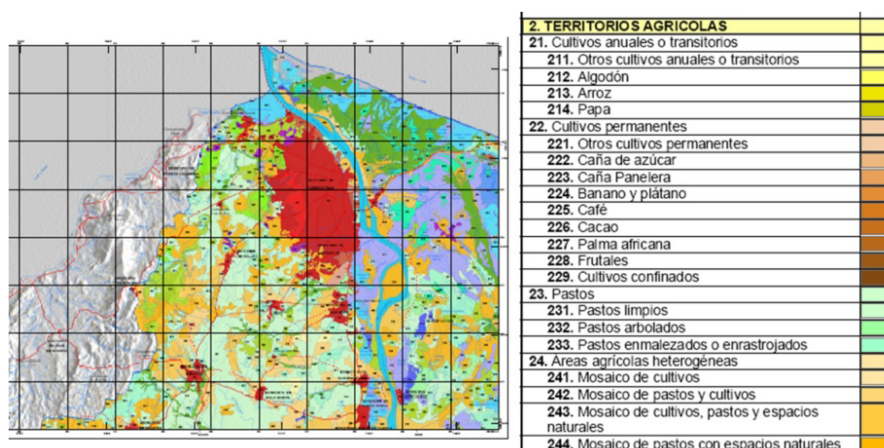
En un contexto más amplio y reciente está el Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Fig.1.2) en el que se identifican las áreas de vegetación natural como ecosistemas, pero las áreas de reemplazo son identificadas en su conjunto como áreas intervenidas.

www.bdigital.ula.ve



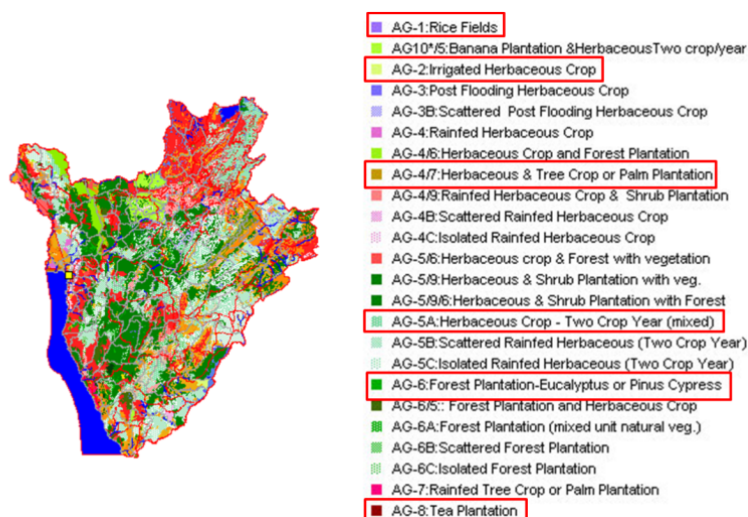
**Figura 1.2** Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro (Josse *et al.* 2009). Las áreas color amarillo son identificadas como áreas intervenidas y el resto como ecosistemas, siguiendo el concepto de los Sistema Ecológicos de Josse *et al.* (2003).

Otras formas de identificación de las áreas de reemplazo se pueden observar en el Mapa de Cobertura de la Tierra de Barranquilla, Colombia, en el que aparecen clases identificadas como: “algodón”, “caña panelera”, “café”, “cacao”, “cultivos confinados”, “pastos limpios”, etc. (Fig. 1.3).



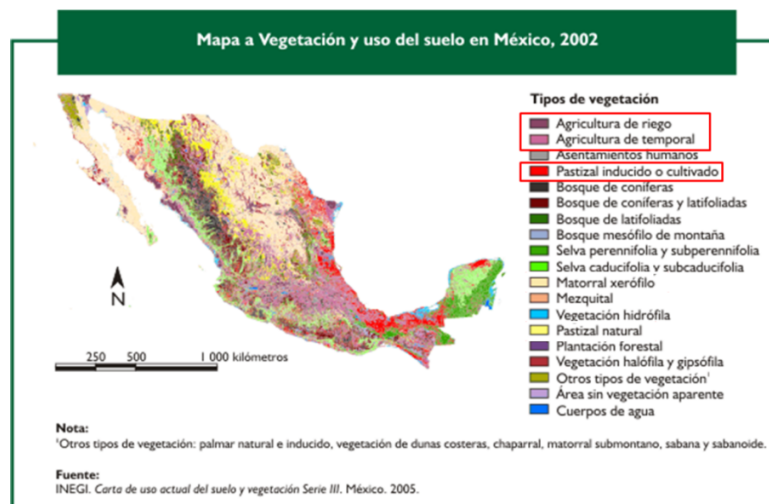
**Figura 1.3** Mapa de cobertura de la tierra de Barranquilla, Colombia. Uno de los productos derivados del sistema CORINE Land Cover adaptado para Colombia. Nótese en la leyenda a la derecha del mapa como son identificadas las áreas de reemplazo.

De manera similar, el Mapa de Cobertura de la Tierra de Burundi, África, muestra clases identificadas como: “campos de arroz”, “cultivos herbáceos irrigados”, “plantación de bosques de eucalipto o pino”, etc. (Fig. 1.4).



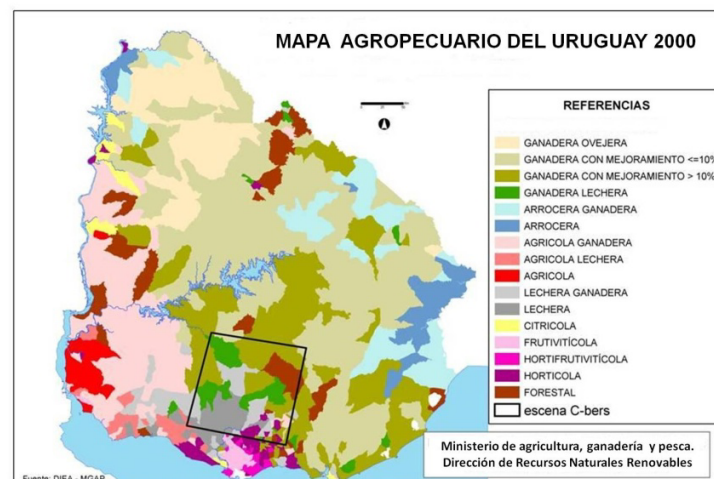
**Figura 1.4** Mapa de cobertura de la tierra de Burundi, África. Uno de los productos derivados del Sistema de Clasificación de Coberturas de la Tierra de la FAO (Di Gregorio & Jansen 2000). Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadros rojos).

Otras formas de cómo son identificadas las áreas de reemplazo se observa en el Mapa de Vegetación y Uso del Suelo en México cuyas clases aparecen como: “agricultura con riego”, “agricultura temporal”, “pastizal inducido o cultivado”, etc. (Fig. 1.5).



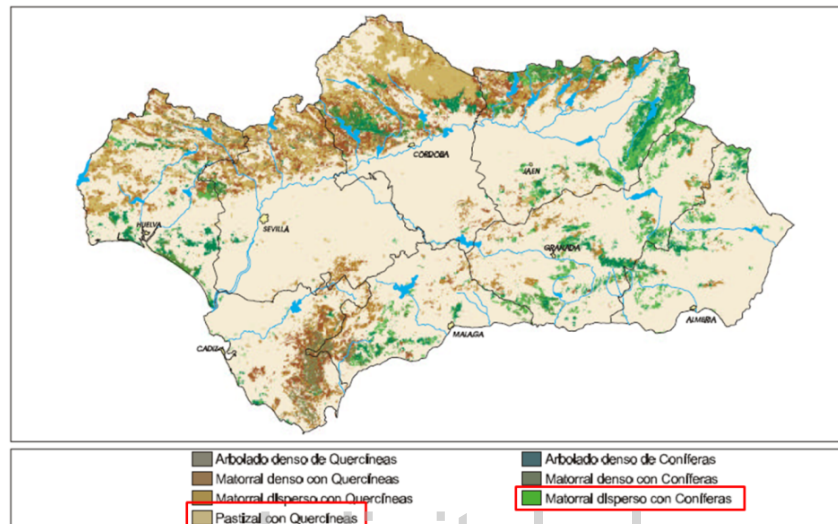
**Figura 1.5** Mapa de vegetación y uso del suelo de México (2002) por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadros rojos).

Otras maneras de identificar las unidades de reemplazo se observa en el Mapa Agropecuario de Uruguay del año 2000 (Fig.1.6).

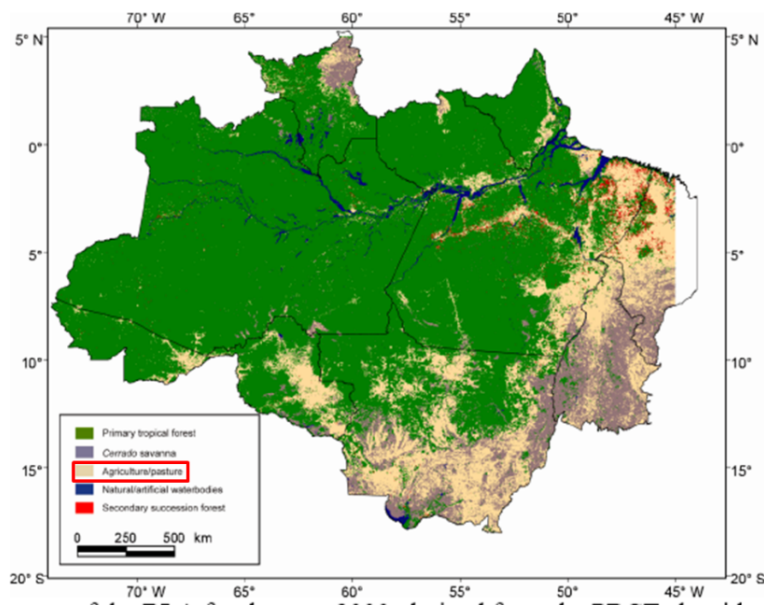


**Figura 1.6** Mapa agropecuario de Uruguay del año 2000. Nótese como son identificadas las clases de reemplazo en la leyenda de referencia junto al mapa.

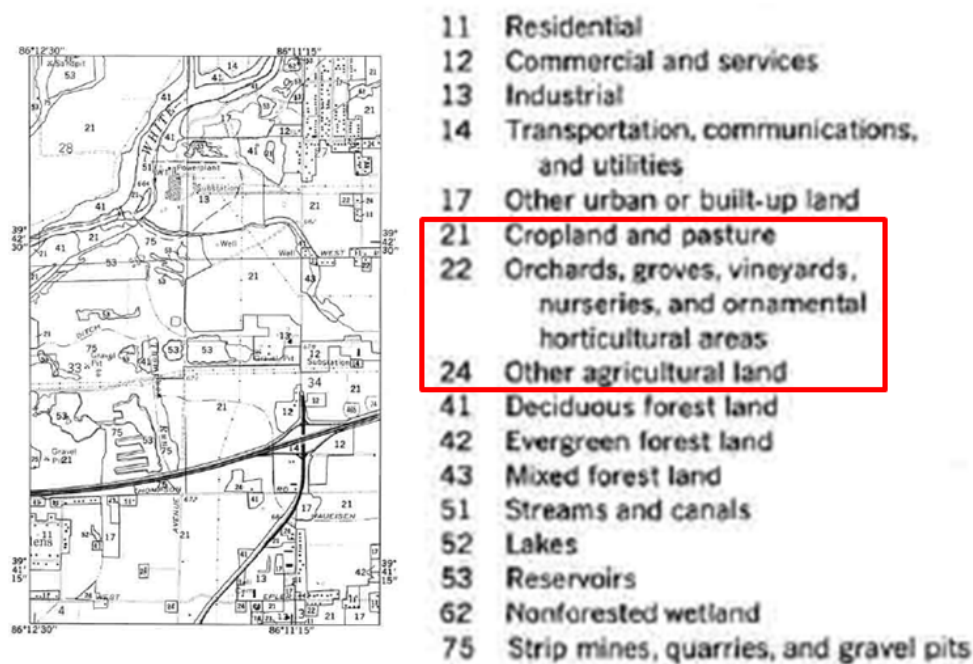
Y así sucesivamente en otros mapas como en el Mapa de Uso y Coberturas vegetales de Andalucía España (Fig. 1.7), Mapa de Cobertura de la Tierra de la Amazonia brasileña (Fig. 1.8), Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra de los Estados Unidos (Fig. 1.9) y Mapa de vegetación de América del sur según GLC (Fig. 1.10).



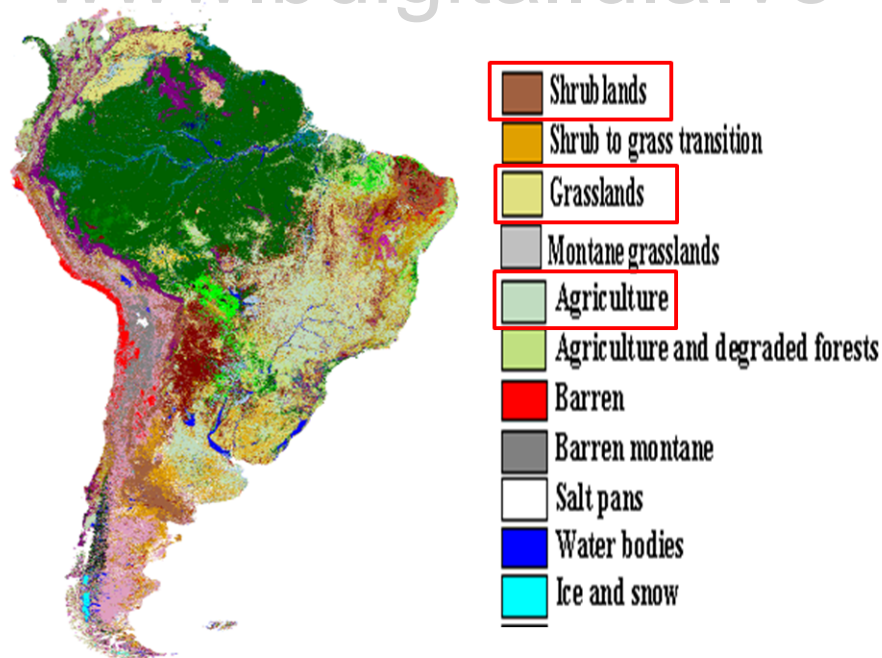
**Figura 1.7** Mapa de uso y coberturas vegetales de Andalucía España, según CORINE Land Cover Europa. Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadros rojos).



**Figura 1.8** Mapa de cobertura de la tierra de la amazonia brasileña (Brito *et al.* 2005). Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadro rojo).



**Figura 1.9** Sección del mapa de cobertura y uso de la tierra de los Estados Unidos, Servicio Geológico de los Estados Unidos SUSG (Anderson *et al.* 1976). Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadro rojo).



**Figura 1.10** Mapa de vegetación de América del Sur, según la leyenda de clasificación de coberturas del Global Land Cover (2000). Nótese como son identificadas las áreas de reemplazo (recuadros rojos).

Dada esta alta diversidad de formas y maneras de clasificar, creemos necesario que se requiere un sistema de clasificación que pudiera integrar aspectos de la cobertura natural y del uso, en un concepto unificador. En este sentido, este trabajo presenta las bases conceptuales y metodológicas para crear un Sistema Integrado de Clasificación de cobertura/uso de la Tierra cuya leyenda involucre en la nomenclatura de las clases el concepto de Sistema Ecológico de Josse *et al.* (2003) como lo hacen otras fuentes en la identificación de las unidades naturales del paisaje ecológico (Chacón-Moreno 2007, Chacón-Moreno *et al.* 2008, Sulbarán 2009, Ulloa 2009, Josse *et al.* 2009) pero integrando y asociando las coberturas de reemplazo secundarias y agropecuarias al concepto de Josse *et al.* (2003). Esta aplicación permitirá entender la ocupación y funcionamiento a escala del paisaje de estas unidades mediante la integración y/o combinación de factores ambientales espaciales como por ejemplo: bioclimáticos, biogeográficos, fisiográficos (geológicos y geomorfológicos), edafológicos y de vegetación que serán utilizados como clasificadores diagnósticos y que definirán más ampliamente cada unidad, al no tratarlas como unidades fijas, sino como unidades sujetas a procesos funcionales dependientes de factores bióticos y abióticos que interactúan (Josse *et al.* 2003). Esta nueva concepción integrada de leyenda en un mapa proporcionará mayor profundidad de interpretación y predictibilidad funcional de las formas de manejo y tendencia de las clases, pasando a ser una herramienta adicional y alternativa de mapeo que podría generar un cambio en la forma de concebir cartográficamente las unidades intervenidas al darles un mayor peso conceptual y nomenclatural.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema integrado de clasificación de cobertura/uso de la tierra, partiendo de un análisis comparativo de los principales sistemas de clasificación y leyendas de cobertura (FAO 2000, CORINE Land Cover CLC 2000, Servicio Geológico de los Estados Unidos SUSG, Unión Geográfica Internacional IGU, Global Land Cover GLC 2000 y CLC adaptado para Colombia) como base

conceptual y metodológica para su construcción, y aplicar dicho sistema en un área de los Andes venezolanos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Analizar comparativamente los sistemas de clasificación y leyendas de cobertura/uso: FAO 2000, CLC2000, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Unión Geográfica Internacional, GLC2000 y CLC adaptado para Colombia.
- b) Desarrollar una leyenda integrada de cobertura/uso de la tierra que permita entender a escala del paisaje la ocupación y funcionamiento de las clases naturales, seminaturales y de reemplazo agropecuario al asociar la fisonomía de la vegetación con pisos ecológicos y bioclima con base en los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003).
- c) Aplicar la leyenda integrada de cobertura/uso de la tierra mediante el reconocimiento ecológico de una imagen satelital SPOT de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

### **2.1 Conceptos básicos sobre cobertura/uso de la tierra y clasificadores**

Los sistemas de clasificación básicamente han surgido, perfeccionado, modificado y adaptado en la necesidad de clasificar y evaluar el paisaje, con el objetivo de conocer y recabar información sobre las coberturas terrestres, a escala local, regional, continental y mundial (Pérez-Hoyos & García-Haro 2009). En la actualidad se dispone de centenares de propuestas de clasificación y leyendas de cobertura/uso asociadas a mapas temáticos (Listas de verificación en línea de mapas de vegetación y distribución de plantas, *University of California*) cuya utilización en esta sección se hace inmanejable debido a la gran cantidad de formas y maneras en el que se estructuran e identifican las coberturas/usuarios. Por tal motivo, a continuación se mencionan seis sistemas que serán analizados en



virtud de su relevancia institucional e importancia como estándares internacionales de clasificación:

- a) Sistema de clasificación de coberturas y usos de la tierra para utilización con sensores remotos. Servicio Geológico de los Estados Unidos (Anderson *et al.* 1976).
- b) Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra (FAO)-(LCCS) (Di Gregorio & Jansen 2000).
- c) Sistema de clasificación CORINE (Coordinación de Información del Medio Ambiente) Land Cover (Bossard *et al.* 2000).
- d) Sistema de clasificación Global Land Cover para sur América (GLC 2000).
- e) Sistema de clasificación CORINE adaptado para Colombia (IDEAM *et al.* 2008).
- f) Leyenda de la Unión Geográfica Internacional (tomado de Pacheco *et al.* 2006).

Los mapas temáticos producidos a partir de cualquier sistema de clasificación han sido y serán una importante herramienta para satisfacer objetivos relacionados con: planificación, ordenamiento territorial, gestión sostenible de recursos naturales, monitoreo del uso de la tierra y evaluación de la biodiversidad (Pérez-Hoyos & García-Haro 2009).

Para analizar comparativamente los sistemas de clasificación mencionados, es importante aclarar conceptualmente algunos términos elementales que serán utilizados, y que están intrínsecamente involucrados en esta temática de análisis, y posterior construcción de un sistema integrado de clasificación de cobertura/uso de la tierra basado en el enfoque de sistema ecológico a escala del paisaje.

Para comenzar el primer termino o concepto es **Tierra**, la cual es entendida como una entidad en que interactúan componentes vivos y no vivos (IGAC 1997) sobre y debajo del suelo. Puede ser delimitable por estar constituida de atributos

climáticos, hidrológicos, topográficos, poblacionales (animales y vegetales) y antropológicos que en su configuración externa se hace heterogéneo traduciéndose en diversos patrones y arreglos que modelan el paisaje (FAO 1995).

Los patrones y arreglos del paisaje son derivados de la sinergia entre estos atributos abióticos y bióticos. Dichos patrones y arreglos se evidencian gracias a las diferentes formas en que se presenta la **cobertura** en la superficie terrestre. Esta es definida como las distintas cubiertas vegetales (tipos de vegetación) y no vegetales (cuerpos de agua, afloramientos rocosos, superficies de hielo) presentes en estado natural y/o transformadas por fenómenos ambientales y el hombre (Meyer & Turner 1994, Moser 1996, Forero 1981). Estas cubiertas de la superficie terrestre son rasgos que pueden ser observados e interpretados a partir de fotografías aéreas e imágenes de satélite (IGAC 1997, Di Gregorio & Jansen 2000) como vehículos para delimitarlas e identificarlas, derivando en **unidades de cobertura**. Estas unidades de cobertura son el conjunto de elementos poseedores de características propias, que pueden ser diferenciables entre sí pero que se pueden repetir en el espacio geográfico (GTZ 1999). Estas coberturas al presentar algún tipo o forma de intervención humana, permanente o cíclica por el aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de satisfacer necesidades sociales; adquieren un cambio conceptual llamado **uso de la tierra** (Vink 1975). Este uso de la tierra puede estar representado por diferentes arreglos espaciales que son dependientes de las actividades y manejo de índole artificial y tecnológico realizado por el hombre al entrar en un tipo particular de cobertura, con el objeto de producir un rubro agropecuario a expensas de los cambios reversibles o irreversibles que pueda generar (Di Gregorio & Jansen 2000). La magnitud de los cambios va a depender de las condiciones político-económicas que potencialicen las fuerzas productivas del trabajador agropecuario (Flores 1981). Con respecto a esto, Richters (1995) plantea que la magnitud de los cambios va a depender de la forma en que sean manejados los recursos naturales, lo cual no significa necesariamente una alteración o modificación de los paisajes.

A pesar de las diferencias conceptuales entre cobertura y uso que se observa, es común apreciar en la literatura lo estrechamente relacionados que están, tanto así, que en muchos casos ambos se usan indistintamente o de forma separada (Anderson *et al.* 1976): 1) cobertura de la tierra por Comber *et al.* (2004) y Di Gregorio & Jansen (2000); 2) cobertura/uso de la tierra por Gautam & Watanabe (2004) y Aldana & Bosque (2008); 3) uso de la tierra por Jia *et al.* (2004) y Pacheco *et al.* (2006); 4) cobertura y uso de la tierra por Bossard *et al.* (2000).

