

Interpretación Geoecológica de la Dinámica del Paisaje Vegetal y de la Resiliencia del Geosistema: Parque Nacional El Ávila (Venezuela)

Geoecological Interpretation of the Vegetal Landscape Dynamic and the Resilience of the Geosystem: “El Ávila” National Park (Venezuela)

CARLOS MONEDERO GARCÍA.

Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB). Universidad Central de Venezuela. Caracas 1040. Apdo. Postal 40428. Venezuela.
E-mail: monedero.carlos@gmail.com

Resumen

A partir de una interpretación de la fisonómica de la vegetación se abordó el estudio geoecológico de la dinámica del paisaje; siguiendo así un enfoque transdisciplinario debido a que se reconoce y emplea a la vegetación como componente ambiental clave para realizar un estudio geoecológico del geosistema montañoso tropical: Parque Nacional El Ávila. Bajo este enfoque, se inicia el ensayo con una interpretación del mapa de la cobertura vegetal y uso de la tierra (1:100.000), dirigido a obtener una interpretación preliminar del paisaje vegetal sustentada en: (1) Una serie de indicadores cualitativos de la vegetación: representatividad, rareza, sensibilidad al fuego, intervención antrópica – naturalidad y regeneración natural. (2) La aplicación de una clasificación geoecológica de la dinámica de la vegetación (sucesión natural) con base en la teoría de la bio-rhexistasia; la cual se revisa a la luz de la dimensión y significación adquirida en la actualidad por el concepto de Resiliencia.

Palabras Clave: Ecología del Paisaje. Geoecología. Resiliencia. Sucesión Ecológica. Venezuela.

Abstract

The geo-ecological study of the dynamic landscape was focused under a vegetation physiognomy interpretation; following therefore a cruzidisciplinary approach, due to the vegetation which was recognized and was used as environmental key component to make a geo-ecological study at the mountain tropical geosystem: National Park “El Ávila”. Under this approach, we began with the digitalization of the cover vegetation and land use map (1:100.000) to obtain a preliminary interpretation of the vegetal landscape, which is supported in: (1) A series of qualitative indicators of the vegetation: representativeness, peculiarity, fire sensitivity, human intervention - naturalness and natural regeneration. (2) The application of a geoecology classification of the dynamics of the vegetation (ecological succession), with base in the theory of bio-rhexistasia; reviewed to the light of the dimension and meaning acquired at the present time by the resilience concept.

Keywords: Landscape Ecology. Geoecology. Venezuela. Resilience. Ecological Succession.

Introducción

El presente estudio ecológico se aborda bajo un enfoque ambiental cruzidisciplinario debido al empleo de la cobertura vegetal y el uso de la tierra como componentes clave en la interpretación del paisaje. Enfoque que ha sido definido por algunos autores como “ecología del paisaje vegetal”. No obstante dentro de este enfoque cabe incluir estudios con objetivos y metodologías muy distintas, como se ilustra a continuación. Ritter et al. (1995) aplican el análisis factorial y calculan 55 medidas para la obtención de 85 mapas de la cobertura vegetal y de uso de la tierra. Selinger-Looten et al. (1999) emplean mapas de la vegetación a escala 1:5.000 para comparar los tamaños, número y forma de los parches en relación con los regímenes de perturbación natural y antrópica a lo largo de un gradiente húmedo. Manies y Mladenoff (2000) evaluaron distintas técnicas de interpolación de registros en Arc/Info para generar mapas de los tipos de vegetación preexistente en un área boscosa silvestre de Silvana (USA). Ludwing y Tongway (1995) definen la organización espacial y el funcionamiento de tres tipos principales de paisaje a partir del análisis del tipo de terreno, la vegetación y los suelos. Meetemeyer y Moody (2000) modelaron la composición de las especies (a nivel de parche a una resolución de 10 m) en relación con las condiciones ambientales (topografía: radiación solar, temperatura del aire, índice de humedad. Urban et al. (2000) establecieron que el patrón de la vegetación en el paisaje representa una manifestación de los gradientes físicos, y de la perturbación antrópica en un bosque mixto de coníferas en la Sierra Nevada de California. Wagner y Edwards (2001) partiendo de la riqueza de especies de plantas en distintos parches (hábitats específicos) evalúan su contribución a la escala de paisaje. En Venezuela, destacan los estudios de Berroterán (1997; 2000a;

2000b) en los Llanos Altos revelando la estrecha relación suelo-vegetación, así como estrecha relación de la tipología de la vegetación (definida a distintas escalas) con las características del medio físico (los grandes tipos de vegetación con el macroclima y el pedoclimate del suelo, asociando las variaciones fisionómicas de la vegetación con características físicas y químicas específicas del suelo). En éste trabajo se emplea el mapa de la cobertura vegetal y uso de la tierra (1:100.000) con el objeto de abordar una interpretación del geosistema montañoso tropical: Parque Nacional El Ávila (Fig. 1), sustentada en una serie de indicadores cualitativos de la vegetación y retomando la teoría de la bio-rhexistasia para la clasificación geoecológica de la dinámica de la vegetación (sucesión natural).

Materiales y métodos

El mapa de vegetación y uso actual del Parque Nacional El Ávila a escala 1:100.000 (Meza, 1996) constituye la fuente cartográfica empleada como información básica. En el proceso de digitalización se empleó el programa “Roots Profesional” versión 2.4 de “Decision Images, Inc.”. Para el desarrollo del SIG se utilizaron las herramientas proporcionadas por el software IDRISI (Versión 2.0 para Windows). A partir de la información digitalizada de la cobertura vegetal y del uso de la tierra (Fig. 2) se conformó la base referencial del sistema de información geográfica (SIG) la cual permitió cuantificar la superficie ocupada por los distintos tipos de expresiones fisionómicas (forma de vida predominante) y estructurales (altura y densidad) de la cobertura vegetal, así como del uso de la tierra, para cada vertiente (Cuadro N° 1). A partir de esta expresión digitalizada de la cobertura vegetal y del uso de la tierra se ha desarrollado una línea de investigación en ecología del paisaje vegetal (Monedero

y Gutiérrez, 2001; 2007a; 2007b) en un área natural concebida aquí como un complejo “geosistema montañoso tropical” (Fig. 3).