Aclarando los conceptos de cobertura y uso de la tierra, ahora es primordial diferenciar los términos de **clasificación de las coberturas/ usos de la tierra** y el **ordenamiento territorial**, puesto que, tienden a ser confundidos, debido a que la información presente en los mapas producto de clasificar las coberturas/ usos es utilizada para ordenar el territorio:

Según Olson (1978) y Di Gregorio & Jansen (2000), la clasificación de las coberturas y usos de la tierra, es la asignación de clases mediante nombres, categorías y/o valores a las áreas de la superficie terrestre con base a las relaciones entre las características biofísicas, mientras que, la ordenación territorial según Mc Donald & Simioni (1999) es un proceso de organización que considera aspectos sociales, económicos y elementos endógenos, que busca concordar los elementos ambientales del territorio con las aspiraciones sociales y la mantención económica y productiva para implementar la sustentabilidad.

Precisando las diferencias entre clasificación de coberturas/ usos de la tierra y el ordenamiento territorial, a continuación se consideraran **los criterios generales que debería cumplir un sistema de clasificación** (Di Gregorio & Jansen 2000):

- a. Debe ser comprensivo, integral, amplio, científicamente fundamentado y orientado a la práctica.
- b. Debe satisfacer las necesidades de una variedad de usuarios (no orientada a un solo proyecto, ni adaptada a un enfoque sectorial) que puedan utilizar un subconjunto de la clasificación de acuerdo a sus propios requerimientos.

- c. Potencialmente aplicable a un sistema de referencia común.
- d. Debe facilitar comparaciones entre distintas clasificaciones.
- e. Debe ser un sistema flexible que pueda ser utilizado a diferentes escalas y niveles de detalle, y que además permita el cruce de referencias locales, regionales, continentales y mundiales sin pérdida de información.
- f. Capaces de describir la totalidad de las coberturas del suelo (bosques, áreas agropecuarias, suelo desnudo y hielo).
- g. Deben describir la variedad de coberturas terrestres, con un conjunto mínimo necesario de clasificadores (menos clasificadores utilizados, disminuyen el error esperado, el tiempo en campo y los recursos necesarios para la validación).

Teniendo presente los criterios generales que debería cumplir un sistema de clasificación, a continuación como objetivo principal se describirán los fundamentos y se analizarán en este sentido los sistemas que se mencionaron.

## **2.2 Sistemas de clasificación**

Se mencionan los fundamentos de creación de los sistemas, tomando en cuenta el más antiguo de los consultados como base histórica referencial, para honrar en los más actuales de estas últimas décadas:

2.2.1 Sistema de clasificación de cobertura y uso de la tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos (SUSG) para utilización con sensores remotos (Anderson et al. 1976) (Tabla 2.1): Fue esencialmente diseñado para darle aplicabilidad nacional en los Estados Unidos de América, con el objetivo de categorizar coberturas de vegetación y usos de la tierra a través de información obtenida por sensores remotos, para satisfacer las necesidades de agencias federales y estatales en torno al desarrollo anárquico y descontrolado, al deterioro de la calidad ambiental, al fomento del control agropecuario y de pérdida de hábitat y vida silvestre. La solución a estas necesidades fue abordada por legisladores, planificadores y funcionarios con competencia, haciendo uso de datos de cobertura y uso del

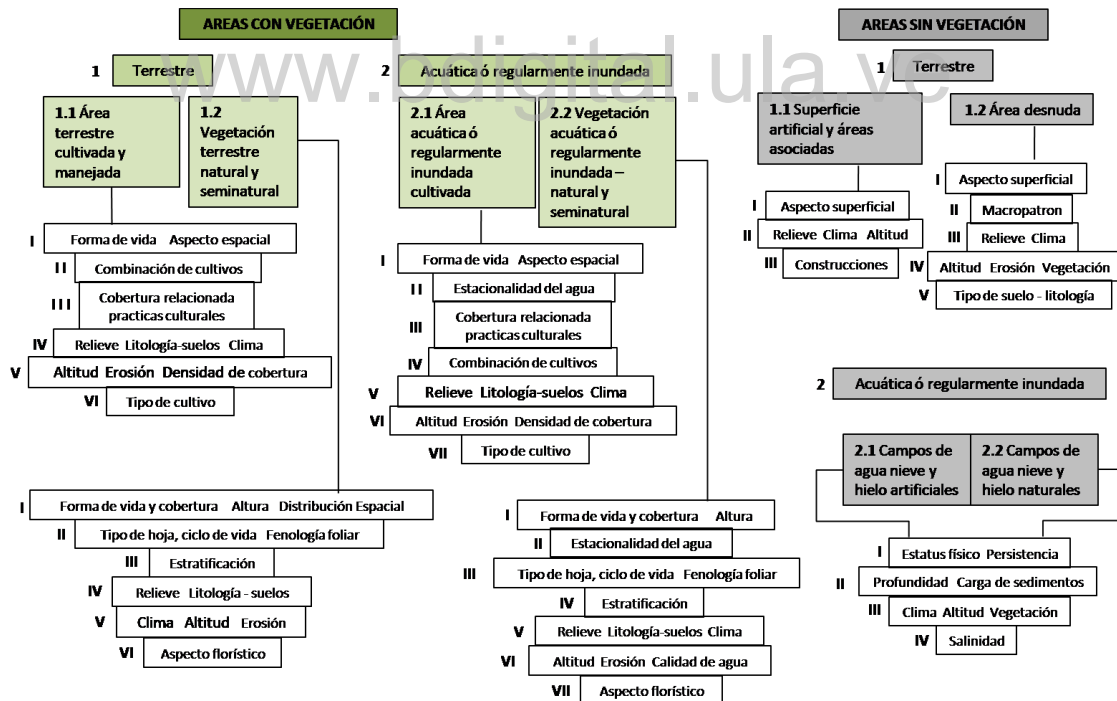
suelo, respecto a las distribuciones de las áreas naturales, agropecuarias, urbanas y recreacionales, que facilitaron y permitieron analizar estos procesos de cambio, para implementar planes eficaces en pro del futuro del desarrollo nacional.

**Tabla 2.1** Leyenda de clasificación de cobertura y uso de la tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos (SUSG) (Anderson *et al.* 1976).

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Superficie urbana	1.1 Residencial 1.2 Comercial y servicio 1.3 Industrial 1.4 Transporte y comunicación 1.5 Complejos comerciales e industriales 1.6 Superficie urbana mixta 1.7 Otras zonas urbanas	1.1.1 Unidades de una sola familia 1.1.2 Unidades multifamiliares 1.1.3 Alojamiento en grupo 1.1.4 Hoteles residenciales 1.1.5 Casas móviles 1.1.6 Alojamiento transitorio 1.1.7 Otros
2. Tierras agrícolas	2.1 Cultivos y pastos 2.2 Huertos, viñedos, viveros, áreas hortícolas y ornamentales 2.3 Operaciones confinadas de alimentación 2.4 Otras tierras agrícolas	2.1.1 Cultivos 2.1.2 Pastos
3. Tierras de pastoreo	3.1 Pastizales herbáceos 3.2 Pastizales arbolados o con malezas 3.3 Pastizales mixtos	
4. Tierras forestales	4.1 Bosques deciduos 4.2 Bosques siempre verdes 4.3 Bosques mixtos	
5. Superficies de agua	5.1 Arroyos y canales 5.2 Lagos 5.3 pantanos 5.4 Bahías y estuarios	
6. Humedales	6.1 Humedales boscosos 6.2 Humedales no boscosos	
7. Tierras secas	7.1 Pisos salinos y secos 7.2 Playas 7.3 Zonas arenosas distintas a playas 7.4 Roca desnuda expuesta 7.5 Franjas de mina, canteras y pozos de grava 7.6 Áreas de transición 7.7 Tierras secas mixtas	
8. Tundra	8.1 Tundra arbustiva 8.2 Tundra herbácea 8.3 Tundra desnuda 8.4 Tundra húmeda 8.5 Tundra mixta	
9. Nieve y hielo perenne	9.1 Campos de nieve 9.2 Glaciares	

2.2.2 Sistema de clasificación de cobertura de la tierra FAO (LCCS) (Di Gregorio & Jansen 2000) (Fig. 2.1):

Es un sistema estandarizado que surge del intercambio de información metodológica internacional, diseñado para clasificar coberturas del suelo en cualquier parte del mundo y fundamentado en disminuir ambigüedades entre clases, al evitar la superposición de límites descriptivos entre ellas. Proporciona consistencia en la descripción de las clases a través de criterios diagnósticos independientes denominados clasificadores, constituidos por factores físicos ambientales y socioeconómicos que se ponen de manifiesto en su estructura modular polifásica. Es considerado como uno de las más comprensivos y flexibles razón por la cual tiene mayor aceptación internacional (Herold *et al.* 2008) al ser el único que está en vías de ser aceptado como norma ISO TC 211.



**Figura 2.1** Esquema de clasificación de cobertura de la tierra FAO (Di Gregorio & Jansen 2000).

2.2.3 Sistema de clasificación CORINE Land Cover (Bossard *et al.* 2000) (Tabla 2.2):

CORINE Land Cover inicia en 1985 enmarcado dentro de la Agencia Ambiental Europea (EEA por sus siglas en inglés) como un proyecto para catalogar y describir las coberturas de la tierra en Europa. Con el paso del tiempo gana solidez con respecto a otras referencias geográficas creadas para estudiar la ocupación del suelo y tierras, llegando a ser reconocido como un sistema clave para llevar a cabo políticas nacionales relacionadas con toma de decisiones en gestión, ordenación territorial y evaluación integrada del medio ambiente. Estas evaluaciones han sido dirigidas hacia la conformación de bases de datos (entre los años 1990 y 2000) de coberturas/ usos de la tierra y sus cambios. Entre 1990 y 2000 han realizado mejoras significativas en la nomenclatura y definición de las clases de cobertura, en las metodologías de aplicación y en las metodologías de mapeo. En la actualidad se han involucrado con este sistema más de 29 países entre Europa, África y América del Sur (Buttner *et al.* 2004).

**Tabla 2.2** Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra CORINE Land Cover CLC (Bossard *et al.* 2000).

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Superficies artificiales	1.1 Urbanismo y fabricas 1.2 Unidades industriales, comerciales y transporte 1.3 Zonas de extracción minera y escombreras 1.4 Zonas verdes artificiales no agrícolas	1.1.1 Urbanismo y fabricas en continuo 1.1.2 Urbanismo y fabricas en discontinuo 1.2.1 Unidades industriales y comerciales 1.2.2 Red vial, ferroviarias y terrenos asociados 1.2.3 Áreas portuarias 1.2.4 Aeropuertos 1.3.1 Sitios de extracción minera 1.3.2 Escombreras y vertederos 1.3.3 Sitios de construcción 1.4.1 Zonas verdes urbanas 1.4.2 Instalaciones recreativas
2. Áreas agrícolas	2.1 Tierra en preparación 2.2 Cultivos permanentes 2.3 Pasturas 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.1.1 Tierra en preparación no irrigada 2.1.2 Tierra irrigada permanentemente 2.1.3 Campos de arroz 2.2.1 Viñedos 2.2.2 Árboles frutales y plantaciones de bayas

		2.2.3 Arbolados de olivos
		2.3.1 Pasturas
		2.4.1 Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes
		2.4.2 Patrones complejos de cultivos
		2.4.3 Tierras principalmente ocupadas por agricultura, con áreas significativas de vegetación natural
		2.4.4 Áreas agroforestales
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1 Bosques	3.1.1 Bosques de hojas anchas
		3.1.2 Bosques de coníferas
		3.1.3 Bosques mixtos
	3.2 Asociación arbustiva y/o herbácea	3.2.1 Pastos naturales
		3.2.2 Arbustos y matorrales
		3.2.3 Vegetación esclerófila
		3.2.4 Bosques transicionales
	3.3 Espacios abiertos sin o con poca vegetación	3.3.1 Playas, arenales y dunas
		3.3.2 Afloramientos rocosos
		3.3.3 Áreas con vegetación esparcida
		3.3.4 Áreas quemadas
		3.3.5 Glaciares y nieves perpetuas
4. Áreas húmedas	4.1 Áreas húmedas continentales	4.1.1 Pantanos continentales
		4.1.2 Turberas
	4.2 Áreas húmedas marítimas	4.2.1 Pantanos salinos
		4.2.2 Salinas
		4.2.3 Zonas intermareales
5. Cuerpos de agua	5.1 Aguas continentales	5.1.1 Ríos
		5.1.2 Lagos
	5.2 Aguas marítimas	5.2.1 Lagunas costeras
		5.2.2 Estuarios
		5.2.3 Mar y océano

#### 2.2.4 Sistema de clasificación Global Land Cover (GLC 2000) (Tabla 2.3):

El GLC es un sistema de leyenda mundial común, basado en el sistema FAO (Di Gregorio & Jansen 2000) y propuesto para satisfacer requerimientos de cartografía mundial sin dejar de estar temáticamente implicado con el nivel local, dada la necesidad de documentar la extensión y el estado de los ecosistemas del planeta partiendo de grandes escalas e integrando los productos temáticos (mapas).

Bajo este sistema, un mapa de América del sur fue generado, abarcando la totalidad del continente y contando con datos espaciales más fiables y de mayor contenido temático en comparación a otras iniciativas. Para el caso de América del



norte, los Estados Unidos con este sistema han logrado monitorear espacialmente y controlar algunas tendencias importantes de deforestación que se han producido en los últimos diez años. Adicionalmente, con GLC se han generado otras cartografías para África y Europa.

**Tabla 2.3** Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra Global Land Cover GLC 2000.

Clases forestales	Clases no forestales
1. Bosque húmedo	1. Agricultura
1.1 Latifoliados siempreverde	1.1 Intensiva
1.1.1 Cerrado	1.2 Mosaico de vegetación no arbórea degradada
1.1.2 Abierto	1.3 Mosaico de vegetación arbórea degradada
1.1.3 Dominado por Bambú	1.4 Plantaciones forestales
1.2 Latifoliados subhúmedo	
1.2.1 Cerrado	
1.2.2 Abierto	
2. Bosque tropical xérico	2. Praderas y arbustales
2.1 Bosque caducifolio	2.1 Sabanas tropicales
2.1.1 Cerrado	2.1.1 Sabanas gramíneas
2.1.2 Abierto	2.1.2 Sabanas gramíneas y arbustivas
2.2 Bosque semi-caducifolio	2.1.3 Pastizal abierto
2.2.1 Cerrado	2.1.4 Sabanas inundables
2.2.2 Abierto	2.2 Arbustales
2.3 Bosque semi-decíduo de transición	2.2.1 Cerrado
3. Bosque tropical inundable	2.2.2 Abierto
3.1 Bosques costeros inundables-manglar	2.2.3 Inundables
3.2 Bosque inundable de agua dulce	2.3 Turberas
3.3 Bosques en galería	2.4 Pastizales de altura
3.4 Bosque de humedal-abierto con palmas	2.4.1 Cerrado
4. Bosques templados	2.4.2 Abierto
4.1 Latifoliados siempreverdes	2.5 Vegetación de estepa
4.1.1 Cerrado	2.5.1 Pastizal cerrado
4.1.2 Abierto	2.5.2 Pastizal abierto
4.2 Bosque mixto de coníferas y latifoliados siempreverde	2.5.3 Arbustal poco denso
4.3 Bosque caducifolio	2.6 Suelo con vegetación escasa o dispersa
4.3.1 Cerrado	2.6.1 Suelo desnudo y roca
4.3.2 Abierto	2.6.2 Desierto
	2.6.3 Salar
	2.7 Cuerpos de agua
	2.7.1 Naturales y artificiales
	2.7.2 Hielos y nieves permanentes
	2.8 Áreas urbanas

2.2.5 Sistema de clasificación de la Unión Geográfica Internacional (IGU) tomado de Pacheco *et al.* (2006) (Tabla 2.4):

Es un sistema diseñado para adaptarse a cualquier área, al abarcar cualidades desde el uso urbano hasta diversos usos agrícolas. Ha sido utilizado ampliamente en Europa.

**Tabla 2.4** Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra de la Unión Geográfica Internacional (IGU por sus siglas en inglés). Tomado de Pacheco *et al.* (2006).

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Uso urbano y relacionado	1a. Uso urbano 1b. Uso recreacional/turístico	1.a1. Área urbanizada 1.a2. Poblamiento concentrado o lineal
2. Vegetación natural y/o plantada	2a. Vegetación arbórea/arbustiva 2b. Plantaciones forestales 2c. Vegetación de páramo/herbazal 2d. Vegetación xerofítica	2.a1. Vegetación arbórea/arbustiva alta 2.a2. Vegetación arbórea/arbustiva media 2.a3. Vegetación arbórea/arbustiva baja
3. Áreas agrícolas	3a. Cultivos de ciclo corto con riego 3b. Cultivos permanentes y semipermanentes 3c. Cultivos anuales  4c. Pastos	3.a1. Horticultura 3.a2. Fruticultura 3.a3. Floricultura 3.b1. Cultivos arbustos/arbóreos 3.b2. Cultivos mixtos 3.c1. Caña de azúcar 3.c2. Apio 3.c3. Caraotas 3.c4. Habas 3.c5. Otros 4.c1. Pastos cultivados y mejorados 4.c2. Pastos naturales y/o no mejorados
4. Cuerpos de agua	4a. Cuerpos de agua natural 4b. Cuerpos de agua artificial	
5. Tierras económicamente no productivas	5a. Afloramientos rocosos 5b. Áreas erosionadas	

Un sistema de clasificación adicional adaptado del CORINE Land Cover Europa se incluye (CORINE Land Cover Colombia) para denotar que, a pesar de que, existen adaptaciones, sobre todo en clases del nivel III, por ser la que ofrece más opciones y detalles de cobertura como se observa a continuación, mantiene sin embargo la misma estructura y conformación de las leyendas.

2.2.6 Sistema de clasificación CORINE adaptado para Colombia (IDEAM et al.2008) (Tabla 2.5):

Toma las bases del programa CORINE generado en Europa, con el objetivo de estandarizar un sistema de clasificación en Colombia, que involucrara categorías jerárquicas definidas, de acuerdo con la información que proporcionan las imágenes de satélite LANDSAT conforme a las condiciones locales del territorio nacional.

**Tabla 2.5** Leyenda de clasificación de cobertura de la tierra CORINE Land Cover adaptado para Colombia (IGAC et al. 2008).

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Territorios artificializados	1.1 Zonas urbanizadas 1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación 1.3 Zonas de extracción minera y escombreras 1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.1.1 Tejido urbano continuo 1.1.2 Tejido urbano discontinuo 1.2.1 Zonas industriales o comerciales 1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados 1.2.3 Zonas portuarias 1.2.4 Aeropuertos 1.2.5 Obras hidráulicas 1.3.1 Zonas de extracción minera 1.3.2 Escombreras y vertederos 1.4.1 Zonas verdes urbanas 1.4.2 Instalaciones recreativas
2. Territorios agrícolas	2.1 Cultivos anuales o transitorios 2.2 Cultivos permanentes 2.3 Pastos 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.1.1 Otros cultivos anuales o transitorios 2.1.2 Algodón 2.1.3 Arroz 2.1.4 Papa 2.2.1 Otros cultivos permanentes 2.2.2 Caña de azúcar 2.2.3 Caña panelera 2.2.4 Banano y plátano 2.2.5 Café 2.2.6 Cacao 2.2.7 Palma africana 2.2.8 Frutales 2.2.9 Cultivos confinados 2.3.1 Pastos limpios 2.3.2 Pastos arbolados 2.3.3 Pastos enmalezados o enrastrajados 2.4.1 Mosaico de cultivos

		2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos
		2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
		2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1 Bosques	3.1.1 Bosque natural denso
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.1.2 Bosque natural fragmentado
	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.1.3 Bosque de galería
		3.1.4 Bosque de mangle
		3.1.5 Bosque plantado
		3.2.1 Pastos naturales y sabanas
		3.2.2 Arbustos y matorrales
		3.2.3 Vegetación esclerófila y/o espinosa
		3.2.4 Vegetación de paramo y subparamo
		3.2.5 Vegetación rupícola
		3.3.1 Playas, arenales y dunas
		3.3.2 Afloramientos rocosos
		3.3.3 Tierras desnudas o degradadas
		3.3.4 Zonas quemadas
		3.3.5 Zonas glaciares y nivales
4. Áreas húmedas	4.1 Áreas húmedas continentales	4.1.1 Zonas pantanosas
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.1.2 Turberas
		4.1.3 Esteros
		4.1.4 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
		4.2.1 Marismas costeras
		4.2.2 Salinas
		4.2.3 Zonas intermareales
5. Superficies de agua	5.1 Aguas continentales	5.1.1 Ríos
	5.2 Aguas marítimas	5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales
		5.1.3 Canales
		5.1.4 Embalses y cuerpos de agua
		5.2.1 Lagunas costeras
		5.2.2 Estuarios
		5.2.3 Mares y océanos
		5.2.4 Estanques para acuicultura

### **2.3 Análisis comparativo de los sistemas de clasificación**

Los sistemas de clasificación utilizados, comparten esencialmente sin importar el tiempo cronológico de su creación, suplir la importante necesidad de clasificar las coberturas de la tierra y en muchos casos llevarlas a la cartografía. No por ello los sistemas, son similares en estructura y conformación de clases, situación que complejiza establecer comparaciones muy particulares en aspectos de clase entre ellos. De tal manera que, en el análisis comparativo se resaltaran aspectos generalizados y aquellos puntuales más importantes que en sentido estructural y de conformación compartan o difieran.

En este sentido comenzaremos mencionando que la mayoría de los sistemas de clasificación estructuralmente están divididos en secciones que guardan entre ellos niveles jerárquicos inclusivos o anidados (nivel I, nivel II y nivel III) que presentan las clases de cobertura. Al seguirse en orden cronológico estos niveles, los mismos van desglosando más específicamente o de manera más detallada en algunos casos la identidad de las coberturas y usos del suelo en clases propiamente, que son acompañadas de un código que permite seguir dicha anidación. Es así como los sistemas SUSG (Tabla 2.1), CLC (Tabla 2.2), IGU (Tabla 2.4) y CLC adaptado para Colombia (Tabla 2.5) revelan de entrada esta forma estructural anidada del sistema en niveles. De forma equivalente pero no bajo la misma estructura divisoria lo hace el sistema GLC (Tabla 2.3) que presenta una numeración de forma anidada de las clases de cobertura en el que los niveles jerárquicos aunque no están indicados se manifiestan de manera vertical. Es importante mencionar que no todas las clases de cobertura/uso en los sistemas de clasificación SUSG (Tabla 2.1), GLC (Tabla 2.3) e IGU (Tabla 2.4) tienen un nivel III que otorguen más opciones de clases con un mayor detalle descriptivo.

De estas representaciones estructurales difiere el sistema FAO, que está organizado según (Di Gregorio & Jansen 2000) en fases jerárquico-modulares (Fig. 2.1) identificadas con numeración romana. Cada fase jerárquico-modular ofrece de manera predeterminada en un software variables físico-ambientales que acompañan a las formas de cobertura natural y de reemplazo, que también de

manera automatizada brinda opciones de vegetación y de esta manera se construye una determinada clase de cobertura como se ejemplificara más adelante.

Por otro lado se observa que para dar inicio de aplicación a los sistemas de clasificación, el de la FAO (Di Gregorio & Jansen 2000) (Fig. 2.1) y GLC (Tabla 2.3) parten de un principio dicotómico que dividen la estructura en dos grupos (áreas con vegetación y áreas sin vegetación) o (clases forestales y clases no forestales) respectivamente, a diferencia de SUSG (Tabla 2.1), CLC (Tabla 2.2), IGU (Tabla 2.4) y CLC adaptado para Colombia (Tabla 2.5) que parten inicialmente de varios tipos de cobertura ubicados en el nivel I.

Independientemente de la naturaleza estructural y composición de cada sistema de clasificación que aquí se muestra, es importante ver con detenimiento en cada uno de ellos, que las clases entre sistemas están definidas o diseñadas de diferentes formas o en otras palabras compuestas por una variedad de sustantivos llamados clasificadores o elementos diagnósticos (Di Gregorio & Jansen 2000). Esta variedad de criterios de clases dificulta la comparabilidad de las clases entre sistemas, además sobre todo si las características que subyacen en la identificación de las coberturas algunas veces no tienen ningún rigor de inherencia sobre las mismas, tal es el caso por ejemplo de clasificadores o elementos diagnósticos que generalizan las condiciones de las coberturas con el término “tropical” que muchas veces acompaña a otros elementos diagnósticos relacionados con: composición florística, fenología de la hoja, tipo de hoja, etc.

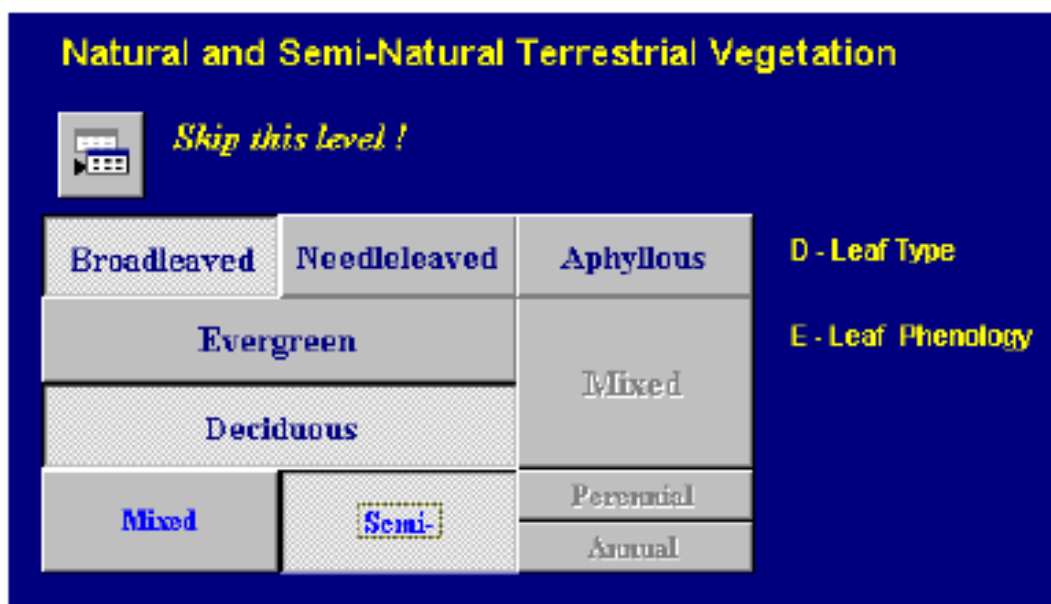
En este mismo contexto cabe señalar que las clases de todos los sistemas que aquí se analizan están ya predefinidas y según Di Gregorio & Jansen (2000) tienden a ofrecer rigidez al sistema. El sistema FAO por Di Gregorio & Jansen (2000) a pesar de que las clases están predefinidas, la identidad de clase no se visualiza dentro de un contorno esquemático, sino que el nombre de las clases lo va construyendo el usuario en un software de clasificación que tiene prefijado diversas opciones de cobertura en cada modulo-jerárquico. Un ejemplo demostrativo de ello es el área de “vegetación terrestre natural y seminatural” que

ofrece tres formas de vida y a su vez seis subopciones adicionales (Fig. 2.2) a seleccionar por el usuario.

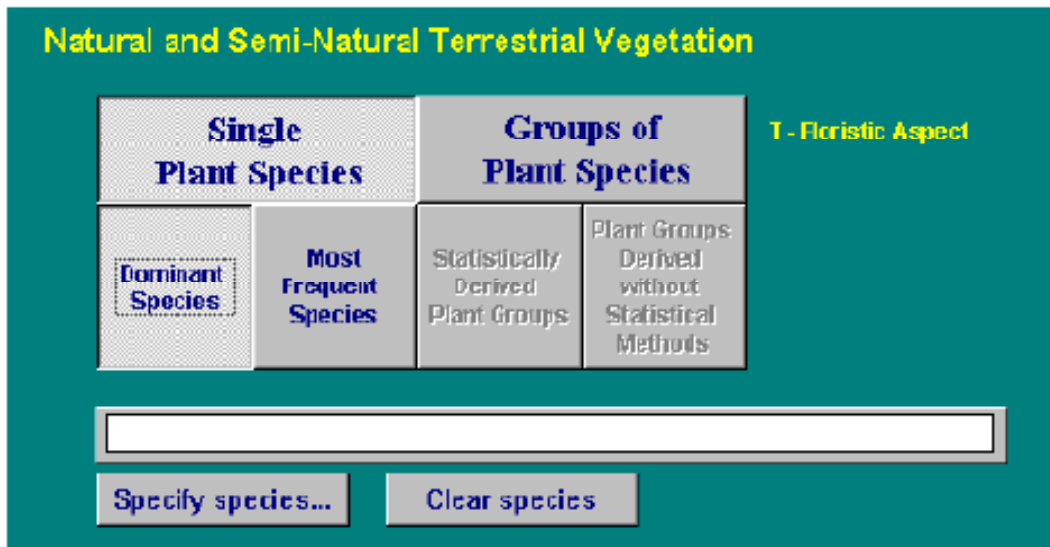


**Figura 2.2** Modulo-Jerárquico del sistema FAO para vegetación terrestre natural y seminatural que ofrece al usuario tres formas de vida predefinidas.

Así sucesivamente el usuario puede seguir seleccionando módulos que le permitan ir armando la clase en función de sus propios intereses (Fig. 2.3 y Fig. 2.4) hasta finalmente generar una clase definitiva en función de las opciones modulares que va seleccionando (Fig. 2.5).



**Figura 2.3** Modulo-Jerárquico del sistema FAO que ofrece al usuario opciones relacionadas con el tipo y fenología de la hoja.



**Figura 2.4** Modulo-Jerárquico del sistema FAO que ofrece al usuario opciones relacionadas con el aspecto florístico.



**Figura 2.5** Identidad de la clase de cobertura de vegetación terrestre natural y seminatural del sistema FAO que muestra cinco clasificadores diagnósticos sin incluir variables físico-ambientales.



De esta manera el usuario puede ir agregando clasificadores diagnósticos relacionados con: relieve, litología-suelos, clima, altitud, erosión, estratificación, etc. (Fig. 2.1) según las necesidades de clasificación. Por tal motivo las clases que se puedan ir generando bajo este sistema automatizado pueden diferir sustancialmente en el número de los clasificadores diagnósticos utilizados, situación que podría comprometer aún más la comparabilidad con otros sistemas. Aunado a esto, las clases de cobertura al igual como en los demás sistemas no mantienen una identidad homogénea porque el número de clasificadores diagnósticos varían o están ausentes a lo largo de los niveles jerárquicos sobre todo en el nivel III, reduciéndose a identidades de clases que indican sólo la fisonomía o el tipo de vegetación. Tomando en cuenta esto, el sistema integrado de clasificación que se presentara cotejara la inclusión de aspectos funcionales a escala del paisaje basados en los sistemas ecológicos de Josse *et al.* (2003) para tres tipos contrastantes de cobertura vegetal (naturales, seminaturales y de reemplazo antrópico) que permita entender la ocupación del suelo y mejorar la interpretación de las formas de uso.

A pesar que la variedad de sistemas han apuntado hacia una clasificación de las coberturas y usos del suelo lo suficientemente mejoradas, ninguno ha sido aceptado internacionalmente como un sistema estándar, puesto que presentan intereses y propósitos específicos, dados por las propias instituciones creadoras y que en muchos casos involucran información inaplicable u obsoleta (Di Gregorio & Jansen 2000) y que no cumplen con todos los criterios generales que debería satisfacer un sistema de clasificación según Di Gregorio & Jansen (2000):

- a. La comprensibilidad de los sistemas, la amplitud de las clases, la fundamentación científica y orientación práctica, excepto una buena integralidad.
- b. Satisfacen aparentemente las necesidades de una variedad de usuarios.
- c. Bajo potencial de aplicabilidad a un sistema de referencia común.
- d. No facilitan comparaciones entre distintas clasificaciones.

- e. Algunas veces son sistemas flexibles que pueden ser utilizados a diferentes escalas y niveles de detalle y que en pocas ocasiones permite el cruce de referencias locales, regionales, continentales y mundiales.
- f. Capaces de describir la totalidad de las coberturas del suelo (bosques, áreas agropecuarias, suelo desnudo y hielo) aunque esto puede ser relativo.
- g. Describen la variedad de coberturas terrestres pero no con un conjunto mínimo necesario de clasificadores (menos clasificadores utilizados, disminuyen el error esperado, el tiempo en campo y los recursos necesarios para la validación).

Para cerrar, a continuación se sintetizan en una tabla comparativa (Tabla 2.6) las diferencias y similitudes en aspectos estructurales, de aplicación y de clases entre los sistemas de clasificación. En dicha tabla resaltan dentro de la estructura aspectos como el número de clases iniciales de cobertura, en el que, el mayor número lo tiene el sistema SUSG (Tabla 2.1) con nueve clases iniciales. Secundariamente el IGU (Tabla 2.4) y GLC (Tabla 2.3) con seis, siendo el de menor el CLC (Tabla 2.2) y el CLC adaptado para Colombia (Tabla 2.5) con cinco clases iniciales. Igualmente se observa que el número de clases en el nivel más inclusivo (nivel III) no es homogéneo entre los sistemas, tal que CLC adaptado para Colombia es el que tiene más clases (61), secundariamente el CLC (44) en continuidad con IGU (17) y SUSG (9).

Dentro de las herramientas para aplicar estos sistemas, todos básicamente se apoyan en imágenes de satélite LANDSAT. Este aspecto puede traer inconvenientes metodológicos de aplicación de los sistemas, puesto que las fuentes primarias de extracción de datos digitales presentan diferencias en sus resoluciones (imágenes NOAA > imágenes SPOT > imágenes LANDSAT) haciendo que la interpretación de las clases que ofrecen las leyendas de los sistemas de clasificación sean o no de mayor exactitud. Además el grado de fragmentación de la zona geográfica donde va ser aplicado el sistema también puede afectar la interpretación y aplicación de las leyendas. Con respecto a la columna identidad del nivel más inclusivo (nivel III) por ser el que ofrece mayores

opciones y detalles de identificación de las clases, se tomó de cada sistema un ejemplo de clase para cobertura con vegetación natural y de reemplazo para contrastar el número de clasificadores. Se observa que a pesar de la variación de utilización de clasificadores diagnósticos para identificar las clases, estas carecen de significado funcional no existiendo igualmente homogeneidad en el número de clasificadores que permita que ambas formas de cobertura natural y de reemplazo contengan el mismo tono descriptivo.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**Tabla 2.6** Resumen comparativo entre los sistemas de clasificación de cobertura de la tierra: Servicio Geológico de los Estados Unidos (SUSG), FAO 2000, CORINE Land Cover (CLC 2000), Global Land Cover (GLC 2000), Unión Geográfica Internacional (IGU) y CLC Colombia.

Sistemas de clasificación	Fundamento	Estructura	Numero de clases en el nivel III	Herramientas de aplicación	Identidad de clases del nivel más inclusivo	Nº de clasificadores
<b>SUSG</b>	Planificación, gestión y proposición de criterios para evaluación de tierras	Parte de nueve clases de cobertura principales que inician la anidación, desglosándose en sólo un nivel (nivel II) que incrementa la especificidad de las coberturas.	9	Imágenes de satélite de baja resolución	Cobertura natural: bosques deciduos Cobertura de reemplazo: pastizales arbolados o con maleza	2 clasificadores 2 clasificadores
<b>FAO2000</b>	Monitoreos físicos y de cobertura de la tierra involucrando en algunos casos el eje socioeconómico	Principio dicotómico y modular-jerárquico que contempla niveles no anidados de clasificación	No aplica	Imágenes de satélite principalmente	Cobertura natural: bosque alto cerrado continuo de hoja ancha Cobertura de reemplazo: Cultivos herbáceos	5 clasificadores 2 clasificadores
<b>CLC2000</b>	Planificación, ocupación y ordenación territorial	Parte de cinco clases de cobertura principales que inician la anidación, desglosándose en niveles (I, II, III) que incrementan la especificidad de la cobertura de la tierra	44	Fotografías aéreas e imágenes de satélite LANDSAT	Cobertura natural-seminatural: bosques mixtos. Cobertura de reemplazo: cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	2 clasificadores 2 clasificadores
<b>GLC2000</b>	Basado en FAO	Parte de un	No aplica en	Imágenes de	Clase forestal:	3 clasificadores

	para satisfacer requerimientos en cartografía mundial para documentar extensión y estado de ecosistemas	principio dicotómico que divide áreas forestales de no forestales. Parte de seis clases de cobertura principales que inician la anidación del resto de clases. No involucra áreas de construcción civil	sentido estricto	satélite	Bosque semicaducifolio abierto Clase no forestal: Pastizal de altura cerrado	3 clasificadores
<b>IGU</b>	Planificación y monitoreo de ocupación del suelo	Parte de seis clases de cobertura principales, desglosándose en niveles (I, II y III) que incrementan la especificidad de las coberturas	17	Imágenes de satélite LANDSAT	Cobertura natural: vegetación arbórea alta Cobertura de reemplazo: tipo o variedad de cultivo	3 clasificadores 1 clasificador
<b>CLC-Colombia</b>	Parte de los fundamentos del programa CORINE generado en Europa	Parte de cinco clases de cobertura principales que inician la anidación, desglosándose en niveles (I, II, III) que incrementan la especificidad de las coberturas de la tierra	61	Imágenes de satélite LANDSAT	Bosques y áreas seminaturales: Bosque natural fragmentado Territorios agrícolas: -Caña de azúcar -Café	2 clasificadores 1 clasificador

### **3.1 Marco teórico-metodológico para la construcción del sistema integrado**

Todo sistema de clasificación debe presentar una estructura en la que se incluyan todas las clases de coberturas posibles de un área de estudio determinada (Anderson *et al.* 1976). Dichas clases deben estar compuestas por criterios diagnósticos llamados clasificadores que por lo común metodológicamente son definidos previamente, con la intención de generar una identidad y registro específico de las clases de cobertura del suelo potenciales que podrían ser visualizadas a cualquier escala como unidades del paisaje (Di Gregorio & Jansen 2000).

La conformación estructural de las leyendas encontradas en la literatura (Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra LCCS-FAO, CORINE Land Cover Europa, CORINE Land Cover adaptado para Colombia, Unión Geográfica Internacional-UGI, Sistema de Clasificación de Uso y Cobertura de la Tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos y Global Land Cover) descritas y discutidas en la sección anterior, por lo general están concebidas en fases y niveles denotados como (nivel I, nivel II y nivel III) en el que la identidad de las clases se hacen más descriptivas e informativas a medida que se asciende en los niveles, ejerciéndose una redefinición de clases y estableciéndose entre ellas una estructura no sólo jerárquica sino anidada en función de las primeras. Esta condición de jerarquía en niveles, hace necesario que las clases tengan una fórmula o un número, o código, que acompañen al nombre estándar, facilitando seguir la anidación existente entre ellas (Di Gregorio & Jansen 2000).

En cualquiera de los niveles anteriormente expuestos, las clases deben tener una composición determinada de aspectos relevantes que señalen lo que se quiere, en relación al tipo de cobertura. Estos aspectos suelen ser llamados clasificadores diagnósticos y pueden ser divididos en dos tipos según Di Gregorio & Jansen (2000):

- a. Clasificadores de atributos técnicos y específicos: involucran aspectos que se refieren a: i) la presencia o no de vegetación, ii) el estado de la vegetación (si es natural, seminatural o agropecuaria), iii) el aspecto florístico, iv) el tipo de cultivo y v) la artificialidad de las coberturas para el caso de las zonas urbanizadas.

- b. Clasificadores de atributos ambientales: involucran elementos abióticos que pueden influir directa o indirectamente sobre la cobertura del suelo (clima, altitud, relieve, litología y erosión). Estos suelen encontrarse combinados o individuales dentro de una clase.

Ambos tipos de clasificadores pueden conformar la identidad de las clases de cobertura en una leyenda, proporcionando en algunos casos mayor apertura de aplicación dependiendo de la escala de mapeo, condicionando que las clases en un mapa tengan representación total o parcial (Di Gregorio & Jansen 2000). Por otro lado a su vez la estructura vertical de las leyendas también condiciona la cartografía de las clases, tal que, las clases que están en los niveles altos (nivel I y II) son de mayor mapeo que aquellas del nivel inferior (nivel III) debido a que en las primeras subyace la generalidad de las coberturas y en las últimas, los diferentes aspectos y atributos agregan especificidad. Independientemente de esta afirmación, los usuarios siempre encuentran clases que no están claramente definidas, manifestando disconformidad e inclusive teniendo la convicción de que no existe un sistema de clasificación ideal, porque hay diferentes perspectivas de clasificación por parte de los autores, ocasionando subjetividad entre sistemas (Anderson *et al.* 1976).

Dentro de la falta de objetividad que los usuarios manifiestan (Di Gregorio & Jansen 2000) se siguen encontrando múltiples actualizaciones o modificaciones de sistemas que se iniciaron hace más de una década, como por ejemplo: CORINE Land Cover y FAO que mantienen a pesar de ello un mismo esquema conceptual de las clases, al carecer de un significado funcional a escala del paisaje.

En las últimas décadas, y como consecuencia de los compromisos en materia de biodiversidad suscritos por los países de la Cumbre de Río (1992), se ha hecho necesaria la caracterización y monitoreo de la Diversidad Biológica. Parte de esta Diversidad Biológica concierne al contexto de hábitats, los cuales pueden ser expresados como la diversidad ecosistémica. Esto ha llevado a la elaboración en varios países de lo que se ha llamado “mapas de ecosistemas”, en los cuales se definen a las unidades espaciales de cobertura natural bajo un enfoque de estructura y funcionamiento, el cual determina la definición de las unidades espaciales.

Ejemplos de la aplicación de estos mapas en Latinoamérica, han sido descritos por Chacón-Moreno *et al.* (En arbitraje). La principal característica de estos sistemas de clasificación del elemento natural, es la definición de los mismos a partir del funcionamiento del sistema ecológico.

El objetivo es la integración en una leyenda de los aportes y conceptos de cobertura/uso de la tierra descritos y analizados anteriormente en conjunto con los conceptos y desarrollos metodológicos de los sistemas de clasificación de ecosistemas que involucran el aspecto funcional basado en las concepciones de clasificación del *Nature Serve* el cual incluye aspectos bioclimáticos (Josse *et al.* 2009).

El aspecto funcional en este sistema integrado estará incorporado en el último nivel (nivel III) a través del concepto de Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003) que se desarrollará para las coberturas seminaturales y agropecuarias de reemplazo (cultivos y pasturas) al darles un contexto o límite espacial que implique interrelaciones con el entorno ambiental lo cual determina un funcionamiento. Los Sistemas Ecológicos *per se*, son las unidades espaciales generadas a partir de la interpretación de la cobertura vegetal, donde los límites son definidos por la combinación del componente biótico y los factores abióticos o ambientales que determinan el funcionamiento del ecosistema (Chacón-Moreno *et al.* en arbitraje).

El componente biótico serán los distintos tipos de cobertura vegetal, y los factores abióticos, la altitud, la temperatura y la precipitación. Es importante señalar que la aplicación de este sistema integrado se expresó dentro de un contexto venezolano andino tropical, donde la temperatura responde a un gradiente altitudinal en el que los promedios anuales pueden variar desde 27°C en las zonas más bajas hasta (-2°C) en las más altas, dado que por cada 100 m disminuye 0.6 °C; aunado a las significativas diferencias térmicas entre el día y la noche (Andressen & Ponte 1973, Ahrens 2000). A esta amplitud térmica se sobrepone una marcada variación de las lluvias, la cual se manifiesta tanto a lo largo de la extensión altitudinal como entre las diferentes cuencas y vertientes. En este sentido; las vertientes llaneras presentan ritmos biestacionales, con máximos de precipitación entre mayo a octubre y mínimos



entre diciembre a marzo, siendo abril y noviembre meses de transición. Contrariamente en las vertientes lacustres la distribución es tetra estacional, de dos máximos de precipitación (el primero entre febrero a marzo y el segundo entre junio a agosto) y dos mínimos (el primero entre abril a mayo y el segundo entre septiembre a noviembre) (Andressen & Ponte 1973).

Las múltiples combinaciones de estos dos factores, temperatura y precipitación, determinan la aparición de diferentes escenarios ambientales que establecen la existencia de una gran variedad de tipos de vegetación (Grace *et al.* 2002; Ataroff & Sarmiento, 2004; Josse *et al.* 2003). Los tipos de vegetación se distribuyen entonces a lo largo de la transición altitudinal y espacial, no siendo directamente lineal, puesto que los gradientes de temperatura y variabilidad en los patrones y cantidad de las precipitaciones otorgan heterogeneidad en la distribución de las coberturas vegetales en los Andes.

Otras variables como la pendiente, la exposición y los suelos pueden actuar condicionando el establecimiento de las comunidades vegetales (Traquillini 1979, Körner 1998, Camarero & Gutiérrez 2004, Cavieres & Piper 2004, Körner & Paulsen 2004).