Área de estudio

El Parque Nacional El Ávila (PNEA) está ubicado en el tramo central de la Cordillera de la Costa de Venezuela. Este tramo de la cordillera, definida aquí como geosistema, esta a su vez conformado por dos grandes subsistemas geográficos, representados por las vertientes norte y sur. En consecuencia el análisis espacial y los resultados obtenidos se han diferenciado para cada vertiente. La vertiente norte posee una marcada influencia costera, dada su exposición directa a los vientos alisios. Además, presenta una importante diversidad de paisajes que en gran parte responde al gradiente altitudinal que asciende a más de 2.700 m s.n.m. Cada vertiente posee una conformación topográfica característica, así como una particular disposición de la

cobertura vegetal. Desde el punto de vista de la acción antrópica, la vertiente norte (50.697 ha) soporta una menor presión de uso urbano y recreativo ya que colinda con centros poblados relativamente pequeños. Por razones históricas del emplazamiento de La vertiente sur (30.165 ha) por colindar con la ciudad de Caracas ha estado sometida a una intervención antrópica más intensa desde la colonia española (Amend, 1991). El Parque Nacional El Ávila constituye el refugio de numerosas especies vegetales y animales silvestres. La mayor parte de las especies botánicas recolectadas se encuentran depositada en el Herbario Nacional de Venezuela -VEN- (Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobias Lasser, Caracas); donde se tienen registradas alrededor de 2.700 especies. La fauna de todo el parque ha sido escasamente estudiada en toda su extensión; destacan los inventarios de referencia realizados en mamíferos y en anfibios por Solano (1968), en serpientes por Lancini (1968) y en aves por Aveledo (1968).

Figura 1. Ubicación Geográfica del Área de Estudio: Parque Nacional El Ávila



Análisis y discusión de los resultados

1. *El geosistema como concepto en el estudio geoecológico del paisaje*

Según Bertrand el geosistema representa la abstracción de un modelo teórico del paisaje. Por otro lado, la ecología del paisaje, al emplear el enfoque de la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1976), contempla el estudio de la estructura, el funcionamiento y la dinámica (González-Bernáldez, 1981). En nuestro caso la dinámica del paisaje vegetal se ha interpretado a la luz de los efectos causados por los fenómenos físicos (deslaves) o por la modificación antrópica en el uso de la tierra (Foster, 1992). En el estudio de la estructura del sistema cabe diferenciar los distintos subsistemas que lo conforman: el abiótico, el biótico (biomas o ecosistemas) y el antrópico-socioeconómico (Bolós, 1981; Bolós, 1992). Subsistemas que funcionan con energías de distintos orígenes (Rodríguez, 1984; Bolós, 1992). En relación con su estudio taxocorológico cabe diferenciar dos sistema, (1) basado en el concepto de ecosistema (Berroterán, 2004), y (2) basado en el concepto de geosistema (Bertrand, 1968; 1978; 1993). El ecosistema como concepto (Odum, 1986) resulta muy difícil de expresar como una unidad espacial (Naveda, 2001), pues parte del principio de que los ecosistemas son unidades continuas y no discretas por lo que sus bordes van perdiendo gradualmente las características de un ecosistema para adquirir las características del ecosistema adyacente en sucesión progresiva e interdependiente. Según esa opinión se podría establecer un límite nítido entre las unidades. Por otro lado, el concepto de geosistema, tal como fue definido por Sochava (1963, citado por González-Bernáldez, 1981) representa

un sistema de relaciones geográficas, y está constituido por unidades discretas, relativamente fáciles de delimitar en el espacio para distintas escalas de trabajo. Bertrand (1968) concibe así un sistema taxocorológico compuesto de seis niveles tempo-espaciales: zona, dominio y región, como las unidades superiores (donde los factores climáticos y estructurales son determinantes), y como unidades inferiores: el geosistema, las geofacies y el geotopo (determinadas por factores biogeográficos y antrópicos). El geosistema pone el acento sobre el complejo geográfico y sobre la dinámica de conjunto, en las geofacies se insiste sobre el aspecto fisionómico, y finalmente se distingue el geotopo, como la unidad mínima del paisaje.

En este estudio se acogió el sistema geoecológico de Bertrand. Por lo tanto se define el Parque Nacional como un geosistema asociado geológicamente al anticlinorio del Ávila. Según Wehrmann (1972) la Sierra del Ávila define una importante unidad fisiográfica, estructural y estratigráfica conocida como el anticlinorio del Ávila. Para Bertrand (1968) el geosistema se corresponde con hechos relativamente estables resultado de la combinación de factores geomorfológicos (naturaleza de la roca, materiales de superficie, pendientes, dinámica de las vertientes, etc.), climáticos (precipitación, temperatura, etc.) e hidrológicos. Por lo tanto desde el punto de vista geológico y geomorfológico el Parque Nacional El Ávila se correspondería con un geosistema montañoso caracterizado por una importante actividad tectónica, con fuertes pendientes expuestas en distintas orientaciones, lo cual implica un régimen geomorfológico muy activo. En consecuencia, se establece un funcionamiento predominantemente

vectorial con transferencia unidireccional de material a lo largo de los distintos tipos de drenaje reconocidos en sus laderas. Además se puede diferenciar una marcada estructura equipotencial dentro del gradiente altitudinal, la cual es fácil de percibir a través de la diferenciación de los distintos pisos de vegetación (Monedero y Gutiérrez, 2007a; 2007b); como expresión del fenosistema (empleando el concepto de González-Bernáldez 1981) en la ubicación espacial de las zonas de ablación y de acumulación. Para los efectos del presente estudio resulta de gran importancia el reconocimiento de los patrones geoestructurales dominantes en el área ya que no solo definen la red hidrográfica sino también permiten reconocer el criptosistema subyacente (aplicando el concepto de González-Bernáldez 1981). En tal sentido, se ha tomado en consideración los resultados del estudio realizado por el PNUD y CAF (2000), a fin de interpretar la funcionalidad y dinámica general del Geosistema El Ávila, en relación con los efectos de las intensas lluvias torrenciales, conocidas como "vaguadas". La Cordillera de la Costa tiene como característica común que todos los ríos o quebradas escurren en típicos valles intramontanos con cortos recorridos que drenan hacia los valles de Caracas, Guarenas y Guatire (vertiente sur), o desembocadura directa al mar Caribe (vertiente norte). Todos ellos son de tipo consecuente, con muy pocas excepciones, y con pendientes casi siempre superiores a la inclinación de las capas geológicas. Las cuencas altas o de recepción están emplazadas sobre materiales compuestos principalmente de esquistos-gneis, conformadas por una serie de afluentes que definen un conjunto de valles estrechos y profundos alternados

por filas secundarias. En ésta zona, bajo efecto de intensas lluvias torrenciales, se producen deslizamientos superficiales acompañados de importantes caídas de bloques, en muchos casos favorecidos por el arreglo estructural, y flujos que arrastran y lavan la capa de vegetación e incluso el suelo residual (en el chequeo e campo se pudo observar la presencia de cicatrices de antiguos deslizamientos que probablemente se encontraban en una etapa de regeneración; lo cual indica la recurrencia de los fenómenos naturales como los acontecidos en diciembre de 1999 y en febrero de 2005). El relieve está conformado también por valles de vega más anchos. En esta zona de transición, bajo una vegetación de ladera de cobertura escasa a intermedia, pueden registrarse fenómenos de erosión regresiva repteo (pudiendo asociarse a la amenaza de deslizamientos en laderas de pendiente pronunciada¹. En las zonas desprotegidas o de cobertura muy escasa la erosión puede ser muy aún más intensa con el desarrollo de surcos, cárcavas, y pueden presentarse flujos de barro o coladas localizadas. Las zonas de sedimentación, conos o abanicos de explayamiento coalescentes de tipo coluvio-aluvial, representan el último tramo del río o quebrada, cuyos depósitos se componen de grandes bloques envueltos en una matriz arenosa y/o arenolimosa. La ocurrencia, intensidad y dimensión de éste tipo de evento depende por lo tanto de las condiciones del sitio: configuración topográfica (prácticamente invariable en el tiempo), y de otros factores variables en el tiempo como son las condiciones climáticas (nivel global) y meteorológicas (nivel local), así como el tipo de cobertura vegetal.