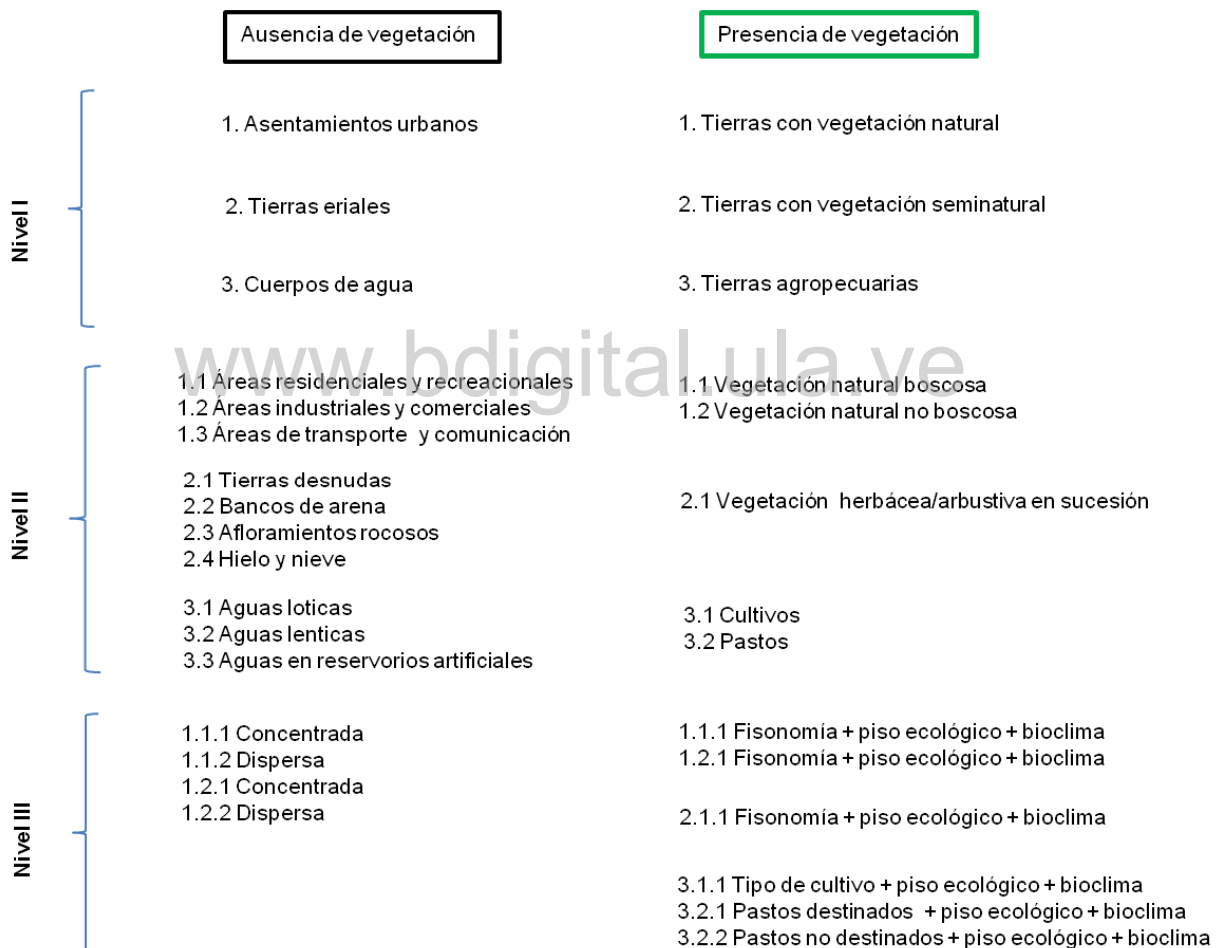
Estas respuestas ecológicas de la vegetación a la variedad de condiciones ambientales, son elementales para entender cómo se puede ver comprometida la biodiversidad del paisaje, en la que no solo protagonizan las áreas de vegetación natural sino también las áreas seminaturales y agropecuarias de reemplazo.

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Construcción de la leyenda**

Para construir el sistema integrado de clasificación de coberturas/ usos de la tierra, inicialmente se realizó un esquema estructural de la leyenda (Fig. 3.1) siguiendo las estructuras convencionales de los sistemas de clasificación consultados. La estructura parte de una fase dicotómica que separa las áreas sin vegetación de las áreas con vegetación, ambas jerarquizadas en tres niveles (nivel I, nivel II y nivel III)

que van de lo más general a lo más específico con respecto a la identidad de las clases. Cada clase por nivel, esta señalizada por una secuencia numérica que permite seguir la anidación de las clases hasta el nivel III, en el que, para las áreas con vegetación, el piso ecológico y el bioclima son los clasificadores de atributos ambientales que le dan el componente funcional a las coberturas naturales, seminaturales y agropecuarias de reemplazo, insertando conceptualmente a las dos últimas dentro de los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003).

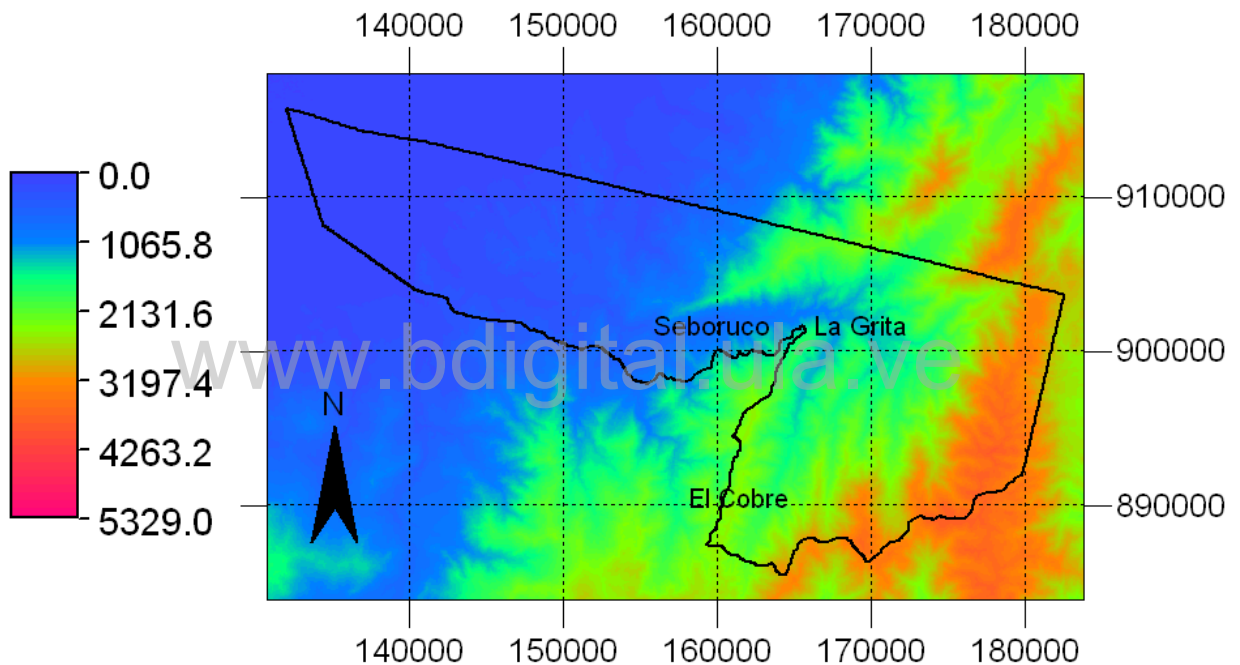


**Figura 3.1** Esquema estructural de la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra.

### 3.2.2 Obtención de los clasificadores piso ecológico y bioclima

#### a) Piso ecológico

Para obtener los pisos ecológicos se partió de un Modelo Digital de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) de la cuenca del río Grita (Fig. 3.2), adquirido de la Misión Topográfica de Radar (SRTM - shuttle radar topography mision) por ser según Roa & Kamp (2008) uno de los modelos tridimensionales más extensos y precisos de la superficie terrestre.



**Figura 3.2** Modelo Digital de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) de la Cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela. El segmento en negro delimita el área de estudio (SRTM 2000).

El DEM en ILWIS 3.3 fue procesado con la opción “*slicing*” para tabularlo en rangos de altitud según los intervalos de pisos ecológicos de Josse *et al.* (2009) (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Intervalos de altitud de pisos ecológicos según Josse *et al.* (2009).

Piso ecológico	Intervalo altitudinal (msnm)
Sub andino	500 – 800
Basimontano	800 -1800
Montano	1800 – 2900
Altimontano	2900 – 3900
Altoandino	3900 – 4300
Subnival	4300 – 4800
Nival	4800 - 5200

### b.) Bioclima

La bioclimatología es una ciencia ecológica que estudia las relaciones entre el clima y la distribución de los seres vivos en la tierra (Rivas-Martínez 2004) fundamentándose en las asociaciones numéricas de dos principales parámetros climáticos: precipitación (mm) y temperatura (°C). A partir de cada parámetro es posible obtener una serie de valores (ver Tabla 3.2 como ejemplo) que se relacionan matemáticamente.

**Tabla 3.2** Parámetros demostrativos de precipitación y temperatura que se relacionan matemáticamente para la obtención de índices bioclimáticos.

Parámetros de precipitación	Parámetros de temperatura
<b>Ppi:</b> precipitación positiva	<b>Ti:</b> temperatura media mensual
<b>Ppd:</b> precipitación positiva del trimestre más seco del año	<b>Tps1:</b> temperatura positiva del mes más cálido
<b>Ppd1:</b> precipitación positiva del mes más seco del año	<b>Tps2:</b> temperatura positiva del bimestre más cálido
<b>Ppd2:</b> precipitación positiva del bimestre más seco del año	<b>Tpw2:</b> temperatura positiva del bimestre más frío

Relacionando mediante formulas aritméticas sencillas estos valores de precipitación y temperatura que se obtienen, se calculan los índices bioclimáticos, que clasifican bioclimáticamente una zona de interés al aplicar claves bioclimáticas como la de Rivas-Martínez (2004).

Los índices bioclimáticos a calcular en este caso son: el índice ombrotérmico anual y el índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año. Estos ombrotipos son rangos basados en la precipitación y en la evaporación creciente con el incremento de la temperatura de alta correlación con las estructuras de la vegetación potencial climatófila en toda la Tierra.

#### Cálculo de los índices bioclimáticos

- El índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año, que está definido por:  **$Iod2 = 10 (Pi / Tpi*2)$** , que clasifica en función de la estacionalidad de las lluvias en: **pluvial y pluviestacional**(Tabla 3.3).

**Nota:(Pi)** se obtiene seleccionando de la base de datos de precipitación los tres meses consecutivos más secos del año, sumando los dos meses más secos de este trimestre. Con estos valores se generó un mapa de puntos y posteriormente se realizó una interpolación estadística usando el método Kriging (Henlg 2007), de tal manera de obtener un mapa (Pi) para toda el área. El **(Tpi)** es un mapa de temperatura media anual multiplicado por dos por que debe relacionarse a la sumatoria de la temperatura positiva de los dos meses asociados más secos(Rivas-Martínez 2004).

- El índice ombrotérmico anual (Io), está definido por:  **$Io = 10 (Pp / Tp*12)$** , que clasifica un área en función de la disponibilidad de agua presente, para suplir la que se pierde por evapotranspiración en las plantas. Las áreas según la disponibilidad de agua se clasifican en: **seco, árido, semiárido, subhúmedo, húmedo, hiperhúmedo y ultrahiperhúmedo**(Tabla 3.3).

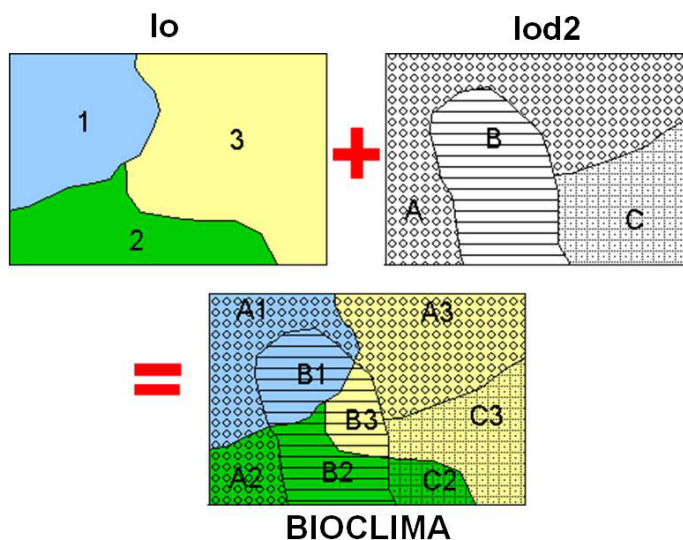
**Nota: (Pp)** es un mapa de distribución promedio anual de la precipitación. **(Tp)** es un mapa de temperatura media anual multiplicado por doce, puesto que la sugerencia metodológica de Rivas-Martínez (2004) es utilizar el número de meses cuya temperatura media sea superior a 0°C, condición que se cumple durante los 12 meses del año en el trópico.

**Tabla 3.3** Criterios de clasificación bioclimática según los índices lod2 (estacionalidad) e lo (ombrotipo) (Rivas-Martínez 2004).

lod2	Estacionalidad	lo	Ombrotipo	
>2.5	Pluvial	≥ 3.6	3.6 - 6	Subhúmedo
			6.0 - 12	Húmedo
			12.0 – 24.0	Hiperhúmedo
≤ 2.5	Pluviestacional		≥ 24.0	Ultrahiperhúmedo

Una vez obtenidos los índices desplegados como mapas, se cruzaron en ILWIS 3.3 para generar el mapa de clasificación bioclimática de la cuenca del río Grita (Fig. 3.3).

www.bdigital.ula.ve

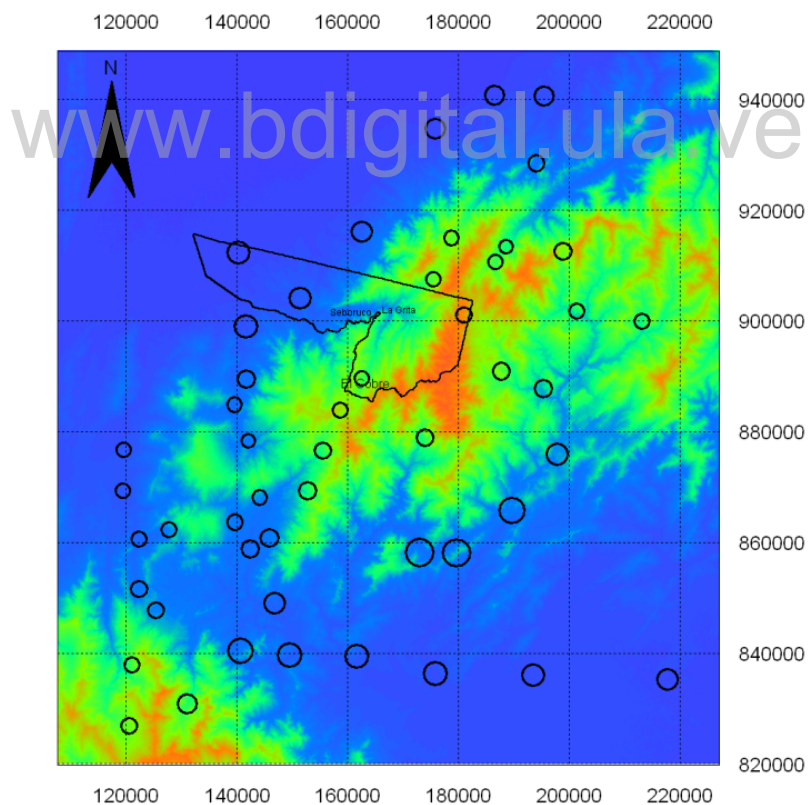


**Figura 3.3** Esquema del cruce entre el lo e lod2 para generar el mapa bioclimático.

b.1) Procesamiento de datos climáticos (precipitación y temperatura) para obtener  $(P_p)$ ,  $(P_i)$ ,  $(T_p)$ .

b.1.1) Preparación y procesamiento de datos de precipitación:

Se compilaron datos de precipitación provenientes de 50 estaciones meteorológicas, suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). Para la selección de las 50 estaciones se tomo en cuenta la distribución geográfica de ellas, de tal manera que circundaran la cuenca del río Grita, estado Táchira (Fig. 3.4) por ser la zona de aplicación del Sistema Integrado de Clasificación. Un 90% aproximadamente de las estaciones se encontraban en el estado Táchira y el resto en las inmediaciones del sureste del estado Mérida, en las cercanías de la cuenca del río Grita.



**Figura 3.4** Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas (círculos). El segmento en negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

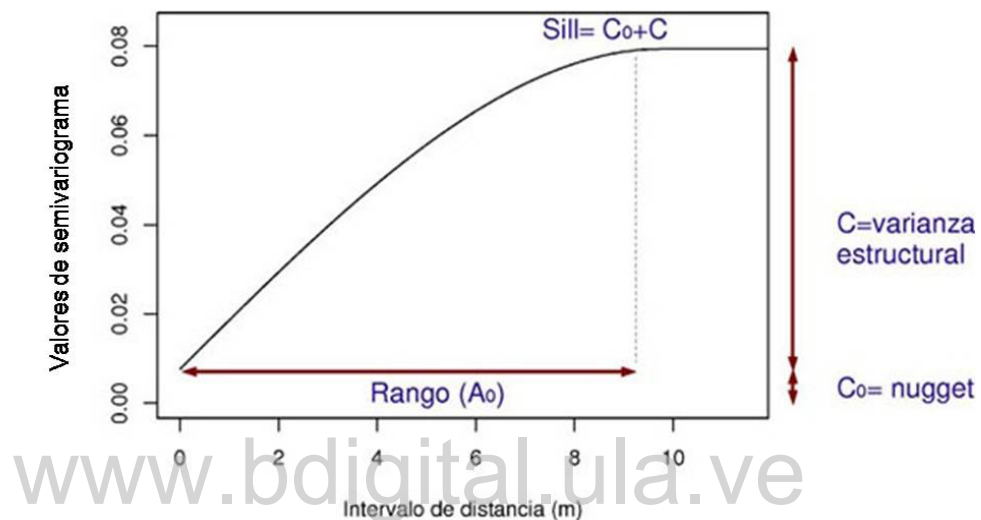
Del total de estaciones meteorológicas se eligieron únicamente aquellas estaciones donde todos los años tuviesen registros de los 12 meses, y los años, en los que faltara al menos un mes de medición fueron eliminados. Para cada una de las estaciones se calculó el promedio anual de precipitación (para **Pp**) y el promedio de precipitación de los tres meses más secos del año, sumando los dos meses más secos de este trimestre (para **Pi**). Con dichos valores se generaron mapas de puntos de promedios para **Pp** y para **Pi** utilizando ILWIS 3.3.

A partir de los mapas de puntos, se realizó un análisis estadístico para correr el Kriging. Se hizo una correlación espacial omnidireccional con un “*lag spacing*” de 5000 m, obteniendo así más de 30 pares de puntos correlacionados, que según Hengl (2007) al menos 30 pares son estadísticamente aceptables para que los cálculos siguientes sean satisfactorios: a) la autocorrelación espacial, b) la varianza espacial y c) los valores de semivariograma para los pares de puntos que se encuentran cada 5000 m unos de otros. Consecutivamente se obtuvo un gráfico semivariograma (distancia vs valores de semivariograma) para **Pp** y **Pi** (Fig. 3.5) que describe la diferencia cuadrática entre pares de valores de puntos y la distancia (ILWIS, 2001). La dispersión de puntos en los gráficos semivariograma posteriormente se ajustó a uno de los modelos matemáticos predeterminados que ofrece ILWIS 3.3, que tras repetidas revisiones de prueba resultó concordar con el modelo esférico. El modelo matemático que mejor se ajusta es el que permite realizar en el siguiente paso las interpolaciones por krigueado (por definición es una forma de procesamiento geoestadístico que estima valores desconocidos a partir de valores conocidos de una variable en el espacio) entre los puntos en el mapa.

El tipo de interpolación o kriging utilizado para cada mapa de puntos fue el simple. Para ejecutar el krigueado se utilizó los mapas de puntos de precipitación promedios respectivos y los valores que se extraen de cada gráfico semivariograma y que a continuación se definen (Fig. 3.5). El producto del krigueado es un mapa raster de precipitaciones.



- a) Valor Nugget ( $C_0$ ): es el salto vertical a partir del valor cero en el origen, hasta el valor de semivarianza más alto, a distancias muy pequeñas.
- b) Valor Sill ( $C_0 + C$ ): es el valor de semivariograma donde se alcanza la meseta de la curva.
- c) Valor Range ( $A_0$ ): es la distancia a la cual los valores de semivariograma no aumentan más y llegan a una meseta.



**Figura 3.5** Esquema de un semivariograma y valores que se extraen ( $C_0$ ,  $C_0+C$ ,  $A_0$ ) a partir del modelo matemático que mejor se ajuste. La curva representa el modelo matemático que mejor se ajusta a la dispersión de puntos antes de alcanzar la meseta.

#### b.1.2) Preparación y procesamiento de datos de temperatura:

Se compilaron datos de 5 estaciones meteorológicas únicas con registros de temperatura distribuidas en las inmediaciones de la cuenca del río Grita (Tabla 3.4). Los registros fueron suministrados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA) seccional Táchira.

Para cada una de las estaciones se escogieron únicamente los años con registros de los 12 meses, y los años, en los que faltara al menos un mes de medición fueron eliminados. Seguidamente para cada una de las estaciones se calculó la temperatura media anual, la temperatura máxima media anual y la temperatura mínima media anual. Por carecer de un número significativo de estaciones meteorológicas, el

cálculo por krigeado de las temperaturas en el resto del área fue sustituido por regresiones alto-térmicas.

Para realizar las regresiones alto-térmicas se utilizó la altitud en msnm a la que se encontraba cada estación (Tabla 3.4).

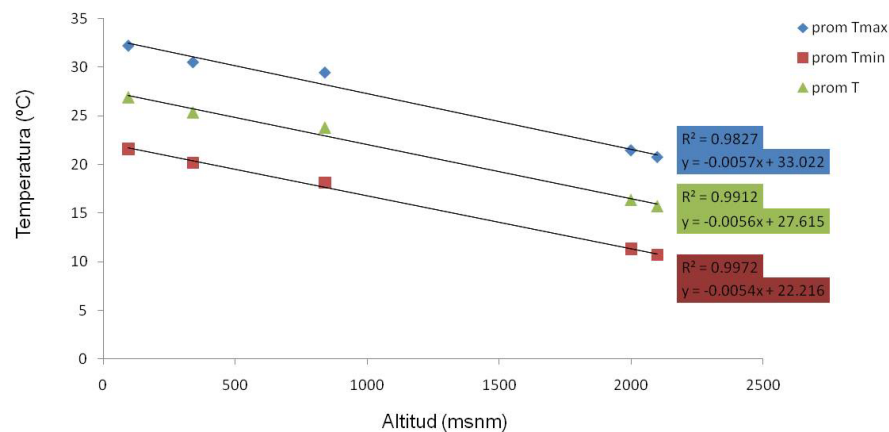
**Tabla 3.4** Estaciones meteorológicas distribuidas en las inmediaciones de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela, cuyos datos de temperatura y altitud (msnm) de ubicación fueron utilizadas para realizar las regresiones altotérmicas.

Estación	Altitud (msnm)
1. Táchira	340.0
2. Fría-Aeropuerto	95.0
3. Seboruco	840.0
4. Sabana Grande	2000.0
5. El Cobre	2100.0

La altitud se graficó en el eje de las ordenadas y las temperaturas medias, máximas medias y mínimas medias del año, en el eje de las abscisas. Ambos ejes se relacionaron por medio de una regresión lineal definida por la siguiente ecuación general:

$$Y = m * x + b$$

A la dispersión de puntos obtenida se le ajustó una recta de regresión cuya pendiente fue negativa. Esta tendencia vislumbra que a medida que incrementa la altitud disminuye la temperatura (Fig. 3.6).



**Figura 3.6** Regresión alto-térmica para cada uno de los promedios de temperatura: temperatura media (T), temperatura máxima media (Tmax) y temperatura mínima media (Tmin). Nótese la ecuación de regresión lineal para cada una de las rectas de regresión.

Cada una de las ecuaciones de regresión lineal fue introducida en ILWIS 3.3 para generar mapas individuales de temperatura media anual, medias máximas y medias mínimas. Para ello el parámetro altitud (variable “x” en la ecuación) fue sustituido por un DEM de la cuenca (Fig. 3.2) adquirido de la Misión Topográfica de Radar (SRTM - shuttle radar topography mision). Al sustituir la variable “x” por el DEM se obtienen mapas raster de distribución de temperaturas.

### 3.2.3. Reconocimiento ecológico

#### 3.2.3.1) Área de estudio

La cuenca del río Grita está ubicada en la Cordillera de los Andes venezolanos, al Oeste de Venezuela y al Noroeste del estado Táchira, entre la latitud  $8^{\circ}5'$  y  $8^{\circ}12' \text{ N}$ , y la longitud  $71^{\circ}56'$  y  $72^{\circ}10' \text{ O}$ , con un área aproximada de 78.562,5 ha. (Figura 3.7). Pertenece político y administrativamente a los municipios José María Vargas, capital El Cobre; Jáuregui, capital La Grita y Rómulo Acosta capital Las Mesas. Hidrológicamente está conformada por las siguientes microcuencas: Venegara, Guanare, Aguadías, Caricuena, Páramo El Rosal, Quebrada San José y el Valle, que drenan sus aguas hacia el lago de Maracaibo. Topográficamente se encuentra situada en un área de alta montaña tropical, con pendientes escarpadas y una

elevación máxima de 4104 msnm y una mínima de 450 msnm (Pacheco *et al* 2006, MPPA). Climáticamente se divide en tres tipos de clima según Köppen (Tabla 3.5) (MARNR 1986):

**Tabla 3.5** Tipos de clima según Köppen para la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

Tipo de clima	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Régimen
Tropical lluvioso de sabana (Aw)	>18	700-1200	Bimodal
Tropical de altura de selva (Gf(w))	< 18	1030-1980	Unimodal
Tropical de altura paraméro (H)	< 13	>1130	Unimodal

Geológicamente, está conformada por las formaciones Mucuchachi, Sabaneta y Palmarito del Paleozoico Superior y las formaciones del grupo Iglesias (Tostos, Sierra Nevada y Bella Vista) del Precámbrico. Edafológicamente dominan los inceptisoles y en menor proporción los entisoles, molisoles y alfisoles (MARNR 1986).

En cuanto a los tipos de vegetación natural se encuentran como remanentes la selva semicaducifolia montana, selva nublada montano baja, selva nublada montano alta, bosques siempre verdes secos y el páramo andino (adaptado de Ataroff & Sarmiento 2004).

Los sistemas de reemplazo lo constituyen cultivos hortícolas sobre los 2000 msnm (zanahoria, lechuga, ajo, repollo, cebollín), cultivos de papa sobre los 1800 msnm, cultivos diversificados (maíz, cilantro, pepino, pimentón, remolacha, tomate, cebolla, yuca, apio, cambur, caña de azúcar, fresas, leguminosas, cítricos, durazno, aguacate), pastizales introducidos principalmente kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), capin melao (*Melinis minutiflora*) y guinea (*Panicum maximun*) para abastecer a la ganadería semi intensiva entre los 1800 y 2000 msnm. Sobre este límite altitudinal hasta los 3000 msnm aproximadamente se cría la ganadería de toros de lidia (MARNR 1986).



**Figura 3.7** Ubicación geográfica de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

### 3.2.3.2) Interpretación de la imagen de satélite

Una imagen SPOT del año 2010, suministrada por el Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes de Satélite (LPAIS) del Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI) perteneciente a la Fundación Instituto de Ingeniería, de resolución espacial 10x10 m (pixel) fue georreferenciada en el software ERDAS imagine 8.2 tomando puntos geográficos de referencia (4 puntos de control) sobre hojas de cartografía nacional digitalizadas del área de estudio a escala 1:100.000 y paralelamente sobre la imagen de satélite. De esta manera el sistema relaciona las coordenadas que tiene cada punto en ambas imágenes sobre pantalla. La georreferencia permitió corregir distorsiones geométricas de la imagen causadas por efecto panorámico, curvatura y rotación de la tierra.

#### a) Clasificación de la imagen.

Para interpretar y analizar la imagen aplicando el sistema integrado de clasificación de cobertura/uso de la tierra se utilizaron las combinaciones espectrales verde (G) – infrarrojo medio (IRM) – rojo (R) 142 para obtener composiciones en falso color. El método de clasificación de la imagen utilizando el software ERDAS imagine 8.2 fue el supervisado, que consiste en seleccionar pixeles con base a sus características espectrales, de tonalidad y textura, originándose áreas de interés AOI en respuesta al promedio espectral de los pixeles vecinos (estadístico: relaciones de vecindad) (ITC 1997, Aronoff 1993, Sabins 1987). Dicha clasificación supervisada genera como resultado una imagen raster con las respectivas clases de cobertura/uso que posteriormente es filtrada estadísticamente utilizando el parámetro “vecindad de mayoría” de 7x7 pixeles con el fin de eliminar pixeles aislados que generan ruido en la clasificación mejorando la visualización y resaltando rasgos lineales (Chuvienco 1996).

A continuación la imagen clasificada es exportada al software ILWIS 3.3 para su edición vectorial. De acá se generó un mapa preliminar para validarlo en campo constituido por un tamaño de pixel de 12 m x 12 m., sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84, elipsoide WGS84 y zona 19.

#### b) Reconocimiento de campo.

El mapa preliminar de cobertura/uso de la tierra de la cuenca del río Grita se validó en campo recorriendo en un vehículo carreteras principales y secundarias, tomando puntos arbitrarios con un sistema de posicionamiento global GPS (59 puntos en total) tomando en cuenta el acceso a las áreas y la representación de las coberturas. Cada uno de estos puntos fue validado a través de la observación directa de la cobertura natural (ecosistemas), seminatural y de reemplazo agropecuario registrando la fisonomía de los tipos de vegetación en una planilla de campo.

El reconocimiento de campo conlleva a la edición del mapa preliminar utilizando ERDAS imagine 8.2 e ILWIS 3.3 para modificar y corregir polígonos de cobertura/uso de la tierra y obtener así el mapa final.

Una vez obtenido el mapa final de coberturas/ usos este se cruzó en ILWIS 3.3 mediante la opción *map calculation* con el mapa de pisos ecológicos (Fig. 3.7) y bioclimático (Fig. 3.18) para de esta manera generar la identidad de las clases de cobertura/ uso según la leyenda integrada desarrollada.

#### 4.1 Análisis y discusión de resultados

##### 4.1.1 Leyenda integrada de clasificación de cobertura/ uso de la tierra

La leyenda integrada de clasificación de cobertura/ uso parte de una fase dicotómica que separa las áreas sin vegetación de las áreas con vegetación. Cada área a su vez está constituida por tres niveles inclusivos de clasificación (nivel I, nivel II, nivel III) que le confieren jerarquía en sentido creciente a las clases de cobertura que constituyen cada nivel, es decir, las clases que se encuentran en el primer nivel presentan una identidad nomenclatural más general con respecto a las del tercer nivel que guardan mayor especificidad e individualidad en cuanto al tipo de cobertura. Para seguir la anidación de las clases desde el nivel I hasta el nivel III cada una está identificada con un código numérico. Este código numérico incrementa su enumeración a medida que incrementa el número de clases establecidas.

##### a) Definición de los niveles jerárquicos de la leyenda integrada

**Nivel I:** Constituye el nivel superior y más general del sistema, conformado por seis clases de cobertura, tres que pertenecen a las áreas con vegetación ausente y tres que pertenecen a las áreas con vegetación presente. Los clasificadores que componen cada clase son del tipo técnico específicos según Di Gregorio & Jansen (2000) (Tabla 4.1):

**Tabla 4.1** Clases de cobertura del nivel I para las áreas desprovistas y provistas de vegetación. Se observa en cada clase el número de identificación que inicia la anidación con los niveles sucesivos.

Ausencia de vegetación	Presencia de vegetación
1. Asentamientos urbanos	1. Tierras con vegetación natural
2. Tierras eriales	2. Tierras con vegetación seminatural
3. Cuerpos de agua	3. Tierras agropecuarias

**Nivel II:** Constituye el nivel intermedio del sistema, en el que se desglosan quince opciones secundarias de cobertura dándole continuidad anidada con respecto a las coberturas del nivel I. Los clasificadores que componen cada clase son del tipo técnico específicos (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2** Clases de cobertura del nivel II para las áreas desprovistas y provistas de vegetación. Se observa en cada clase el número de identificación que permite seguir la anidación con respecto al nivel anterior.

Ausencia de vegetación	Presencia de vegetación
1.1 Áreas residenciales y recreacionales 1.2 Áreas industriales y comerciales 1.3 Áreas de transporte y comunicación	1.1 Vegetación natural boscosa 1.2 Vegetación natural no boscosa
2.1 Tierras desnudas 2.2 Bancos de arena 2.3 Afloramientos rocosos 2.4 Hielo y nieve	2.1 Vegetación herbácea/arbustiva en sucesión
3.1 Aguas loticas 3.2 Aguas lenticas 3.3 Aguas en reservorios artificiales	3.1 Cultivos 3.2 Pastos

**Nivel III:** Constituye el nivel inferior pero más específico del sistema, con 49 clases de cobertura que revelan en su identidad nomenclatural el funcionamiento a escala del paisaje, al tener insertado el principio conceptual de los sistemas ecológicos de Josse *et al.* (2003) en las áreas naturales pero sobre todo seminaturales y agropecuarias de reemplazo (Tabla 4.3). Los clasificadores que componen cada clase de vegetación son del tipo técnico específicos y de atributos ambientales.



**Tabla 4.3** Clases de cobertura del nivel III para las áreas desprovistas y provistas de vegetación. Se observa en cada clase el número de identificación que permite seguir la anidación con respecto a los niveles anteriores.

Ausencia de vegetación	Presencia de vegetación
1.1.1 Áreas residenciales y recreacionales concentradas	1.1.1 Fisonomía + piso ecológico + bioclima
1.1.2 Áreas residenciales y recreacionales dispersas	1.2.1 Fisonomía + piso ecológico + bioclima
1.2.1 Áreas industriales y comerciales concentradas	
1.2.2 Áreas industriales y comerciales dispersas	
	2.1.1 Fisonomía + piso ecológico + bioclima
	3.1.1 Tipo de cultivo + piso ecológico + bioclima
	3.2.1 Pastos destinados + piso ecológico + bioclima
	3.2.2 Pastos no destinados + piso ecológico + bioclima

www.bdigital.ula.ve

Al seguir estos niveles, el usuario puede detenerse en cualquiera de ellos, según el nivel de detalle y especificidad de identificación que pretenda.

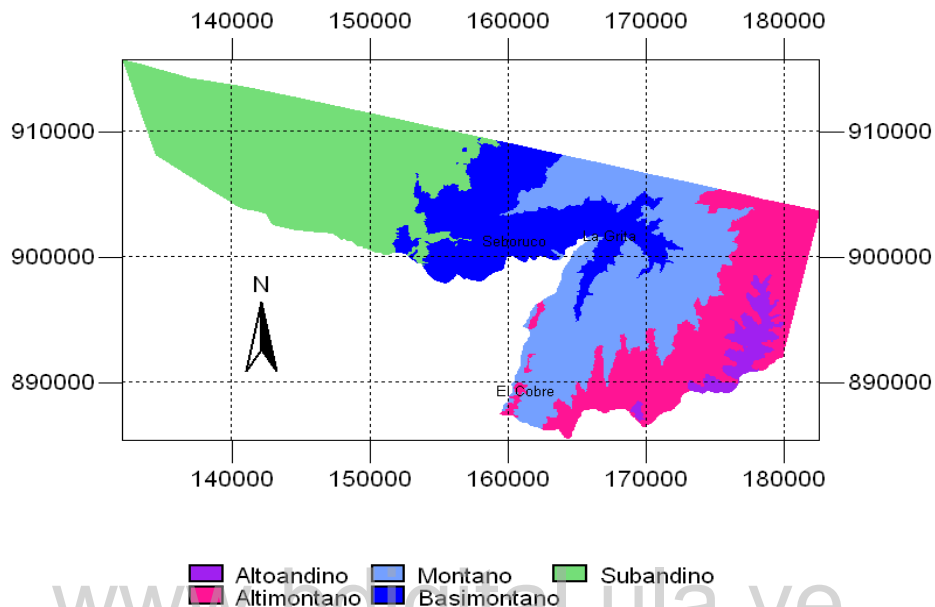
Las clases del nivel III se exhibirán más adelante una vez se muestren los resultados que dieron origen a los distintos pisos ecológicos y bioclimas.

**4.1.2 Clasificadores de atributos ambientales que definen las clases de vegetación en el nivel III y le confieren la funcionalidad a escala del paisaje a cada unidad.**

**a) Pisos ecológicos de la cuenca del río Grita.**

La cuenca del río Grita entre los siete pisos ecológicos según Josse *et al.* (2009) (Tabla 3.1) quedo representada por cinco pisos (Fig. 4.1) que constituyen el primer clasificador de atributos ambientales de las clases en el nivel III y que a continuación se nombran en sentido oeste – este: el piso subandino que abarca la zona altitudinal más baja de la cuenca (hasta los 800 msnm) en lo que es el eje hacia la Fría y el

aeropuerto la Fría. El basimontano (entre 800 a 1800 msnm) que en el límite más inferior puede considerarse como el piedemonte de la cuenca. El montano (entre 1800 a 2900 msnm). El altimontano (entre 2900 a 3900) y el altoandino (entre 3900 a 4300 msnm).



**Figura 4.1** Pisos ecológicos de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

**b) Bioclima de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela**

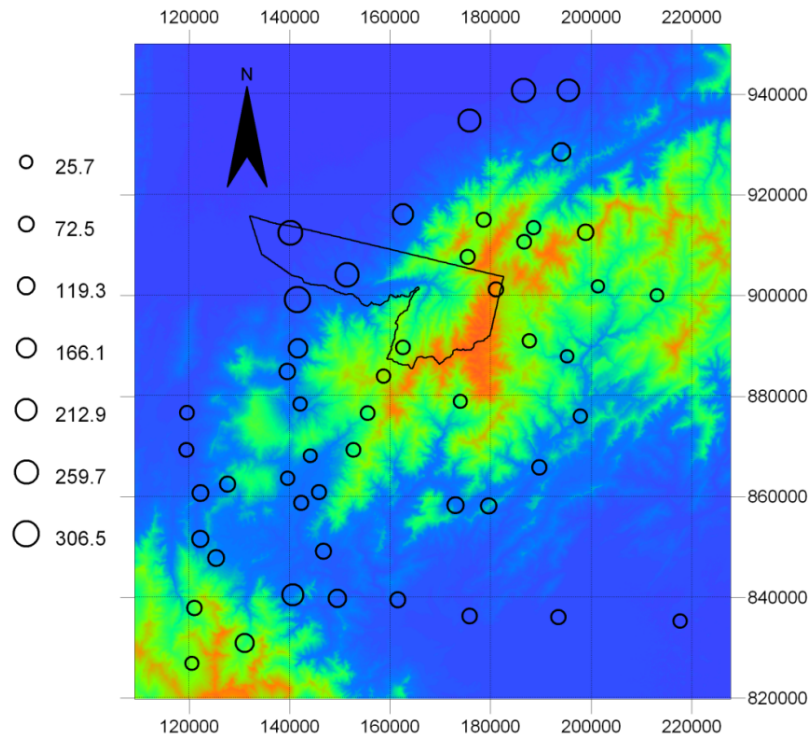
**bi)** Mapa del índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año (Iod2).

Este índice permitió obtener uno de los dos elementos que conforman al bioclima, como es la condición de estacionalidad de las precipitaciones, en pluvial y pluviestacional (Fig. 4.6), siendo tratado aquí como un clasificador de atributos ambientales.

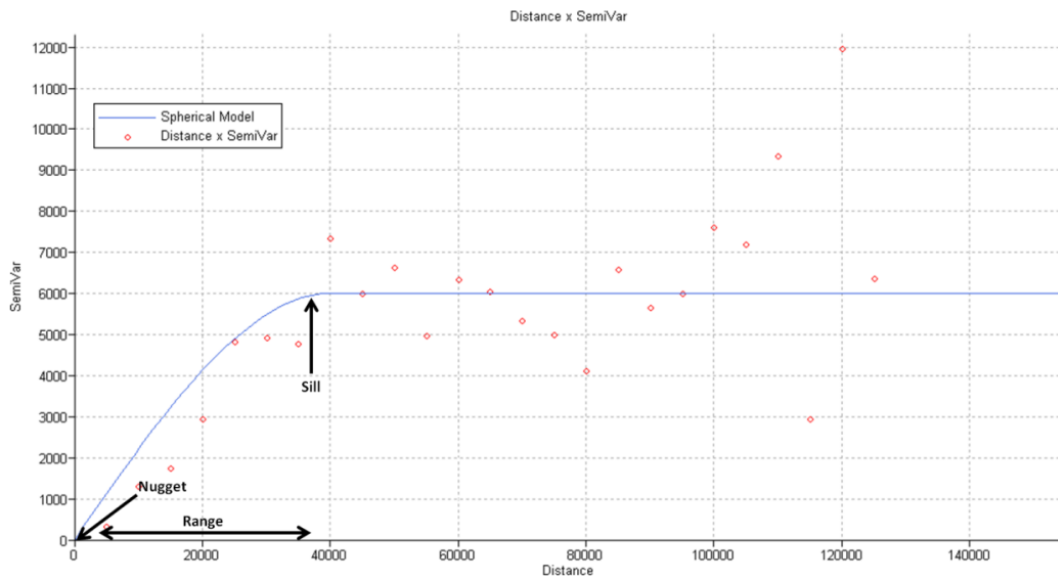
La condición de estacionalidad (Iod2) está definida por:

$$\text{Iod2} = 10 (\text{Pi} / \text{Tpi} * 2)$$

Donde (Pi) se obtuvo de la figura 4.2 y la figura 4.3.

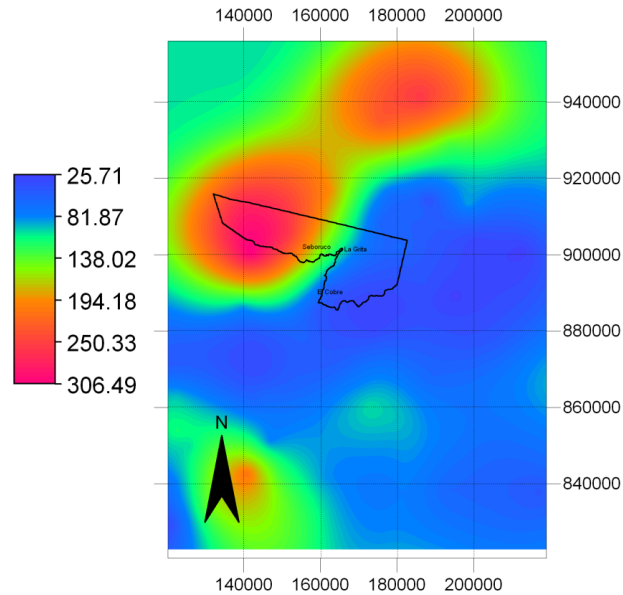


**Figura 4.2** Distribución de puntos de precipitación promedio en milímetros (círculos) del bimestre más seco del trimestre más seco del año proveniente de las 50 estaciones meteorológicas. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.



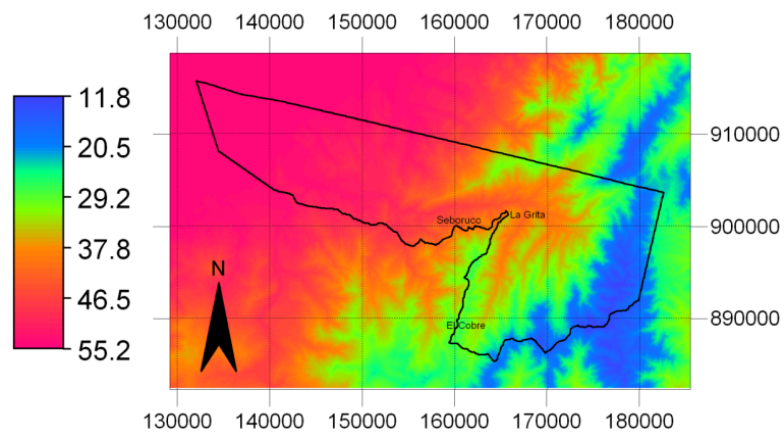
**Figura 4.3** Grafico semivariograma que relaciona entre pares de puntos de precipitación promedio del bimestre más seco del trimestre más seco del año. Las flechas señalan los valores Nugget ( $C_0 = 0$ ), Sill ( $C_0 + C = 6000$ ) y Range ( $A_0 = 37000$ ).

Con estos valores se cálculo el krigeado entre los puntos de precipitación promedio del bimestre más seco del trimestre más seco (Fig. 4.2) y se obtuvo la distribución de esta precipitación ( $P_i$ ) en la cuenca del río Grita (Fig. 4.4).



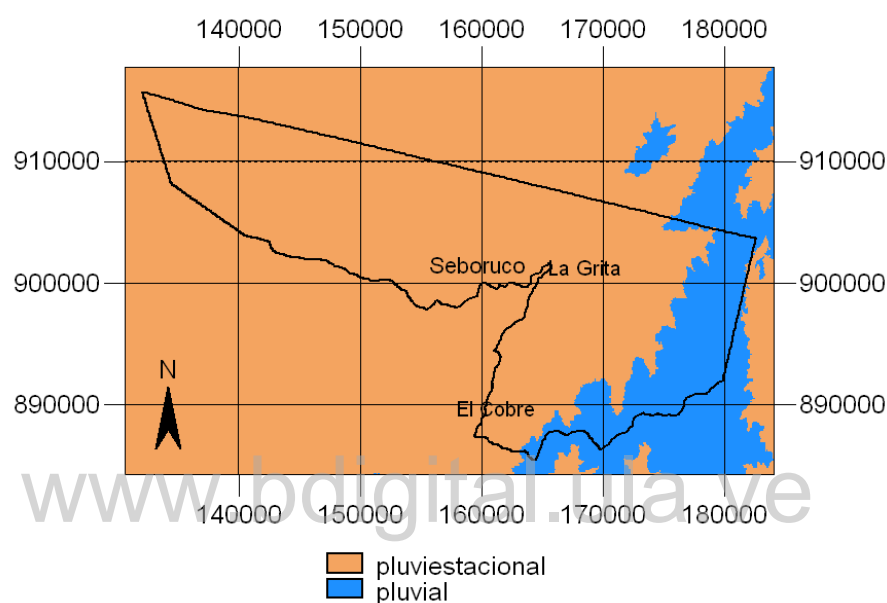
**Figura 4.4** Precipitación promedio de tres meses más secos del año adicionando los dos meses más secos de este trimestre ( $P_i$ ). Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

Por otro lado el  $T_{pi} \cdot 2$  es el producto del modelo de distribución de temperatura media anual multiplicado por dos (Fig. 4.5).