¹ Ver: <http://www.disaster-info.net/watermitigation/e/publicaciones/EstudioVEN/cap7.PDF>

2. Interpretación Geoecológica del Paisaje Vegetal del Geosistema PN El Ávila

El estudio del paisaje en la zona mediterránea y en gran parte del sur y centro de Europa adquiere una dimensión especial a partir de la interpretación del Paisaje Vegetal bajo la óptica de la escuela sigmatista basada en los criterios de Braun-Blanquet (1979), la cual parte de un profundo conocimiento botánico y fitosociológico de las fitocenosis, alcanzando una concepción sinfitosociología del paisaje (Rivas-Martínez 1976). Para del PN El Ávila ya se cuenta con una primera interpretación fitosociológica de la vegetación realizada dentro de una pequeña zona del bosque nublado (entre los 1.700 y 2.200 m s.n.m) ubicada en la vertiente sur del Ávila (Meier, 2004). Esta estrecha relación de la geografía con la vegetación posee todo un desarrollo teórico-conceptual (Bolós, 1963; Bolós, 1975; 1981; 1987; Rivas-Martínez, 1976; Martínez, 1983; Rodríguez, 1984; Ferreras y Meaza, 1990; Meaza y Ormaetxea, 1992; Monedero, 1996; Adams, 1998; 1999; Muñoz-Reinoso y García Novo, 2005) dentro del cual destaca como eje epistemológico el reconocimiento de una cobertura vegetal potencial o climax asociada con la zonalidad climática, así como sus distintas etapas sucesionales o serales. No obstante, esta aproximación florística y fitosociológica resulta sumamente difícil aplicar de forma ortodoxa y sistemática en las zonas tropicales, dada la elevada diversidad florística, complejidad biológica y el todavía escaso conocimiento de todos estos ecosistemas. En relación con el estudio de la vegetación, a nivel subcontinental se ha manejado la clasificación de las formaciones vegetales climax de la América Tropical definidas por

Beard (1944; 1946; 1955). En Venezuela Ewel et al. (1976) aplicaron el modelo bioclimático global de las zonas de vida según Holdridge (1979); mientras Huber y Alarcón (1988) en su mapa fito-ecológico reconocen las principales formaciones vegetales del país. A nivel de la Cordillera de la Costa Huber (1986) establece la zonificación altitudinal de las selvas nubladas tropicales bajo un enfoque más fisionómico-estructural-florístico que sinecológico. En tal sentido, con base a la información disponible a nivel de los biomas tropicales, el empleo de la fisonomía y de la estructura arbórea de la cobertura vegetal posee un gran potencial para su aplicación en la interpretación geoecológica del paisaje tropical (Monedero, 1996; 2002; Berroterán, 1997; Berroterán et al., 1998; Berroterán, 2000b; Monedero y Gutiérrez, 2001; 2007a; 2007b).

2.1. Indicadores Geoecológicos del Paisaje Vegetal del Geosistema El Ávila

Las distintas expresiones fisionómicas y estructurales de la cobertura vegetal (Cuadro N° 1), complementada con la definición de los tipos fisonómicos diferenciados por Huber y Alarcón (1988) y los tipos de intervención antrópica reconocida por Amend (1991), permiten establecer una primera aproximación de la estructura biótica del paisaje vegetal, sobre la cual se sustenta la generación de un conjunto de indicadores cualitativos, a los cuales se les atribuye significado geoecológico del paisaje vegetal del geosistema.

2.1.1. Representatividad.

Cualidad de un territorio que lo hace característico de un determinado medio natural (MOPT, 1992). Tomando en consideración el alto nivel de naturalidad

de la vertiente norte se puede considerar que la misma posee un muy elevado nivel de representatividad del gradiente montañoso altitudinal de la Cordillera de la Costa venezolana; incluso se podría calificar como simbólico de los distintos ecosistemas montañosos tropicales debidos por Beard (1944; 1946; 1955) y Huber (1986). De esta manera cabe adelantar una interpretación ecológica tentativa (sujeta a revisión) de los principales tipos de formaciones vegetales:

- Espinar Tropical. En Venezuela este tipo de vegetación recibe el nombre de espinar, tomando en consideración su aspecto fisionómico (independientemente de la composición florística). Huber y Alarcón (1988) lo clasifican como Arbustal Xerófito Litoral. Esta ubicado dentro de la Zona de Vida: Matorral Espinoso Tropical (Ewel et al., 1976). En el caso del Ávila ocupa el 12% vertiente norte (6.032,5 ha), y presenta dos tipos de densidad; predominando el espinar denso (10,8%), frente a la menor superficie ocupada por el espinar ralo (1%). El espinar ralo se podría asociar con áreas afectadas por agentes naturales (fuerte pendiente, erosión, pobreza del suelo, etc.) o por la intervención antrópica (conucos abandonados) en proceso de regeneración (etapa seral).
- Bosque Bajo. Tipo de cobertura vegetal, que en función de su ubicación actitudinal (entre los 300 a 600 m s.n.m.) y su comportamiento fenológico, se correspondería con el Bosque Tropófilo Basimontano Decíduo (Huber y Alarcón, 1988) o la Selva Decídua (Vareschi, 1992). En la vertiente norte (entre los 600 y 800 m s.n.m.) colinda, geográfica y ecológicamente, con el
- Bosque Medio. Tipo de cobertura vegetal que en función de su ubicación actitudinal (entre 800 y 1.600 m s.n.m.) y su comportamiento fenológico se correspondería con el Bosque Ombrófilo Montano Sub-Siempreverde (Selva de Transición, según Steyermark y

espinar, el cardonal o la sabana, o bien con el Bosque Ombrófilo Submontano Semi-Decíduo Estacional (Huber y Alarcón, 1988) o Selva Alisia (Vareschi, 1992). Esta formación prácticamente ha sido arrasada en la vertiente sur. Ha sido desplazada por sabanas abiertas y sabanas arbustivas (según Amend, 1991 y Vareschi, 1992). Para la vertiente norte el bosque bajo cubre una superficie muy significativa (20.200 ha; 39,84%). Destaca el incremento progresivo de la superficie del bosque bajo en relación con su densidad (ralo: 3.326 ha - 5,56%, medio: 5.071 ha - 10% y denso: 11.803 ha - 23,28%). En la vertiente sur la superficie cubierta por este tipo de cobertura resulta muy inferior (4.633 ha - 15,35%). Vareschi (1992) señala que la menor superficie de los bosques bajos en la vertiente sur posiblemente se explique por la escasa representación de la Selva Decidua en esta vertiente (piso altitudinal basimontano), así como su drástica reducción desde tiempos precolombinos. La extensa superficie de cubierta rala en la vertiente sur refleja el efecto histórico de su intervención antrópica, en continuo proceso de regeneración natural. Por otro lado, la cobertura media-densa se han relacionado con las distintas condiciones del medio físico derivadas de la propia orografía del geosistema montañoso (altitud, la pendiente y la orientación de las laderas; por ello se pueden ser asociar con las distintas geofacies del geosistema).

Huber, 1978). Entre los 1.200 a 2.200 m s.n.m. se correspondería con el Bosque Ombrófilo Submontano y Montano Siempreverde (Selva Nublada). Este tipo de cobertura arbórea cubre una superficie de 15.672 ha (31%) en la vertiente norte, superficie que ocupa un área muy similar en la vertiente sur (14.140 ha - 47%). Ello podría explicarse por la presencia de una zona o banda de bosque ombrófilo asociada a un piso altitudinal bien definido en ambas vertientes. Formación que para el caso de la vertiente norte no se presenta en forma rala. No así en la vertiente sur la cual cubre 1.034 ha (3,43%), siendo la expresión de distintas etapas seriales de este tipo de bosque. Esta interpretación se sustentaría en los antecedentes históricos de la intervención antrópica de la formación Bosque Ombrófilo Montano Sub-Siempreverde en el área de Caracas. Área en la que desde hace décadas se ubican numerosas

áreas abandonadas de las antiguas haciendas de café (Amend, 1991). Este tipo de cobertura rala las cuales ha sido alcanzada y reducidas por los incendios de la vegetación herbácea, algunos de gran magnitud (como el acontecido en 1960 y en marzo de 2010) los cuales se han extendido desde el pie de la montaña hasta su cumbre (Pico Oriental y La Silla de Caracas). En relación con el bosque medio medio, la superficie cubierta en la vertiente sur (4.893 ha) es ligeramente superior a la vertiente norte (4.544 ha), situación que se invierte para el caso del bosque medio denso predominando en la vertiente norte (11.128 ha), superando en 2.915 ha a la vertiente sur (8.213 ha). Estas variaciones posiblemente están asociadas con la disposición y desarrollo diferencial de ambos tipos de formaciones de bosques ombrófilos a barlovento (vertiente norte) o a sotavento (vertiente sur), así como también se podrían relacionar con

Figura N° 2. Mapa digitalizado de la cobertura vegetal y del uso de la tierra.

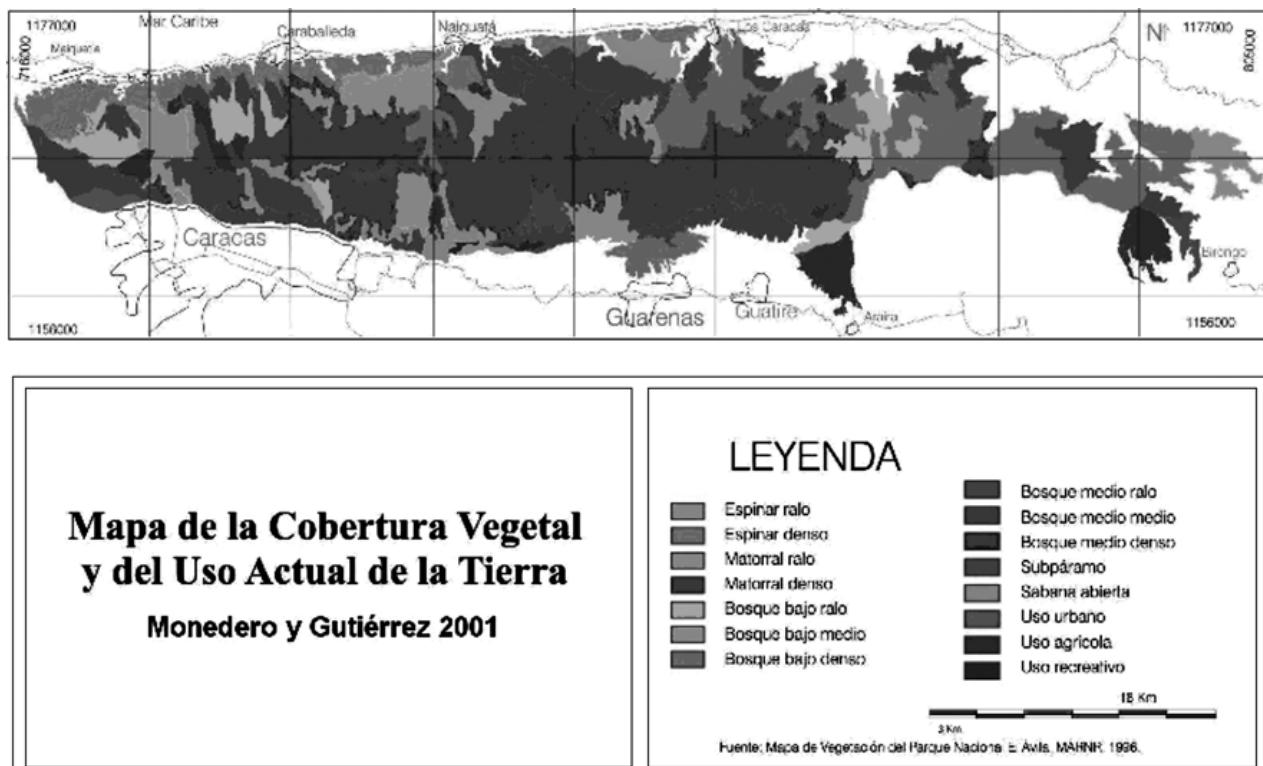
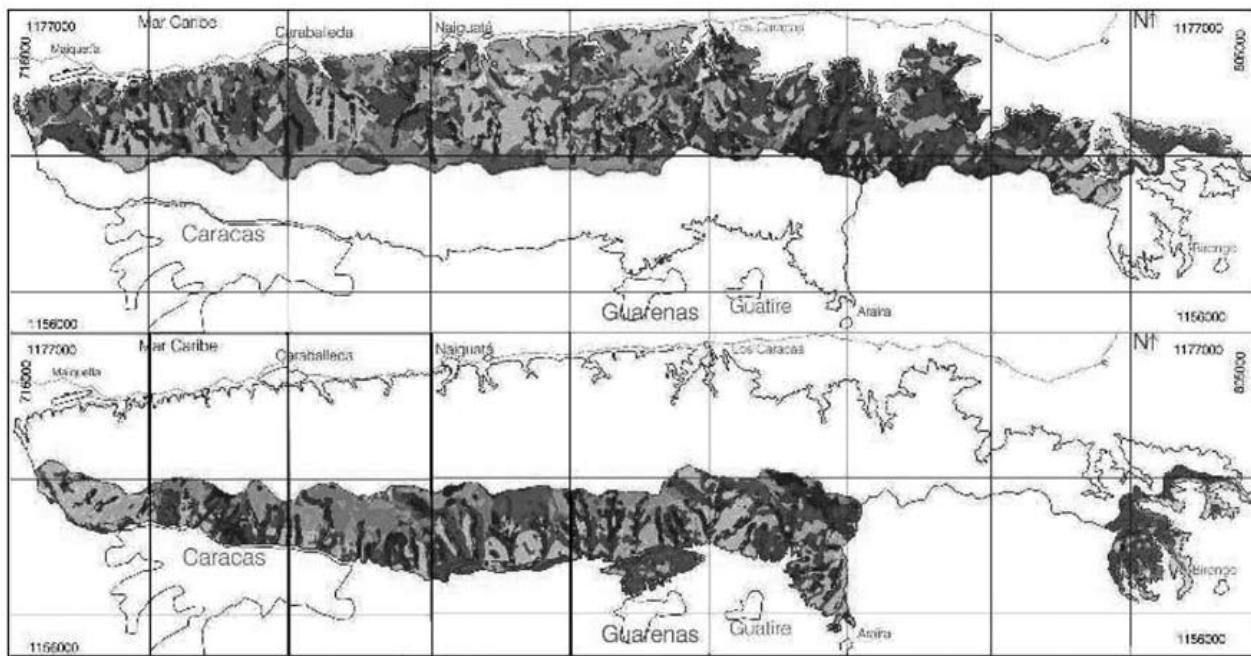