**Figura 4.5** Distribución de temperatura media anual multiplicado por dos. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

Estos mapas de valores (Fig. 4.4) y (Fig. 4.5) se introdujeron en el algoritmo **lod2** y siguiendo los criterios de clasificación bioclimática de Rivas-Martínez (2004) (Tabla 3.3) se obtuvo el modelo de estacionalidad de las precipitaciones (Fig. 4.6). En este aspecto se observa que una importante proporción de la cuenca se encuentra bajo regímenes de precipitación pluviestacional y que las zonas de mayor altitud que corresponden a los pisos (altimontano y altoandino) presentan un régimen pluvial.



**Figura 4.6** Estacionalidad de las precipitaciones derivado del lod2. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

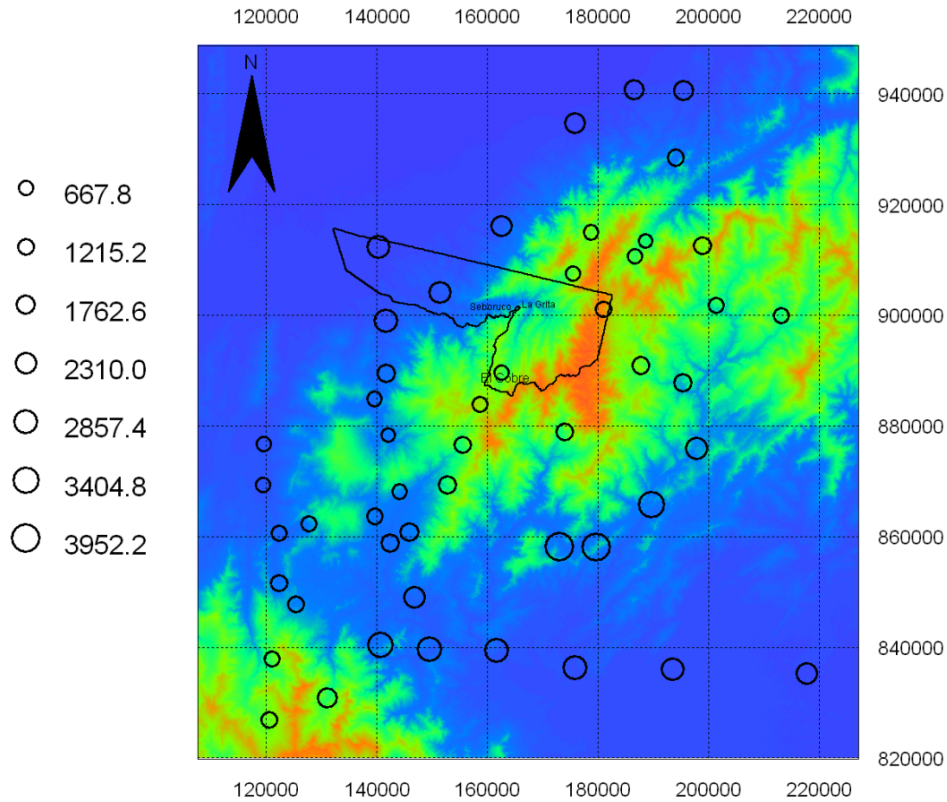
**bii) Mapa del índice ombrotérmico anual (Io).**

Este índice permitió obtener uno de los elementos que conforman al bioclima, relacionado con la disponibilidad de agua en un lugar. En este sentido de los cuatro posibles según la Tabla 3.3, solo fueron obtenidos tres dentro de la cuenca: subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo.

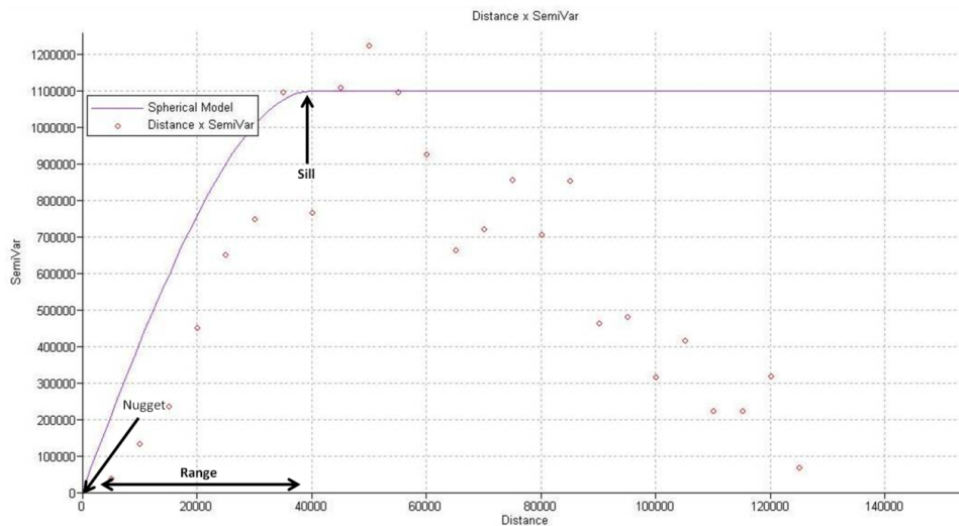
La condición de humedad (Io) está definida por:

$$Io = 10 (Pp / Tp * 12)$$

Donde (Pp) se obtuvo de la figura 4.7 y la figura 4.8.

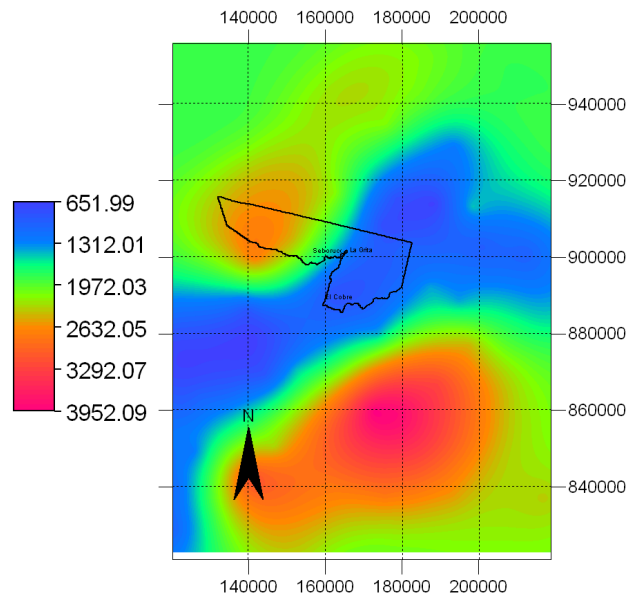


**Figura 4.7** Distribución de puntos de precipitación promedio anual en milímetros (círculos) provenientes de las 50 estaciones meteorológicas. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.



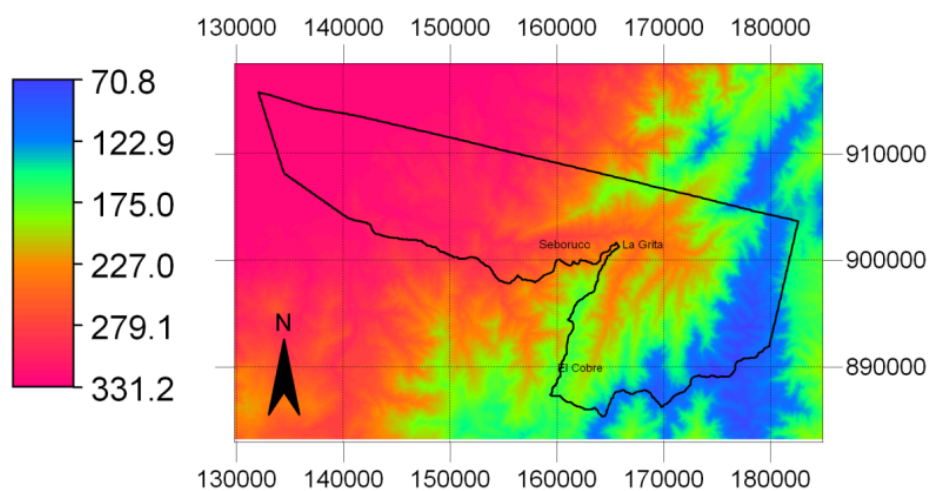
**Figura 4.8** Grafico semivariograma que relaciona entre pares de puntos de precipitación promedio anual. Las flechas señalan los valores Nugget ( $C_0=0$ ), Sill ( $C_0+C=1100000$ ) y Range ( $A_0=37000$ ).

Con estos valores se computo el krigeado entre los puntos de precipitación promedio anual (Fig. 4.7) y se obtuvo la distribución de esta precipitación ( $P_p$ ) en la cuenca del río Grita (Fig. 4.9).



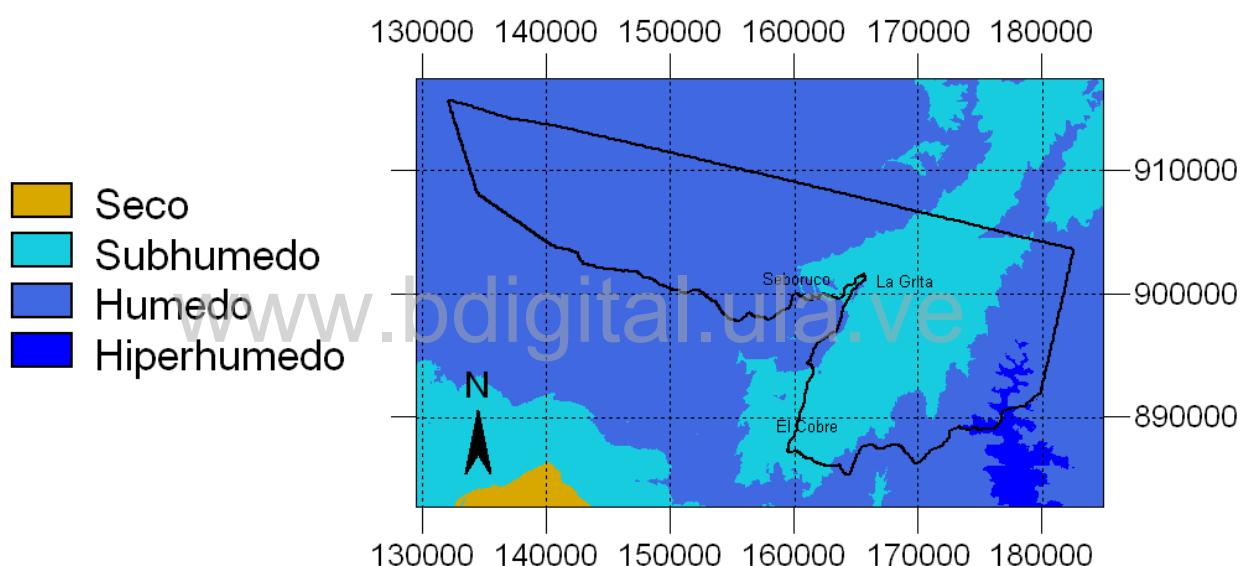
**Figura 4.9.** Distribución promedio anual de precipitación ( $P_p$ ). Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

Por otro lado el  $T_p \cdot 12$  es el producto del modelo de distribución de temperatura media anual multiplicado por doce (Fig. 4.10).



**Figura 4.10** Distribución de temperatura media anual multiplicado por doce. Segmento negro delimita la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela.

Estos modelos de distribución (Fig. 4.9) y (Fig. 4.10) se introdujeron en el algoritmo **lo** y siguiendo los criterios de clasificación bioclimática de Rivas-Martínez (2004) (Tabla 3.3) se obtuvo la distribución del índice ombrotermico anual (Fig. 4.11). En este aspecto se observa que la cuenca del río Grita se encuentra representada por tres ambientes de humedad: subhúmedo a lo largo de los valles interandinos desde el Cobre hasta la Grita y sus inmediaciones; húmedo hacia las zonas bajas de la Fría y el piso altimontano, y el hiperhúmedo en la zona de mayor altitud donde se ubican los páramos (piso altoandino).



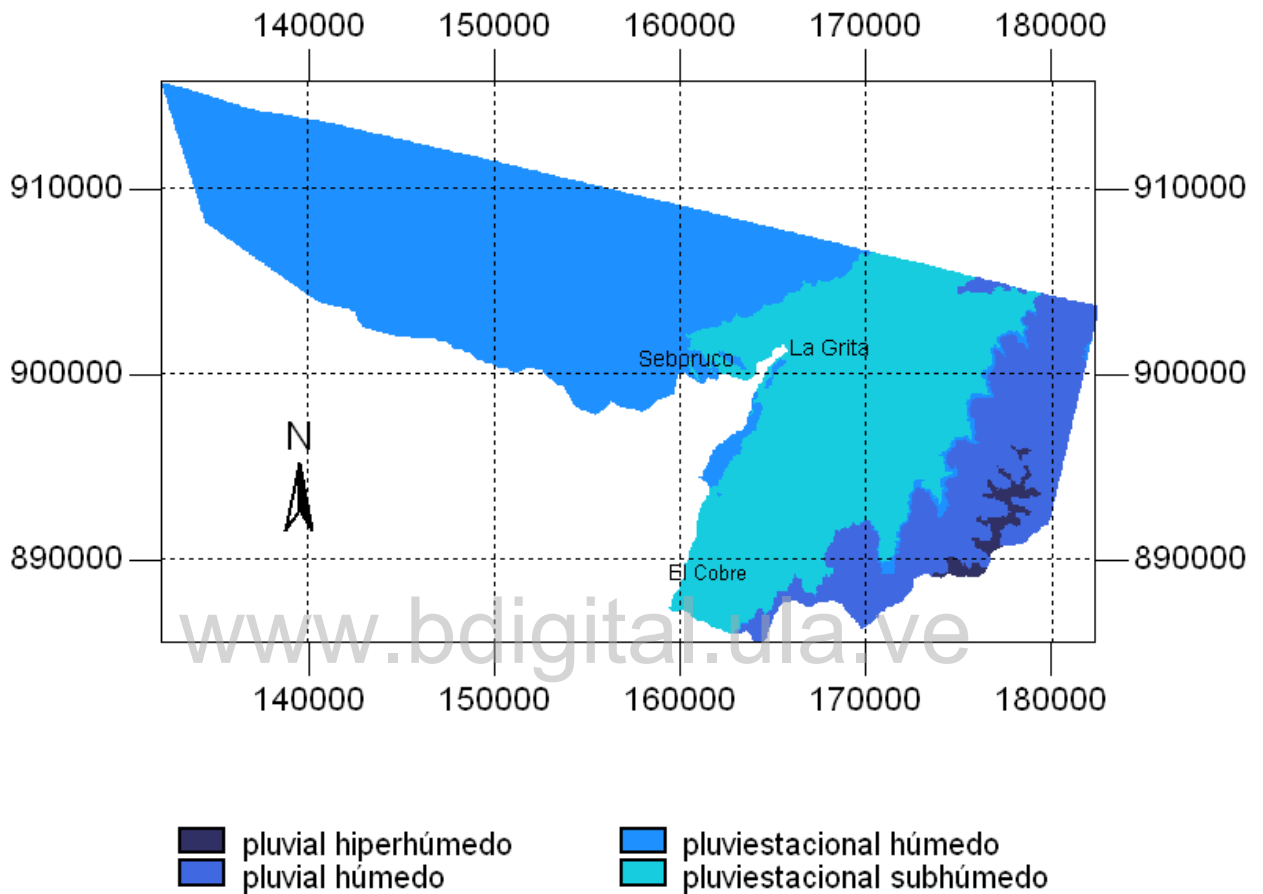
**Figura 4.11** Distribución del índice ombrotermico anual ( $I_o$ ) que clasifica la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela en: subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo.

### **biii)** Mapa bioclimático de la cuenca del río Grita

El mapa bioclimático de la cuenca del río Grita es el producto de la combinación de la (Fig. 4.6) y la (Fig. 4.11). Este cruce de mapas generó cuatro bioclimas (Fig. 4.12) que en sentido oeste – este se mencionan: pluviestacional húmedo, pluviestacional subhúmedo, pluvial húmedo y pluvial hiperhúmedo. Es importante destacar que existen dos regímenes de estacionalidad de las lluvias (pluviestacional y pluvial) cada



uno de ellos diferenciados por tres escenarios de humedad: subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo.



**Figura 4.12** Clasificación bioclimática de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela, derivado de los índices **lod2** e **lo** según Rivas-Martínez (2004).

Al sobreponer visualmente los pisos ecológicos (Fig. 4.1) y el mapa bioclimático (Fig. 4.12) que se crearon como atributos diagnósticos independientes, pero que aquí fueron utilizados como clasificadores de atributos ambientales, para que junto a la fisonomía de la cobertura vegetal natural, seminatural y agropecuarias de reemplazo conformaran las clases del nivel III (Tabla 4.4).

**Tabla 4.4** Clasificadores de atributos técnicos-específicos y ambientales del nivel III de la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra.

Cobertura/ uso (atributos técnicos- específicos)	Piso ecológico (atributo ambiental)	Bioclima (atributo ambiental)	
		Estacionalidad	Disponibilidad de agua
Unidades de vegetación natural y seminatural	Subandino	Pluviestacional	Húmedo
	Basimontano	Pluviestacional	Húmedo
			Subhúmedo
	Montano	Pluviestacional	Húmedo
			Subhúmedo
	Altimontano	Pluvial	Húmedo
Altoandino	Pluvial	Hiperhúmedo	
Unidades agropecuarias de reemplazo (cultivos y pasturas)	Subandino	Pluviestacional	Húmedo
	Basimontano	Pluviestacional	Húmedo
			Subhúmedo
	Montano	Pluviestacional	Húmedo
			Subhúmedo
	Altimontano	Pluvial	Húmedo
Altoandino	Pluvial	Hiperhúmedo	

#### 4.1.3 Clases de la leyenda integrada de cobertura/uso de la tierra en cada uno de sus niveles I, II y III

Posteriormente se hizo una compilación de todos los niveles de la leyenda integrada de clasificación, añadiendo las posibles fisonomías de cobertura vegetal natural, seminatural y de reemplazo, quedando representadas las áreas provistas de vegetación en el nivel III con 53 clases (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5** Leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra.

Nivel I	Nivel II
1. Asentamientos urbanos	1.1 Áreas residenciales y recreacionales 1.2 Áreas industriales y comerciales 1.3 Áreas de transporte y comunicación
2. Tierras eriales	2.1 Tierras desnudas 2.2 Bancos de arena 2.3 Afloramientos rocosos 2.4 Hielo y nieve
3. Cuerpos de agua	3.1 Aguas loticas 3.2 Aguas lenticas 3.3 Aguas en reservorios artificiales

---

**4. Tierras con vegetación natural**

4.1 Tierras con vegetación natural  
boscosa

4.2 Tierras con vegetación natural no  
boscosa

**5. Tierras con vegetación seminatural**

5.1 Vegetación herbácea/arbustiva en  
sucesión

**6. Tierras agropecuarias**

6.1 Cultivos

6.2 Pasturas

---

---

### Nivel III

1.1.1 Concentrada

1.1.2 Dispersa

1.2.1 Concentrada

1.2.2 Dispersa

4.1.1 Bosque subandino pluvial húmedo

4.1.2 Bosque basimontano pluvial húmedo

4.1.3 Bosque basimontano pluvial subhúmedo

4.1.4 Bosque montano pluvial húmedo

4.1.5 Bosque montano pluvial subhúmedo

4.1.6 Bosque altimontano pluvial húmedo

4.1.7 Bosque preparamero altimontano pluvial húmedo

4.2.1 Pajonal rosetal altoandino pluvial hiperhúmedo

4.2.2 Arbustal rosetal altoandino pluvial hiperhúmedo

4.2.3 Rosetal pajonal altoandino pluvial hiperhúmedo

4.2.4 Rosetal arbustal altoandino pluvial hiperhúmedo

4.2.5 Arbustal espinoso basimontano pluvial húmedo

4.2.6 Arbustal espinoso basimontano pluvial subhúmedo

5.1.1 Matorral y/o herbazal subandino pluvial húmedo

5.1.2 Matorral y/o herbazal basimontano pluvial húmedo

5.1.3 Matorral y/o herbazal basimontano pluvial subhúmedo

5.1.4 Matorral y/o herbazal montano pluvial subhúmedo

5.1.5 Matorral y/o herbazal altimontano pluvial húmedo

5.1.6 Matorral y/o herbazal altoandino pluvial hiperhúmedo

6.1.1 Cultivo transitorio subandino pluvial húmedo

6.1.2 Cultivo transitorio basimontano pluvial húmedo

6.1.3 Cultivo transitorio basimontano pluvial subhúmedo

6.1.4 Cultivo transitorio montano pluvial subhúmedo

6.1.5 Cultivo transitorio altimontano pluvial húmedo

6.1.6 Cultivo transitorio altoandino pluvial hiperhúmedo

6.1.7 Cultivo anual subandino pluvial húmedo

6.1.8 Cultivo anual basimontano pluvial húmedo

6.1.9 Cultivo anual basimontano pluvial subhúmedo

6.1.10 Cultivo anual montano pluvial subhúmedo

6.1.11 Cultivo anual altimontano pluvial húmedo

6.1.12 Cultivo anual altoandino pluvial hiperhúmedo

6.1.13 Cultivo permanente subandino pluvial húmedo

6.1.14 Cultivo permanente basimontano pluvial húmedo

6.1.15 Cultivo permanente basimontano pluvial subhúmedo

6.1.16 Cultivo permanente montano pluvial subhúmedo

6.1.17 Cultivo permanente altimontano pluvial húmedo

6.1.18 Cultivo permanente altoandino pluvial hiperhúmedo

6.2.1 Pastos destinados subandinos pluviales húmedos

6.2.2 Pastos destinados basimontanos pluviales húmedos

6.2.3 Pastos destinados basimontanos pluviales subhúmedos

6.2.4 Pastos destinados montanos pluviales subhúmedos

---

- 
- 6.2.5 Pastos destinados altimontanos pluviales húmedos**
  - 6.2.6 Pastos destinados altoandinos pluviales hiperhúmedos**
  - 6.2.7 Pastos no destinados subandinos pluviestacionales húmedos**
  - 6.2.8 Pastos no destinados basimontanos pluviestacionales húmedos**
  - 6.2.9 Pastos no destinados basimontanos pluviestacionales subhúmedos**
  - 6.2.10 Pastos no destinados montanos pluviestacionales subhúmedos**
  - 6.2.11 Pastos no destinados altimontanos pluviales húmedos**
  - 6.2.12 Pastos no destinados altoandinos pluviales hiperhúmedos**
- 

La leyenda presenta inicialmente un arreglo dicotómico donde se separan las áreas con ausencia de vegetación de las áreas con presencia de vegetación permitiendo a los potenciales usuarios ubicarse más rápidamente en una fase inicial de clasificación. Posteriormente, se definen niveles jerárquicos incluyentes de cobertura/uso (nivel I, nivel II, nivel III) que al seguirse cronológicamente incrementa las opciones de cobertura y la descripción de identidad de las clases, tal como lo presentan los sistemas que fueron revisados. Cada clase de igual manera presenta una numeración que permite seguir la anidación jerárquica entre las clases. Es importante mencionar que en el sistema integrado las clases de cobertura en los dos primeros niveles (nivel I y II) guardan semejanza en cuanto a la forma en que son identificadas estas clases iniciales, es decir, por sustantivos simples que aluden al tipo de coberturas.