Figura N° 3. Mapa del Modelo Geoecológico diferenciado para cada una de las vertientes del Parque Nacional El Ávila.



Leyenda:

Unidades de la estructura abiótica del Geosistema
donde se diferencian 29 clases a partir de la
integración de los modelos equipotenciales,
celulares y extrazonales (Monedero y Gutiérrez 2007a)

las distintas condiciones del medio físico (altitud, pendiente y orientación) derivadas de la propia orografía del geosistema montañoso.

2.1.1. Rareza

Este indicador se establece a partir de la abundancia relativa de los distintos tipos de cobertura vegetal digitalizados. Se puede considerar la rareza bajo dos puntos de vista: la rareza fuera y la rareza dentro del área de estudio (MOPT, 1992). La rareza fuera del área de estudio indica el grado de representación de la unidad considerada en un ámbito general. La rareza dentro del área de estudio mide el grado de representación de la unidad considerada dentro de dicha área. La existencia del subpáramo (Subpáramo

Arbustivo Costero descrito por Huber y Alarcón, 1988) por encima de los 2.200 m s.n.m. (Zona de Vida: Páramo Subalpino según Ewel et al., 1976), le proporciona la cualidad ecológica de rareza, tanto interna como externa. Interna, dada la baja superficie ocupada dentro del Parque 258,5 ha (0,73%); la cual se restringe al Pico Occidental, Pico Oriental, Pico Naiguatá y la Silla de Caracas (64,5% en la vertiente sur). La externa, pues tal como lo expresa Amend (1991) estos subpáramos a 400 km de distancia en línea recta de los páramos andinos. Situación que llamó la atención de destacados naturalistas, como por ejemplo Humboldt, quien fue el primero en describir este fenómeno geográfico luego de ascender al Pico Oriental el 02 de enero de 1800.

2.1.3. Sensibilidad al Fuego

La sabana, o herbazal de montaña, se extiende más ampliamente en la vertiente sur, donde ocupa un 5% de la superficie. Área sometida a incendios anuales que acontecen durante el periodo seco y que se asocian al uso recreativo y urbano dentro del parque (Gutiérrez, 1997). En la vertiente norte ocupa un 0,7% de la superficie y se distribuye básicamente en dos núcleos aledaños a las áreas agrícolas (asentamientos de Galipán y de la parte baja de la Cuenca del Río Naiguatá). Según el estudio de la Región Capital realizado por el Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU-USB, 1979), las sabanas representan zonas intervenidas que originalmente estaban cubiertas por áreas boscosas y fueron eliminadas por la tala y la quema periódica del terreno. La acción del fuego en la vertiente sur ha conllevado a la sustitución progresiva del bosque ombrófilo submontano, semideciduo estacional por las sabanas o herbazales de montaña (Steyermark y Huber, 1978). Según Amend (1991) desde la fundación de Caracas se podían ubicar grandes extensiones de sabanas. Vareschi (1968) supone que se formaron en los años 0 a 1.000 D.C. debido a las quemadas iniciadas por los indígenas. Según Steyermark y Huber (1978) de las tres asociaciones de sabanas más importantes, la del *Axenopetum pulchri* es la única que forma comunidades vegetales consolidadas y bien desarrolladas desde hace varios siglos. Las otras dos asociaciones de sabanas: *Panicetum maximi* (gamelotal) y *Melinetum minutiflorae* (pasto melao) conforman sabanas secundarias cuya presencia denota la eliminación de la

vegetación original por efecto del fuego.

2.1.4. Naturalidad² vs Intervención Antrópica

Dentro del Geosistema El Ávila, se acentúa la diferenciación de sus dos subsistemas, no sólo por las características del medio físico (geológicas, geomorfológicas, meteorológicas e hidrológicas) y del medio biótico (representatividad, rareza), sino también por la distinta influencia antrópica que históricamente ha afectado a cada vertiente. Por ello, la vertiente norte posee un mayor grado de conservación, y una mejor representatividad de las comunidades vegetales originales, pudiéndose evaluar como de un alto nivel de naturalidad, debido no sólo a la baja intervención directa (2,5%) en relación con la vertiente sur (12%); sino también por la reducida superficie cubierta por las sabanas abiertas (0,7%), frente a la amplia superficie cubierta por la vertiente sur (4,9%), la cual se mantiene por la alta incidencia anual de los incendios de la vegetación (Gutiérrez, 1997). En relación con el uso de la tierra, la vertiente sur es la más afectada de forma antrópica, presentando usos agrícolas (10%), recreativos (0,6%) y urbanos (1,5%), sumando una superficie intervenida del 12%. La vertiente norte no presenta usos recreativos ni urbanos, y el uso agrícola apenas alcanza el 2,5% de la superficie de la vertiente. El nivel de naturalidad es sumamente importante para lograr alcanzar los objetivos de conservación del parque, lo cual cobra especial significado en el mantenimiento de las formaciones arbóreas (Helmer, 2004).

² Naturalidad, calidad del ecosistema o alguna parte de él que da a conocer su grado de independencia respecto a la acción del hombre, o lo que es igual, lo escaso de la influencia transformadora (MOPT, 1992).

Cuadro N° 1. Cobertura Vegetal y Usos en el Parque Nacional El Ávila.

Acrónimo	Tipo de cobertura y Usos de la Tierra	Vertiente Norte		Vertiente Sur	
		Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Er	Espinar ralo	564,5	1,11	No está presente	0
Ed	Espinar denso	5.468	10,78	No está presente	0
Mr	Matorral ralo	476,5	0,93	1.215,75	4,03
Md	Matorral denso	6.635,75	13,08	5.003,25	16,58
Bbr	Bosque bajo ralo	3.326	6,56	728,25	2,41
Bbm	Bosque bajo medio	5.071	10,00	1.932	6,40
Bbd	Bosque bajo denso	11.803,25	23,28	1.973	6,54
Bmr	Bosque medio ralo	No está presente	0	1.034,75	3,43
Bmm	Bosque medio medio	4.544	8,96	4.893	16,22
Bmd	Bosque medio denso	11.128,5	21,95	8.213,5	27,22
Sp	Subpáramo	91,75	0,18	166,75	0,55
Sa	Sabana abierta	345	0,68	1.502,25	4,97
U	Uso urbano	No está presente	0	446,25	1,47
A	Uso agrícola	1.243,25	2,45	2.877,5	9,53
R	Uso recreativo	No está presente	0	179,5	0,59

Fuente: SIG del Parque Nacional El Ávila - Monedero y Gutiérrez (2007b)

2.1.5. Regeneración Natural

El matorral representa un tipo de formación vegetal que tradicionalmente ha sido interpretado como una posible etapa seral del bosque en su proceso regenerativo. Huber y Alarcón (1988) lo incluye dentro del tipo fisionómico de Sabanas Arbustivas y Otros Herbazales Sin embargo, en el estudio realizado por el IERU-USB (1979) se ha considerado como una formación vegetal terminal climax, que responde a determinadas condiciones del medio físico (climáticas, edáficas y topográficas). Esta última hipótesis se vería reforzada por los resultados obtenidos para la vertiente norte en la cual el matorral denso por ocupar una amplia superficie (13%), pudiendo representar así una formación terminal. Según

Vareschi (1992) la proporción de especies de árboles y arbustos siempreverdes de la selva alisia se reduce, no sólo con la extensión de la época seca, sino también con la disminución de las precipitaciones anuales. Por lo tanto se presenta un amplio espectro de situaciones arbustivas-arbóreas que imprime una gran variación en la fisionomía y diversidad de este tipo de vegetación. No obstante, no se descarta la existencia de pequeñas superficies cubiertas de matorral ralo (0,9%) pertenecientes al tipo fisionómico descrito por Huber y Alarcón (1988) como sabanas arbustivas. Para el caso de la vertiente sur, debido a la elevada e histórica intervención antrópica, acusada por una significativa superficie cubierta por la sabana abierta (5%), se reforzaría la explicación de la presencia de matorrales

ralos y densos como posibles etapas serales. Ello aplicaría principalmente para el Bosque Ombrófilo Submontano Semi-Decíduo Estacional (Selva Alisia), piso vegetal que ha sido extensamente arrasado por los incendios y la tala en la vertiente sur del Ávila. Por otro lado, para el caso del matorral denso, con una gran superficie cubierta en la vertiente sur (16,6%), se explicaría, no sólo por los procesos de regeneración natural, sino también como formaciones representativas de la comunidad climax reconocida en las zonas montañosas de la Región Capital (IERU-USB, 1979).

2.2. Interpretación Geoecológica de la Dinámica del Paisaje Vegetal del Geosistema El Ávila

Se procede ahora a plantear la posible interpretación geoecológica de la dinámica del paisaje vegetal (como un ensayo teórico-conceptual), en la cual en lugar de emplear la óptica de la escuela sigmatista de los ecólogos vegetales y botánicos europeos, se retoma y adapta la óptica de la escuela geográfica con base a la “Teoría de la Bio-Rhexistasia de H. Erhart” (referida por Bertrand 1968). De esta manera se reaniman los conceptos de biostasia y rhexistasia; los cuales se presume podrían adquirir ahora mayor relevancia y vigencia a la luz de la gran importancia que a nivel internacional esta adquiriendo el concepto de Resiliencia³.

Con base en la Teoría de la Bio-Rhexistasia de H. Erhart, referida y empleada por Bertrand (1968) para interpretar la dinámica del paisaje, se ha sustentado la clasificación e interpretación

de las distintas geofacies que conforman los geosistemas dentro del PN El Ávila (Cuadro N° 2). Esta teoría derivada de la clásica teoría Clementsiana de la sucesión natural ha sido aplicada en el estudio del paisaje por distintos autores (Bolos, 1975; Elizalde y Jaimes, 1989) e igualmente soporta la escuela fitosociológica-sigmatismo española. La cual ha impulsando el desarrollo de la ecología del paisaje vegetal por parte de distintos autores (Bolos, 1975; 1981; Rivas-Martínez, 1976; Ferreras y Meaza, 1990). El esbozo tipológico de Bertrand (1968) se ubica dentro de la doble perspectiva tempo-espacial. En relación con el tiempo se toma en consideración la influencia de la herencia (historicidad según González-Bernáldez 1981), no sólo geomorfológica y pedológica sino también florística y antrópica. De ésta manera se tendría que reconstruir la cadena histórica de los geosistemas tomando en cuenta la alternancia y duración de las fases de equilibrio ecológico y de actividad geomorfogénica. En el espacio, es común encontrar un solapamiento de las distintas geofacies de los geosistemas, sin embargo, según Bertrand (1968), en términos generales, y como geógrafo físico, señala que los ecosistemas en equilibrio biológico (en biostasia) son dominantes en las zonas templadas y tropicales, así como en ciertas regiones de llanura, mientras que en la alta montaña y en las zonas áridas se caracterizan por su rhexistasia, representando geosistemas con una actividad geomorfológica importante. En su opinión la intervención antrópica aumenta los geosistemas en desequilibrio ecológico. Bajo un punto de vista mas ecológico González-Bernáldez

³ Del inglés: *Resilience*; definido como la capacidad de un ecosistema de tolerar las perturbaciones. Un sistema resiliente puede soportar los impactos y reconstruirse nuevamente

(1981) hace corresponder los sistemas ecológicos poco organizados con una situación de inmadurez ecológica, caracterizados por su inestabilidad. En su opinión, sólo los ecosistemas inmaduros son susceptibles de soportar una explotación continua. Holling (1973) define la estabilidad del sistema como la capacidad del sistema para retornar a su estado de equilibrio después de ser afectado por perturbaciones temporales (resiliencia). En relación con la estabilidad y el equilibrio de la vegetación cabe señalar que dentro del paisaje se pueden reconocer algunos ecosistemas representativos de condiciones ambientales pasadas, así como de la historia de la flora local, denominándose como áreas relicto; denominada como histéresis por González-Bernáldez (1981). También pueden presentarse ciertos tipos de vegetación en las cuales se acusan retrasos en su evolución hacia la vegetación terminal, cuya resistencia al cambio puede deberse a las modificaciones introducidas por la vegetación secundaria en su medio. La consideración de dichos desequilibrios actuales permite detectar las posibles tendencias en la dinámica de la vegetación actual. Por ejemplo una formación forestal se puede calificar como inestable bien sea por su débil poder de regeneración después de la deforestación, o por su baja resistencia a los incendios. Por otro lado, en la delimitación de las unidades en el paisaje cabe reseñar a Margalef (1977) quien señala que hay que reparar más en las posibles discontinuidades acumuladas a lo largo de ciertas líneas o fronteras (zona de transición entre dos comunidades denominada ecotónia o ecotono). Margalef cita a Shelford quien establece una dualidad de la definición de las fronteras: las verdaderas ecotonías y las que limitan etapas de distinta madurez de una misma comunidad.