La importancia central en este sistema integrado, radica en la identidad de las clases de cobertura del nivel III más inclusivo, por ofrecer mayores opciones de clases y detalle descriptivo. En este sentido no solo se involucraron clasificadores diagnósticos implicados con aspectos relacionados a la cobertura vegetal propiamente dicha como los que incumben a la fisonomía, al aspecto florístico o al tipo de cultivo o pasto etc., sino también clasificadores de atributos ambientales relacionados con los pisos ecológicos y el bioclima que introducen el componente funcional a escala del paisaje basado en los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003). Estos clasificadores se procesaron como variables independientes, pero en conjunto con la fisonomía vegetal natural, seminatural y agropecuarias de reemplazo conforman las clases del nivel III, manteniendo una identidad que puede ser interpretada en función de la información ambiental que manifiestan como veremos

más adelante. Además es notorio darse cuenta que las clases del nivel III, naturales, seminaturales y agropecuarias de reemplazo conservan homogeneidad en cuanto al número de clasificadores o elementos diagnósticos utilizados (la fisonomía, el piso ecológico y el bioclima = 3) colocándolas con un mismo peso conceptual. A diferencia de los sistemas estudiados anteriormente cuyas clases a este nivel no tienen igualdad en sus elementos diagnósticos ni mucho menos una identidad conceptual que permita generar interpretaciones o significados de las coberturas y usos. El Sistema FAO (Di Gregorio & Jansen 2000) (Fig. 2.1) aunque permite añadir variedad de elementos diagnósticos a la clase, dada la cantidad importante de módulos que ofrece, pueden tornar inmanejable la información que pueda transmitir una determinada clase generada por el usuario.

El enfoque conceptual que agrega este sistema integrado de clasificación para las áreas naturales, seminaturales pero sobre todo para las agropecuarias de reemplazo basado en los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003) permite extraer como se mencionó, información adicional de las clases de cobertura proporcionado por el tipo de elementos diagnósticos ambientales que funcionan en conjunto, permitiendo realizar interpretaciones como las que a continuación se demuestran, contribuyendo de esta manera con una herramienta de clasificación alternativa para llevar a cabo proyectos de planificación, monitoreo de coberturas y biodiversidad.

Las áreas seminaturales y agropecuarias de reemplazo entonces se convierten al estar cartografiadas en un mapa, en unidades del paisaje ecológico que permiten entender su ocupación e interpretar su funcionalidad al ser tratadas como Sistemas Ecológicos. En este sentido por ejemplo, si se tiene una clase identificada como “Cultivo anual montano pluviestacional subhúmedo” significaría que es un cultivo de ciclo vegetativo con duración aproximada de un año que puede estar representado por alguno de estos rubros (caña de azúcar, apio, papa, ajo, cebollín, hortalizas etc.) cuyo polígono está ubicado en un piso montano con pluviestacionalidad, es decir que al menos en una época del año existe un régimen de sequía, aunado a una condición subhúmeda que indicaría que la cantidad de agua disponible en el sistema para recuperar las pérdidas por evapotranspiración de los entes vegetales está por debajo

del umbral de temperatura. Al tener un cultivo bajo estas condiciones podemos discernir además que el cultivo está siendo manejado o está funcionando bajo riego frecuente. Ahora bien, desde el punto de vista de la planificación, gestión sostenible de los recursos y control de uso de la tierra, se puede inferir que bajo estas condiciones los cultivos ideales para la zona serían los de secano por necesitar menos cantidad de agua. Asimismo, se puede inferir el tipo de sistema ecológico (ecosistema) que están reemplazando, que en este caso pudiese ser un Bosque montano pluviestacional subhúmedo. De esta manera interpretativa aplicaría para el resto de las unidades seminaturales y agropecuarias de reemplazo que se muestran en la tabla 3.9.

Se concluye entonces que este sistema integrado de clasificación cumplen con los siguientes criterios para satisfacer un sistema de clasificación según Di Gregorio & Jansen (2000):

- a. El sistema es comprensible, con amplitud de clases, fundamentado científicamente y orientado a la práctica.
- b. Podría satisfacer nuevas necesidades de usuarios.
- c. Incluye significativamente las coberturas del suelo (bosques, áreas agropecuarias, suelo desnudo, etc.).
- d. Describe las coberturas terrestres con un conjunto mínimo necesario de clasificadores.
- e. Puede ser utilizado a diferentes niveles de detalle según el nivel jerárquico seleccionado por el usuario.

Y diverge en que:

- a. Posee bajo potencial de aplicabilidad a un sistema de referencia común dada la diversidad de propuestas de clasificación existentes.
- b. Se dificultan comparaciones con otras clasificaciones.



c. Poca flexibilidad, debido a que el enfoque metodológico requiere actualización teórica y práctica en el tema de los Sistemas Ecológicos.

#### **4.1.4 Caracterización de las principales unidades de cobertura/uso de la tierra representadas en la leyenda integrada de clasificación**

##### **1. Asentamientos urbanos**

Comprende áreas cubiertas por infraestructuras civiles y arquitectónicas céntricas o periféricas habitadas o no por pobladores, destinadas al uso residencial, recreacional, comercial, industrial, y de transporte (redes de comunicación vial). Las coberturas forestales y agrícolas asociados se incluyen en esta categoría, cuando la matriz urbana domina sobre este tipo de coberturas vegetales.

##### 1.1 Áreas residenciales y recreacionales

Comprende el uso residencial (zonas de habitación, casas individuales y de jardín, edificaciones de servicios públicos, cementerios) y recreacional (centros de aglomeraciones y centros históricos, áreas deportivas, parques y zonas peatonales, infraestructura vacacional) que tienden a co-ocupar un mismo espacio. Las unidades de este tipo adyacentes a las carreteras distribuidas de manera dispersa que se extienden fuera de los núcleos son considerados como apéndices.

##### 1.2 Áreas industriales y comerciales

Comprende zonas cubiertas por infraestructura exclusivamente industrial y comercial (infraestructura de investigación y desarrollo, centros comerciales, edificios industriales) similares o no funcionalmente que además pueden estar en contacto directo o no con la matriz residencial y recreacional, pudiendo estar ubicadas de forma céntrica o periférica a lo largo de carreteras.

##### 1.3 Áreas de transporte y comunicación

Comprenden espacios con infraestructuras de comunicación terrestre como carreteras y vías de acceso para desplazamiento humano e intercambio comercial e industrial entre zonas céntricas y periféricas.

## **2. Tierras eriales**

Son tierras que por sus características edafológicas poco fértiles no es posible el establecimiento de la vegetación, y si existe es escasa y muy espaciada constituida por matorrales y pastos. La superficie puede estar físicamente dominada por suelos desnudos, quemados, coberturas arenosas y afloramientos rocosos.

### **2.1 Tierras desnudas**

La cobertura vegetal está ausente o es escasa, producto de la ocurrencia de procesos y características geofísicas naturales (quema, viento, pronunciadas pendientes) y antrópicos (quema, cultivos mal manejados) que generan erosión extrema y muy baja probabilidad de establecimiento vegetal.

### **2.2 Bancos de arena**

Comprende principalmente terrenos bajos y planos, cubiertos por acumulaciones de arena transportadas por el viento. Generalmente desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de matorral ralo y bajo.

### **2.3 Afloramientos rocosos**

Incluye áreas de rocas expuestas, escarpas, material volcánico u otras acumulaciones de roca sin cobertura vegetal, dispuestas en laderas abruptas. Esta categoría es común localizarla en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas.

### **2.4 Hielo y nieve**

Incluye áreas cubiertas por hielo en forma permanente y por nieve en forma ocasional. La cobertura de hielo se localiza en las cimas y laderas más altas de algunas montañas.

### **3. Cuerpos de agua**

Incluyen todas las áreas de tierra que persistentemente están cubiertas por cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, comprendidas por lagos, lagunas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce. Agua en movimiento, ríos y canales.

#### **3.1 Aguas loticas**

Incluye ríos, arroyos y canales corrientes naturales de caudal considerable que fluyen con continuidad.

#### **3.2 Aguas lenticas**

Corresponde a las masas de agua naturales no corrientes de carácter abierto o cerrado, que puedan estar conectadas o no con un río. Se excluyen los embalses por ser depósitos artificiales.

#### **3.3 Aguas en reservorios artificiales**

Comprende los depósitos artificiales creados por el hombre para almacenar agua con propósito de riego (tanques australianos), el control de inundaciones, abastecimiento de agua y generación de energía hidroeléctrica.

Se presenta una caracterización de tipo intermedia para las coberturas de vegetación referente a su estructura, cobertura y especies dominantes. Esta caracterización fue realizada con base en información obtenida de los sistemas evaluados anteriormente, Mapa de Ecosistemas de los Andes del norte y centro y control de campo.

### **4. Tierras con vegetación natural**

Esta comprendido por grupos de coberturas vegetales de origen primario y sin intervención antrópica, comúnmente de tipo boscoso, arbustivo o herbáceo sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales.

#### 4.1 Tierras con vegetación natural boscosa

Comprende las áreas naturales constituidas principalmente por elementos arbóreos leñosos perennes de especies nativas o exóticas, con un solo tronco principal o en algunos casos con varios tallos que tienen una copa más o menos definida.

##### 4.1.1 Bosque subandino pluviestacional húmedo:

Selva siempre verde con un dosel denso entre 15 y 25 m y un estrato emergente discontinuo hasta 40 m con algunas especies caducifolias. Especies dominantes: *Ochoterenaea columbiana*, *Henriettella fissanthera*, *Pourouma bicolor*, *Anacardiu mexcelsum*, *Graffenrieda gracilis*, *Piper arboreum*, *Warscewiczia coccinea*, *Ecclinusa lanceolata*. Las palmas son muy importantes: *Bactris macana*, *Euterpe karsteniana*, *Geonoma interrupta*, *Attalea butyracea*, *A. maracaibensis*. Abundan las lianas leñosas y las enredaderas: *Mandevilla subsagittata*, *Peltastes colombianus*, *Adenocalym mainundatum*, *Mansoake rere*, *Xylophragmasee mannianum*, *Dioscorea coriacea*.

##### 4.1.3 Bosque basimontano pluviestacional subhúmedo:

Bosques con dosel en 10 y 15 m. Especies importantes: *Roupala aff. Pseudocordata*, *Escalonia floribunda*, *Psidium caudatum*, *Psidium guianense*, *Myrsine ferruginea*, *Clusia multiflora*, *Weinmannia glabra*, *Dodonaea viscosa*.

##### 4.1.5 Bosque montano pluviestacional subhúmedo:

Bosques siempre verdes estacionales o semidecíduos, con dosel de 10 -15 m. Crecen en laderas y crestas montañosas en las vertientes de clima pluviestacional. Son relativamente escasos en áreas con estacionalidad marcada.

##### 4.1.6 Bosque altimontano pluvial húmedo:

Dosel muy irregular, entre 20-30 m en el límite inferior, hasta 10 m en el superior. Especies dominantes: *Podocarpus oleifolius*, *Oreopanax moritzii*, *Hedyosmum brasiliense*, *Havetia laurifolia*, *Ocotea calophylla*, *Billia columbiana*, *Brunellia acutangula*, *Persea mutisii*, *Weinmannia jahnii*, *Clusia multiflora*. En el sotobosque

se encuentran: *Palicourea demissa*, *Psychotria aubletiana*, *Solanum meridense*, *Monochaetum meridense*, *Fuchsia venusta*, *Begonia mariae*, *Dodonaea viscosa*. Trepadoras: *Anthuriumgehrigeri*, *A. julianii*, *Passiflora mollissima*, *Mikania* spp., *Bomarea multiflora*. Las epífitas: *Tillandsia tetrantha*, *T. biflora*, *Epidendrum dendrobii*, *Oncidium falcipetalum*, *Pleurothallis roseo-punctata*, *Peperomia microphylla*.

#### 4.1.7 Bosque paramero altimontano pluvial húmedo:

Se encuentra colindando por debajo con la vegetación de páramo. Se caracterizan por ser bosques achaparrados, con dosel entre 3 y 7 m de altura. Un estrato arbóreo superior de 7 m de alto y 60% de cobertura conformado por: *Weinmannia balbiciana*, *Espeletia neriifolia*, *Bacharis* sp., *Oreopanax* sp., *Chusquea* sp. Un estrato arbustivo medio de 3 m de alto y 80% de cobertura conformado por: *Myrica* aff *pubescens*, *Bucquetia* sp., *Ternstroemia* sp., *Vaccinium* sp., *Arcytophyllum* sp., *Rubus* sp., *Macleania rupestris*, *Cyathea*. Un estrato herbáceo entre 10 cm a 1 m de altura con 80% de cobertura conformado por: *Orthosantum* sp., *Tillandsia* sp., *Eryngium* sp., *Geranium* sp., *Sellaginella* sp., *Lycopodium* sp., *Nertera* sp.

Especies principales: *Gynoxys meridana*, *Gynoxys moritziana* y *Weinmannia multijuga*. En el sotobosque: *Hypericum laricifolium*, *Pentacalia pachypus*, *Pentacalia magnicalyculata*, *Monticalia andicola*, *Bejaria aestuans*, *Bocconia integrifolia*, *Chaetolepis lindeniana*, *Baccharis prunifolia*.

#### 4.2 Tierras con vegetación natural no boscosa

Comprende las áreas cubiertas por vegetación herbácea y arbustiva establecidas primariamente de forma natural con ausencia de intervención.

##### 4.2.1 Pajonal rosetal altoandino pluvial hiperhúmedo:

Está constituido por tres estratos. Un primer estrato de aproximadamente 150 cm de altura y 30% de cobertura dominado por *Espeletia schultziy Cortaderia* sp. Un segundo estrato de gramíneas y arbustos de aproximadamente 50 cm de altura y 70% de cobertura dominado por: *Eragrostis* sp., *Hypericum* sp. Y *Espeletia jhanii*. Un

tercer estrato menor a 50 cm de altura y 90% de cobertura compuesto por: *Acaena cylindrostachia*, *Sisyrinchium tinctorum*, *Geranium multiceps*.

#### 4.2.2 Arbustal rosetal altoandino pluvial hiperhúmedo:

En esta cobertura se diferencian tres estratos. Un estrato arbustivo de 2 m de altura y 70% de cobertura conformado por: *Arcytophyllum nitidum*, *Espeletia neriifolia*, *Chaetolepis* sp., *Chusquea* sp. Un estrato arbustivo-herbáceo por debajo de 1 m de altura y 50% de cobertura dominado por: *Vaccinium* sp., *Espeletia jhanii*, *Swalenochoa* sp. y *Cortaderia* sp. y un estrato más bajo alrededor de los 30 cm de altura y 30% de cobertura dominado por: *Hypochoeris* sp., *Acaena cylindrostachia* y *Geranium multiceps*.

#### 4.2.3 Rosetal pajonal altoandino pluvial hiperhúmedo:

Los porcentajes de cobertura está dominado por las formas de roseta(60%) y secundariamente por los pajonales(40%).

#### 4.2.4 Rosetal arbustal altoandino pluvial hiperhúmedo:

Los porcentajes de cobertura está dominado por las formas de roseta(70%) y secundariamente por los arbustales(30%).

#### 4.2.5 Arbustal espinoso:

Puede estar constituido por vegetación de 5 a 9 m de dosel abierto, hasta un arbustal poco denso. El estrato alto podría estar dominado por los árboles: *Prosopis juliflora*, *Acacia macracantha*, *Pereskia guamacha* y las cactáceas columnares *Stenocereus griseus*, *Cereus hexagonus*, *Pilosocereus tillianus*, *Subpilocereus repandus*. El estrato bajo, menor que 150 cm, está compuesto por: *Opuntia caribaea*, *Opuntia elatior*, *Croton rhamnifolius*, *Cnidolos cusurens*, *Lantana canescens*, *Melocactus caesius*. Sobre las especies del estrato alto crecen numerosas epífitas: bromeliáceas, orquídeas y piperáceas.

## 5. Tierras con vegetación seminatural

Esta comprendido por grupos de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales con poca intervención antrópica.

### 5.1 Vegetación herbácea/arbustiva en sucesión

Corresponde a áreas que han sido intervenidas y cuyas coberturas de vegetación se han establecido de forma natural a través de un proceso sucesional en respuesta a un disturbio natural o de acción antrópica. La vegetación suele ser de bajo porte, con dosel irregular. Predominan los elementos arbustivos pero pueden presentar elementos arbóreos dispersos.

A este nivel jerárquico se incluyen los matorrales/herbazales que pueden ocasionar en los diferentes pisos ecológicos y regímenes bioclimáticos siendo tratados como unidades secundarias definidos así:

- a) Matorral y/o herbazal: En general está constituido por tres estratos bien diferenciados. Un estrato arbóreo bajo de 6 m de altura. Un estrato arbustivo de 2 m y un estrato herbáceo de 80 cm de alto. Las especies más dominantes son: *Clusia* sp., *Beforia* sp., *Peperomia* sp., *Solanun* sp., *Neea* sp., *Senna* sp., *Phyllanthus* sp., *Berberis* sp., *Psidium* sp., *Rubus* sp., *Echeverya* sp., *Pteridium aquilinum*, *Epidendrum* sp.

## 6. Tierras agropecuarias

Se definen como tierras utilizadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, en rotación o en barbecho, producto de cultivos en actividad.

A este nivel jerárquico se incluyen tres tipos de cultivos (cultivos transitorios, anuales y permanentes) que no están exentos de ocasionar en los diferentes pisos ecológicos y regímenes bioclimáticos.

## 6.1 Cultivos

### a) Cultivo transitorio:

Comprende las áreas ocupadas por cultivos cuyo ciclo vegetativo dura menos de un año, llegando inclusive a ser de unos pocos meses. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar para seguir produciendo.

### b) Cultivo anual:

Comprende las áreas ocupadas por cultivos cuyo ciclo vegetativo dura aproximadamente un año. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Los cultivos de este tipo suelen ser la caña de azúcar, apio, papa, ajo, cebollín, avena, zanahoria, remolacha, caraoatas, vainita, habas, hortalizas, fresas, moras, y flores.

### c) Cultivos permanentes:

Comprende las áreas ocupadas por cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volver a plantar. Los constituyen cultivos arbóreos/arbustivos como cítricos, cambur, lechosa, aguacate, guayaba y frutales en general.

## 6.2 Pasturas

Se definen como tierras donde la vegetación esta predominada por gramíneas de la familia Poaceae, pudiendo estar acompañados de otras hierbas y arbustos sembrados o introducidos, así como por especies de plantas domesticadas. Estas áreas pueden estar dedicadas o no al pastoreo permanente.

A este nivel jerárquico se incluyen dos tipos de pastos (pastos destinados y no destinados) que no están exentos de ocasionar en los diferentes pisos ecológicos y regímenes bioclimáticos.



a) Pastos destinados:

Comprende las áreas cubiertas por pastos sembrados, mejorados y manejados por el hombre, cuyas coberturas suelen estar destinadas al pastoreo intensivo o extensivo.

b) Pastos no destinados:

Comprenden los pastos que colonizan de forma natural tras un disturbio, formando parte del proceso sucesional. No son mejorados ni manejados por el hombre. Pueden ser igualmente potenciales como recursos forrajeros no especialmente dirigidos sino ocasionales.

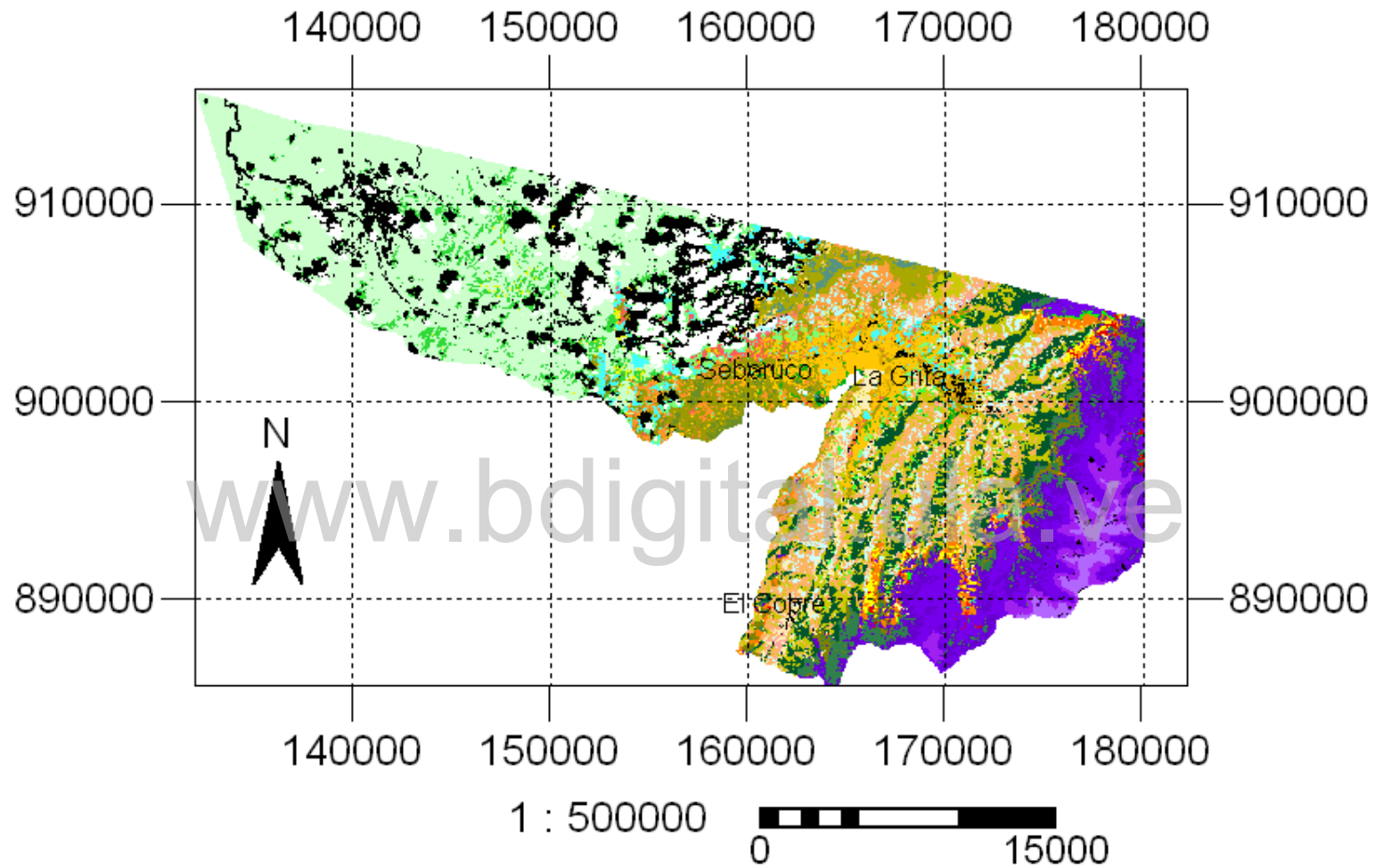
#### **4.1.5 Aplicación de la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra**

Se presenta la aplicación de la leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra, para clasificar por interpretación de una imagen satelital SPOT las coberturas/ usos de la cuenca del río Grita, cuyo mapa obtenido muestra parte o un subconjunto de la leyenda integrada (Fig. 4.13 y Fig. 4.14). Este sería el primer mapa de cobertura/uso de la tierra de la cuenca del río Grita que se elabora siguiendo el enfoque de Sistemas Ecológicos asociado a un nivel jerárquico y a áreas no naturales, de tal manera que estas no se representan como una gran unidad de intervención o de las otras formas que se ejemplifican en los mapas de la primera parte como se ha mencionado en este trabajo. Como se observa en la leyenda del mapa (Fig. 4.14) las clases de cobertura/uso la conforman la cobertura de la vegetación natural y no natural, los pisos térmicos o ecológicos que es determinado por el gradiente altitudinal, y el bioclima que expresa criterios de estacionalidad y cantidad de humedad. Esto permite zonificarlas y diferenciarlas en el mapa, definiéndolas implícitamente como Sistemas Ecológicos. Este mapa a su vez permite realizar un análisis prospectivo del estado de conservación de los ecosistemas, que como característica general presentan un patrón heterogéneo dada por la alta fragmentación que se observa en el gran número de polígonos y configuración espacial producto de la alta intervención agrícola, excepto las coberturas que
















































abarcaban los ecosistemas paramunos y preparameros que se encuentran dentro de la poligonal del Parque Nacional Juan Pablo Peñaloza o también denominado Batallón y la Negra. Por otro lado, existen áreas que no fueron identificadas debido a la presencia de nubes así como otras clases pertenecientes a los asentamientos urbanos desglosadas en los tres niveles jerárquicos sino que se señala el nombre y ubicación en el mapa de las principales localidades urbanas.