Según Walter y Meyers (2004) la investigación sobre una tipología de los umbrales es un tema prioritario en la nueva área de ciencia de sustentabilidad. Por lo tanto cabe introducir aquí la resiliencia como concepto clave asociado a la interpretación de la dinámica de los ecosistemas naturales: la sucesión natural (Holling, 1973; Walter et al. 2004). Este enfoque se ha redimensionado y enriquecido con la incorporación de los conceptos del ciclo adaptativo y de la panarquía, aplicados tanto a los sistemas naturales, como sociales y económicos (Holling, 1973, Gunderson y Ludwig, 2002; Folke et al., 2002; Gunderson y Holling, 2002).

Dentro de éste marco teórico-conceptual se adoptó y adaptó (Cuadro N° 2) la tipología de la dinámica del paisaje propuesta por Bertrand (1968), a su vez, y a título de ensayo, se efectuó una aproximación preliminar entorno al marco teórico-conceptual desarrollado sobre el concepto de resiliencia. De ésta manera surgen las siguientes consideraciones:

- a) Cabe señalar, en primer lugar, que en ambos esfuerzos de conceptualización se emplea el enfoque sistémico y se parte de la tradicional teoría ecológica de la sucesión natural.
- b) La biostasia-rhexistasia de los geosistemas (Cuadro N° 2) se puede ordenar a lo largo de una secuencia que expresa los distintos grados de estabilidad entre ambos extremos: estados de biostasia: (a) climáticos, (b) paraclimáticos, degradados y con una dinámica (c) progresiva o (d) regresiva, continuando con los estados de rhexistasia: (e) limitada a la cobertura vegetal y (f) verdadera.

Cuadro N° 2 Tipología de la Dinámica de los Geosistemas

Geosistemas en Biostasia: Paisajes donde la actividad geomorfológica es débil o nula. El potencial ecológico es más o menos estable. El sistema de evolución está dominado por los agentes y los procesos bioquímicos; pedogénesis, competencia entre especies, etc. Los estados de la biostasia se clasifican según su grado de estabilidad en:

- **Geosistemas Climáticos.** También denominados plesio climáticos o subclimáticos: Se corresponden con paisajes cuya vegetación, en términos generales, se presenta en un estado climax. En el caso de una tala o de una perturbación natural (colada de barro), se puede llegar a una reconstitución rápida de la cobertura vegetal y de los suelos; el potencial biológico no parece modificarse.
- **Geosistemas Paraclimáticos.** Aparecen en el curso de la evolución regresiva, generalmente de origen antrópico, que implica una modificación parcial del potencial biótico o de la explotación biológica. La nueva cobertura vegetal impide el regreso espontáneo a la vegetación climax. Caso sabanas mantenidas por incendios recurrentes de origen antrópico.
- **Geosistemas Degradados en Dinámica Progresiva.** Representados por las coberturas vegetales en proceso de recuperación (etapas seriales) en áreas abandonadas por el hombre, las cuales en la mayoría de los casos no reproducen la vegetación climax original.
- **Geosistemas Degradados en Dinámica Regresiva.** Paisaje humanizado (agrosilvopastoril), donde la presión aún no ha causado una modificación importante del potencial ecológico. La vegetación está modificada o fue destruida. Los suelos aún cuando han sido transformados por las prácticas culturales, todavía no están roto el equilibrio ecológico. Caso la zona de Galipán y del Camino de los Españoles (entre otras).

Geosistemas en Rhexistasia: La geomorfogénesis domina la dinámica global de los paisajes. La erosión, el transporte y la acumulación de los sedimentos y de los detritos de todo tipo) inducen una movilidad de las vertientes y modifican el potencial ecológico: la geomorfogénesis impide la pedogénesis y la colonización vegetal.

- **Rhexistasia Verdadera:** Ligada a una crisis geomorfoclimática capaz de modificar el modelado del relieve. El sistema de evolución se reduce a un sistema de erosión clásico, en el cual la destrucción de la vegetación y del suelo puede ser total. Caso Cambio Climático.
- **Rhexistasia Limitada a la Cobertura Viviente:** Moviliza toda la franja biológicamente activa de la vertiente. Esta erosión se califica como epidérmica para distinguirla de la erosión avanzada o geomorfológica y sólo afecta la cobertura viviente: vegetación, hojarasca, humus, suelo, a veces la formación superficial y capas freáticas epidérmicas. Se diferencian dos tipos: la geomorfogénesis natural y la ligada a la acción antrópica.
 - (1) En la **geomorfogénesis natural** la erosión forma parte del climax, es decir, contribuye a limitar el desarrollo de la vegetación y de los suelos. Caso: afloramientos rocosos
 - (2) En los **geosistemas regresivos con geomorfogénesis ligada a la acción antrópica** se distinguen tres casos:
 - (2.1) Geosistemas en rhexistasia bioclimática en los que la morfogénesis es activada por el hombre.
 - (2.2) Geosistemas marginales en mosaico; con geofacies en rhexistasia y geofacies en biostasia, caracterizados por un cierto desequilibrio y fragilidad natural,
 - (2.3) Geosistemas regresivos con potencial ecológico degradado que se desarrollan por intervención antrópica dentro de paisajes en plena biostasis.