Debido a la alta fragmentación y grado de intervención de esta zona andina venezolana que se caracteriza por presentar una diversidad amplia de condiciones sociales y ambientales que la hace una importante fuente de rubros y tipologías agrícolas, que han determinado los patrones de ocupación del espacio y deforestación y reemplazo de las unidades naturales (Velarde & Izquierdo 1993) es importante recalcar entonces que existe un conjunto heterogéneo de sistemas de producción agropecuario (cultivos y pastos) que desde el punto de vista espectral ofrecieron información muy similar generando algunas inconsistencias en la interpretación de este tipo de clases. Se recomienda por ende utilizar información auxiliar adicional para posteriores clasificaciones, como fotografías aéreas para vislumbrar aquellas áreas con mayor fragmentación y diversidad de coberturas agropecuarias de reemplazo. Sin embargo el mapa satisface una aceptable distribución de las unidades del paisaje.

En este sentido la aplicación metodológica de la leyenda integrada como herramienta para la interpretación de las coberturas/usos no escapa de las metodologías comunes de interpretación de imágenes en lo correspondiente a reconocimientos ecológicos de vegetación. No obstante se recomienda que para ser aplicada en otras áreas que requieran nuevos procesamientos de data bioclimática (geoestadística) los potenciales usuarios no conocedores accedan a fuentes bibliográficas o a personal auxiliar que realice el procesamiento, puesto que es uno de los clasificadores ambientales fundamentales en este sistema integrado de clasificación.



**Figura 4.13** Mapa de cobertura/uso de la tierra de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela que muestra la aplicación de la leyenda integrada de clasificación

-  Arbustal espinoso basimontano pluviestacional húmedo
-  Arbustal espinoso basimontano pluviestacional subhúmedo
-  Arbustal espinoso montano pluviestacional húmedo
-  Arbustal espinoso montano pluviestacional subhúmedo
-  Arbustal rosetal altimontano pluvial húmedo
-  Bosque altimontano pluvial húmedo
-  Bosque basimontano pluviestacional húmedo
-  Bosque basimontano pluviestacional subhúmedo
-  Bosque montano pluviestacional húmedo
-  Bosque montano pluviestacional subhúmedo
-  Bosque preparamero altimontano pluvial húmedo
-  Bosque preparamero altimontano pluviestacional subhúmedo
-  Bosque subandino pluviestacional húmedo
-  Cultivo anual altimontano pluvial húmedo
-  Cultivo anual altimontano pluviestacional subhúmedo
-  Cultivo anual basimontano pluviestacional húmedo
-  Cultivo anual montano pluviestacional húmedo
-  Cultivo anual montano pluviestacional subhúmedo
-  Cultivo permanente altimontano pluvial húmedo
-  Cultivo permanente altimontano pluviestacional subhúmedo
-  Cultivo permanente basimontano pluviestacional húmedo
-  Cultivo permanente montano pluviestacional húmedo
-  Cultivo permanente montano pluviestacional subhúmedo
-  Matorral altimontano pluvial húmedo
-  Matorral altimontano pluviestacional subhúmedo
-  Matorral basimontano pluviestacional húmedo
-  Matorral basimontano pluviestacional subhúmedo
-  Matorral montano pluviestacional húmedo
-  Matorral montano pluviestacional subhúmedo
-  Matorral subandino pluviestacional húmedo
-  Nubes
-  Pajonal rosetal altoandino pluvial húmedo
-  Pasto destinado altimontano pluvial húmedo
-  Pasto destinado basimontano pluviestacional subhúmedo
-  Pasto destinado montano pluviestacional subhúmedo
-  Pasto no destinado altimontano pluvial húmedo
-  Pasto no destinado montano pluviestacional subhúmedo
-  Pastos destinados basimontanos pluviestacionales húmedos
-  Pastos destinados montanos pluviestacionales húmedos
-  Pastos destinados subandinos pluviestacionales húmedos
-  Pastos no destinados altimontanos pluviestacionales subhúmedos
-  Pastos no destinados basimontanos pluviestacionales húmedos
-  Pastos no destinados montanos pluviestacionales húmedos
-  Rosetal arbustal altoandino pluvial hiperhúmedo
-  Rosetal pajonal altoandino pluvial hiperhúmedo
-  Sombra de nube
-  Tierras eriales

**Figura 4.14** Leyenda integrada de clasificación de cobertura/uso de la tierra de la cuenca del río Grita, estado Táchira, Venezuela

## 5.1 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

La iniciativa de desarrollar el sistema integrado de clasificación de cobertura/uso de la tierra con un enfoque ecológico del paisaje basado en los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003) partió de observar la importante variedad de sistemas de clasificación de coberturas o aproximaciones de sistemas encontrados en los mapas de cobertura que se han elaborado en Venezuela y en otras partes del mundo. Esta variedad ha aumentado progresivamente en las últimas décadas según una base de datos de coberturas de la tierra en los Estados Unidos (Homer *et al.* 2004). Dentro de esta diversidad se ha encontrado que las clases de unidades naturales del paisaje son identificadas de manera más complementaria, pero las de reemplazo suelen ser identificadas como intervenidas sin más detalle o colocadas de forma "simple" (cultivos, pastos) sin otros sustantivos definitorios. Es aquí la importancia de esta propuesta de clasificación integrada que aporta de manera adicional la tipificación más explícita y funcional pero sobre todo interpretativa de las zonas intervenidas y que para desarrollarla fue necesario evaluar comparativamente otros sistemas de clasificación, tales como: CLC, GLC, SUSG, IGU, FAO y CLC adaptado para Colombia, seleccionados por su relevancia institucional y trascendencia como sistemas propiamente concebidos. Esta evaluación permitió contrastar como están estructurados dichos sistemas y compuestas las clases de cada uno de ellos, además de mostrar la falta de significado que expresan la identidad de las clases de coberturas mayormente las de reemplazo en los niveles más inclusivos (nivel III). Esto se tomo como base para desarrollar la sencilla estructura jerárquica del sistema integrado e incursionar en el enfoque conceptual basado en los Sistemas Ecológicos de Josse *et al.* (2003) en el que se han insertado las coberturas seminaturales y agropecuarias de reemplazo, y que se hacen tangibles en la Leyenda Integrada de Clasificación. De esta manera se mejora el entendimiento de la ocupación y funcionamiento de las unidades de cobertura a escala de paisaje, al asociarles gradientes ambientales como los pisos ecológicos y criterios bioclimáticos que actúan como sustantivos o clasificadores diagnósticos que

acompañan la fisonomía de las coberturas, dando a las áreas naturales y no naturales en el nivel III un mismo peso conceptual permitiendo entender las coberturas de la tierra en su totalidad.

Esta nueva propuesta de clasificación podría alimentar o formar parte de la incompatibilidad entre los sistemas de clasificación, debido a que aporta nuevas y distintas formas de plasmar la identidad de las clases, ya que como otros sistemas, tiene sus propios criterios de determinación de clases. No dejando de ser empero una herramienta de clasificación y cartografía alternativa que contribuiría al incremento progresivo de los sistemas como ha ocurrido en las últimas décadas según Homer *et al.* (2004). Este incremento ha permitido aumentar en un 50% las eficiencias en las cartografías de la vegetación sobre todo cuando se aplican metodologías de clasificación supervisada de imágenes (Homer *et al.* 2004).

El haber desarrollado la leyenda integrada de clasificación contribuye en primer término a la introducción de nuevas alternativas de identificación de clases de cobertura/uso, y su aplicación en la cuenca del río Grita enriquece la información espacial en la región andina venezolana. Incrementa además la información cartográfica de la vegetación bajo otro enfoque como el de los Sistemas Ecológicos que se pone de manifiesto en el mapa de cobertura/uso de la cuenca del río Grita, que aunado podría servir como instrumento para la planificación de esta región, puesto que, la planificación de cualquier territorio requiere de insumos adecuados que generen conocimiento sobre los procesos de uso del territorio. Por otro lado la información generada de la distribución de variables climáticas para el área de estudio representa una fuente importante de datos para futuros trabajos.

Esta propuesta integrada de clasificación además de ejercer una contribución a nivel regional puede tener pertinencia o calar dentro de proyectos tales como: a) el proyecto ECOMAP cuyo objetivo principal es el mapeo de los ecosistemas de Venezuela y generación de datos bioclimáticos de la nación para predecir cambios en las coberturas bajo escenarios de cambio climático y b) en el mapeo de dinámicas de cambio de cobertura uso de la tierra a nivel subregional andino,

liderado por la Comunidad Andina de Naciones (CAN), en donde se han discutido acuerdos para la representación e identificación de las coberturas/usos de la tierra y la biodiversidad a escala ecosistémica, ya que han detectado la carencia de metodologías de mapeo, proporcionando oportunidades para desarrollar y probar distintas alternativas metodológicas.

Finalmente algunas perspectivas y recomendaciones derivadas del presente trabajo:

- A pesar de la incompatibilidad que expresan los sistemas de clasificación, si es posible realizar comparaciones al menos estructurales y de conformación general de clases.
- Se recomienda probar la aplicación de este sistema integrado y obtención de la data bioclimática en otras áreas de la geografía nacional e inclusive internacional.
- El sistema integrado de clasificación desarrollado y sus metodologías pueden ser susceptibles a cambios que puedan mejorar su aplicación y por supuesto los resultados esperados.
- El mapa de cobertura/uso de la tierra y la información que este ofrece es un producto que puede ser mejorado, con el fin de tener una herramienta lo más ajustada posible que permita a los diferentes actores regionales analizar el estado de los ecosistemas y tomar medidas de planificación.
- Mejorar el nivel de discriminación de las unidades de cobertura. Esta tarea comprendería la recopilación de información en una base de datos de inventarios florísticos y de uso de la tierra, que cumplan estándares en la aplicación consistente de métodos de muestreo y en la calidad de las identificaciones taxonómicas.
- Como en toda nueva propuesta es altamente probable que aparezcan críticos expertos en la materia, que como nosotros sometan a nuevas comparaciones este sistema integrado e inclusive adicione nuevas perspectivas que enriquezcan el trasfondo conceptual, metodológico e interpretativo de clases y clasificación de tierras.

## **Bibliografía**

- Ahrens, C. 2000. Essentials of meteorology. An invitation to the atmosphere. 3rd ed.
- Aldana, A. & Bosque, J. 2008. Cartografía de la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de La Culata, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. 49 (2): 173-200.
- Anderson, J., Hardy, E., Roach, J., & Witmer, R. 1976. A land use and land cover classifications system for use with remote sensor. Geological Survey United State, Washington.
- Andressen, R. & Ponte, R. 1973. Estudio integral de las cuencas de los ríos Chama y Capazón. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Mérida. Venezuela.
- Aronoff, S. 1993. Geographic Information System. A management perspective. WDL publications, Canada.
- Ataroff, M. & Sarmiento, L. 2003. Diversidad en los Andes de Venezuela. I Mapa de Unidades Ecológicas del estado Mérida. CD-ROOM, ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- Ataroff, M. & Sarmiento, L. Las unidades ecológicas de los Andes de Venezuela. pp: 9-26. En: La Marca, E. & P. J. Soriano. 2004. Reptiles de los Andes de Venezuela. Fundación Polar, Conservación Internacional, CODEPRE-ULA, Fundacite Mérida, BIOGEOS. Mérida, Venezuela.
- Bossard, M., Feranec, J. & Otahel, J. 2000. Corine land cover, technical guide - Adendum 2000. EEA, Copenhagen.
- Brito, J., Cardoso, J., Lameiras, M., & Shimabukuro. 2005. A land cover map for the Brazilian Legal Amazon using SPOT-4 VEGETATION data and machine



- learning algorithms. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil. 457-464 pp.
- Buttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., Soukup, T. 2004. The CORINE Land Cover 2000 project. En: Reuter, R., (ed). EARSe Proceedings. 3 (3): 331-346.
- Camarero, J. & Gutiérrez, E. 2004. Pace and pattern of recent treeline dynamics: Response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. Climatic Change 63: 181–200.
- Campbell, J.B. 2002. Introduction to remote sensing (3rd ed.). The Guilford Press.
- Castañeda-Sánchez, D. A., Montoya-Gutiérrez, R. Y., & Escobar-Chalarca, C.A. 2006. Prototipo de un sistema integrado digital para la clasificación de coberturas y usos de la tierra a nivel de finca bananera. Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín. 59 (1): 28-41.
- Cavieres, L. & Piper, F., 2004. Determinantes ecofisiológicos del límite altitudinal de los árboles. Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas, 221 – 234 pp.
- Comber, A., Law, A. & Lishman, J. 2004. Application of Knowledge for automated land cover change monitoring. International Journal of Remote Sensing. 25(16): 3177-3193.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil.
- Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., & La Roe, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Biological Service Program, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., Publication No.FWS/OBS-79/31.103 pp.
- Chacón-Moreno, E. 2007. Ecological and spatial modelling: Mapping ecosystems, landscape changes, and plant species distribution in Llanos del Orinoco,

- Venezuela. PhD Thesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, and Wageningen University. ISBN 90-8504-559-2. Enschede, The Netherlands.
- Chacón-Moreno, E., Márquez, T.C., Rodríguez, M. & Ulloa, A. 2008. Mapa de Ecosistemas de los Andes venezolanos. En: Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.
- Chacón-Moreno, E. 2010. Ecorregiones, paisajes y ecosistemas de Venezuela. Propuesta conceptual y metodológica bajo un enfoque de Ecología del Paisaje. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones RIALP, S.A. Madrid.
- Di Gregorio, A. & Jansen, L. J. M. 2000. Land cover classifications system (LCCS): classification concepts and user manual for software versión 1.0. Rome: FAO. 179 pp.
- FAO. 1995. Guidelines for Soil Profile Description. Third edition (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- Flores, E. 1981. Algunos sistemas paramétricos y no paramétricos para clasificación y evaluación de tierras. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.

- Forero, M. C. 1981. Levantamiento de cobertura terrestre y uso de la tierra. Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretación. Unidad de suelos y agricultura. 54 pp.
- Gautam, C. & Watanabe, T. 2004. Reliability of land use/land cover assessment in Montane Nepal – A case study in the Kangchenjunga Conservation Area (KCA). *Mountain Research and Development*. 24(1): 35-43.
- Gesellschaft Für Technische Zusam-Menarbeit (GTZ). 1999. Guía para determinar unidades de cobertura y uso de la tierra. Villavicencio: GTZ. 197 p. (Proyecto Río Guatiquía-PGR).
- Grace. J., Berninger, F. & Nagy, L. 2002. Impacts of climate change on the tree line. *Review. Annals of Botany* 90:537-544 pp.
- Green, D.L., 1997. Wetland technical manual: Wetland classification. The Ecological Services Unit for the Water Environments Unit of the Department of Land and Water Conservation, Australia. 41 pp.
- Henlg Tomislav. 2007. A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables. JRC Scientific and Technical Report European Communities, Italy. 143 pp
- Herold, M., Hubald, R., & Di Gregorio, A. 2008. Translating and evaluating the land cover legends using the UN Land Cover Classifications System (LCCS). Germany, 183 pp.
- Hobbs, R. J. 1989. Remote sensing of spatial and temporal dynamics of vegetation. En: Hobbs, R.J. & Mooney, H.A. (eds). *Remote sensing of biosphere functioning*. Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin. 79 pp.
- Homer, C., Huang, C., Yang, L., Wylie, B., & Coan, M. 2004. Development of a 2001 National Land-Cover Data base for the United States. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 70(7): 829–840.

Huber, O. & Alarcón, C. 1988. Mapa de vegetación de Venezuela. En: Editorial Arte, S.A., Caracas.

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena. Bogotá, D.C., 200 pp. + 164 hojas cartográficas.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1997. Bases conceptuales y guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental. Santafé de Bogotá: IGAC. Subdirección de Geografía. 350 pp.

International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). 1997. Ilwis reference guide. Ilwis departament, Enschede.

Jia, B., Zhang, Z., Ci, L., Ren, Y., Pan, B. & Zhang, Z. 2004. Oasis land-use dynamics and its influence on the oasis environment in Xinjiang, China. *Journal of Arid Environment*. 56(1): 11-27.

Josee, C., Navarro, G., Comer, P., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, M., Kittel, G., Menard, S., Pyne, M., Reid, M., Shulz, K., Snow, K. & Teague, J. 2003. Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems. NatureServe, Arlington, VA.

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

- Körner, Ch. 1998. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115:445 – 459.
- Körner, Ch. & Paulsen, J., 2004. A world-wide study of high altitude tree line temperatures. *Journal of Biogeography* 31, 713 – 732 pp.
- Mc Donald, J & Simioni, D. 1999. Consensos urbanos. Aportes del Plan de Acción Regional de América Latina y el Caribe sobre Asentamientos Humanos. En: La gestión del riesgo de desastres hoy. Contextos globales, herramientas locales. 2008. Naciones Unidas. Estrategia internacional para la reducción de desastres.
- Meijerink, A. M. J., J. A. De Brouwer, C. M. Mannaerts, C. R. Valenzuela. 1994. Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology: IHP-IV M 2.3. Enschede, ITC, 1994. ITC Publication 23, 243pp.
- Meyer, W. & Turner, B. 1994. Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Cambridge University Press, USA.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 1986. Atlas del Táchira. Gobernación del estado Táchira. San Cristóbal.
- Moser, S. 1996. A partial instructional module on global and regional land use/cover change: assessing the data and searching for general relationships. *Geojournal*. 39(3): 241-283.
- Olson, G. 1978. Clasificación de Tierras. CIDIAT. Mérida.
- Pacheco, C., Osorio, R., Méndez, A., Flores, E., López, J. 2006. Determinación del uso de la tierra bajo un enfoque de cobertura con imagen ETM de landsat. Cuenca alta del río Grita estado Táchira Venezuela. *Rev. For. Lat.*(40): 85-106.
- Pérez-Hoyos, A & García-Haro F. 2009. Análisis comparativo de las principales cartografías de cobertura del suelo en la península Ibérica. *Teledetección*:

- agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 209 -212 pp.
- Richards, J.A., & Jia, X. 2006. Remote sensing digital image analysis: an introduction (4th Ed.). Springer.
- Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 440 pp.
- Rivas-Martínez, S. 2004. Global bioclimatics (clasificación bioclimática de la tierra). [http://www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_1.htm](http://www.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_1.htm)
- Roa, J. & Kamp, U. 2008. Modelos de elevación digital (MED) a partir de sistemas satelitales. Una introducción y análisis comparativo en la cordillera de Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. 49 (1): 11-42.
- Sabins, F. 1987. Remote sensing principles and interpretation, W. H. Freeman and Company. New York, USA.
- Sarmiento, G., Monasterio, M. & J. Silva. 1971. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. I. Las unidades ecológicas regionales. Acta Científica Venezolana. 22: 52-59.
- Sulbarán, J. 2009. Modelo de distribución espacial del hábitat de Triatomínos y zonas de riesgo de la enfermedad de chagas en los municipios Andrés Bello y Morán del estado Lara, Venezuela. Trabajo de grado para optar el título de *Magister Scientiae* en Ecología Tropical. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.
- Tranquillini, W. 1979. Physiological Ecology of the Alpine Timberline. Springer-Verlag.
- Ulloa, A. 2009. Prioridades de conservación en las sabanas inundables de los llanos del Orinoco. Trabajo de grado para optar el título de *Magister*

*Scientia* en Ecología Tropical. Universidad de los Andes, Mérida-  
Venezuela.

University of California. Library Berkeley. Checklist of Online Vegetation and Plant  
Distribution Maps. Earth Sciences & Map Library.  
file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador/Esitorio/lista%20m  
apas%20de%20vegetacion%20del%20mundo%20en%20linea.html. Última  
actualización 7/5/2011.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization). 1973.  
International Classification and Mapping of Vegetation. Series 6. Ecology  
and Conservation United Nations, Paris, France.

USBR (Bureau of reclamation manual). 1953. Irrigated land classification. US Dept.  
Interior Washinton DC.

Velarde, C. & Izquierdo, F. 1993. Producción y utilización de los pastizales de la  
zona altoandina. Proyecto de la red de pastizales andinos con el apoyo del  
Centro Internacional de Investigación para el desarrollo, CIID-Canadá.  
Quito-Ecuador. 228 pp.

Vink, A.F.A. 1975. Land use in advancing agricultura. Springer, Berlin, Germany.