Fuente: Cuadro adaptado de Bertrand (1968)

- c) Esta secuencia de estados expresaría así distintos niveles de resiliencia; secuencia que podría ajustarse dentro de los extremos de adaptabilidad y de transformabilidad (conceptos claves del enfoque). Esta asociación también se podría interpretar en términos del grado de modificación del potencial biológico de los ecosistemas.
- d) En éste trabajo se plantea a título de hipótesis que la vertiente norte del Geosistema Ávila representa un subsistema climático. Este subsistema, luego de acusar una fuerte perturbación natural (deslaves diciembre 1999 y febrero 2005), ha presentado una reconstitución rápida (lo cual se ha evidenciado en los continuos chequeos de campo). Ello nos indicaría una alta capacidad resiliente y por lo tanto de adaptabilidad. Dichos impactos generaron fuertes perturbaciones en los ecosistemas, pero los cambios introducidos no modificaron su potencial ecológico (no impidieron la posterior la colonización vegetal y la consiguiente pedogénesis). Así la mayoría de los ecosistemas afectados han respondido de forma resiliente, manifestando gran capacidad para soportar los impactos y reconstruirse nuevamente (capacidad de auto-organización).
- e) No obstante, aun cuando se podría concluir que en la vertiente norte del Geosistema Ávila ha prevalecido la biostasia climática, de incrementarse la frecuencia de los fenómenos meteorológicos reseñados, como consecuencia de los cambios climáticos globales, se podría cambiar esta condición (caracterizada por una recurrencia media estimada en 50 años; según se aprecia en los registros meteorológicos e históricos referidos por el PNUD y la CAF (2000). Ello propiciaría una evolución del paisaje que comenzaría a estar dominada por la rhexistasia, debido al fuerte impacto geomorfológico (erosión, transporte y copiosa acumulación de sedimentos y detritos de todo tipo), derivado la continua perturbación generada por la recurrencia de los fenómenos meteorológicos. En consecuencia se desbordaría su capacidad resiliente, propiciando la transformabilidad del sistema.
- f) En contraste, la vertiente sur se puede interpretar como un subsistema paraclimático, dada la significativa extensión cubierta por sabanas y herbazales (debido a la intervención antrópica que data del período precolombino, acentuada en la época colonial, la cual se mantiene en la actualidad debido al efecto reiterado de los incendios de la vegetación). Ello implica por lo tanto, una modificación parcial del potencial biótico, donde la nueva cobertura vegetal impide el regreso espontáneo a la vegetación climax. A partir la declaratoria del Parque Nacional El Ávila en 1958, esta vertiente ha experimentado una importante recuperación, acusando así una intensa dinámica de biostasia progresiva en gran parte de sus áreas degradadas.
- g) Entérminos de resiliencia, la vertiente sur también podría interpretarse como formada por un conjunto de sistemas adaptativos complejos, pues dentro de su extensa matriz, compuesta por una cobertura vegetal dominada por sabanas y herbazales, destaca la presencia de parches en estado climático. Estos están representados principalmente por: (a) los matorrales interpretados como representantes de un grado de biostasia típica de geosistemas degradados en dinámica

progresiva, pues son coberturas vegetales en proceso de recuperación. Etapas serales en áreas que antes de la declaratoria como parque (hace 50 años) estaban cubiertas por sabanas, y las cuales en la mayoría de los casos no reproducen la vegetación climax original. (b) Pequeños parches de paisaje humanizado (agrosilvopastoril). Donde la presión aún no ha causado una modificación importante del potencial ecológico (Caso del sendero conocido como el Camino de los Españoles). Por otro lado, tal como lo reconocen Steyermark y Huber (1978), los bosques de galería en áreas fuertemente intervenidas representan parches de un tipo de vegetación residual o relictico. Las cuales se presume cubrían grandes extensiones antes de la intervención humana.

- h) Por lo tanto, esta vertiente está conformada por numerosos mosaicos (geofacies), que representan distintos estados de biostasia. En ellos predomina una situación generalizada de desequilibrio ecológico (con numerosas interfases que limitan etapas de distinta madurez de una misma comunidad). Esta situación se deriva de la elevada intervención antrópica. Por tanto, bajo el enfoque resiliente representarían sistemas con una incertidumbre inherente en sus dinámicas que tienden a tener múltiples estados estables y distintos grados de auto-organización.
- i) Por último, cabe señalar, a título de propuesta de investigación, que dentro del Geosistema Ávila también cabría la posibilidad de realizar su análisis de resiliencia, como sistema socio-ecológico, dada su estrecha vinculación histórica que ha sostenido con todo el área metropolitana que la circunda La Gran Caracas. Visto

como sistema integrado en el cual las dinámicas de los dominios sociales y del ecosistema se han ligado fuertemente, y con igual peso. Cuyas interacciones, a través del estudio de los ciclos adaptativos anidados a distintas escalas, propiciaría abordar la panarquia de éste geosistema.

Conclusiones

1. A partir de la información básica suministrada por el SIG del mapa de vegetación y uso de la tierra del Parque Nacional El Ávila (a escala 1:100.000), se abordó la interpretación y clasificación de la dinámica de su paisaje vegetal. Se empleó un enfoque geoecológico basado en la Teoría de la Bio-Rhexistasia de H. Erhart -siguiendo los lineamientos de Bertrand (1968)-. Ello permitió abordar la clasificación e interpretación de las distintas geofacies vegetales que conforman el Geosistema PN El Ávila. Todo ello proporcionó un notable valor agregado a la escasa información existente.
2. Este enfoque cobra gran vigencia en la actualidad, redimensionándose su significado, a la luz de la nueva connotación que a escala internacional han adquirido los conceptos de resiliencia, ciclo adaptativo y panarquia. Enfoque impulsado por la red académica internacional: *Resilience Alliance*.
3. Bajo esta nueva perspectiva es posible facilitar la evaluación de las potencialidades y limitaciones del medio natural o modificado (fragilidad o vulnerabilidad), ante los distintos tipos de usos, pasados, presentes y futuros. Esto resultará necesario, pertinente y aplicable en la orientación racional

- de la planificación y en la ordenación ambiental (Opdam et al., 2001; Black et al., 2003). Muy en especial para la gestión de las distintas áreas bajo régimen de administración especial.
4. Como comentario final, a título de reflexión, resulta significativo resaltar el aprendizaje proporcionado por la presente experiencia, la cual se puede sintetizar en las siguientes limitaciones y potencialidades derivadas de éste estudio.
 - a. Limitaciones: (1) La diferenciación de los tipos de cobertura vegetal y de los usos de la tierra reconocidos en el mapa fuente resultan incompletos e imprecisos (además ya están desactualizados), para lograr una adecuada interpretación y evaluación geoecológica del Parque. (2) La información disponible de la cobertura vegetal resulta muy imprecisa para la caracterización ecológica de los hábitats.
 - b. Potencialidades: (1) Empleo de la vegetación como componente ambiental clave en la caracterización geoecológica del geosistema bajo un enfoque cruzidisciplinario. (2) Aplicación de la clasificación geoecológica en la ordenación y manejo del Parque. (3) Redimensionamiento de la teoría de la Bio-Rhexistasia (sustentada en la teoría sucesión ecológica) a la luz del nuevo significado que han ido adquiriendo los conceptos de resiliencia, ciclo adaptativo y panarquia.
 5. Al contrastar la experiencia adquirida a través del presente enfoque geoecológico, con el marco referencial proporcionado por los artículos científicos revisados, se pueden identificar los siguientes temas de interés dentro del estudio geoecológico del paisaje vegetal, a ser contemplados como continuación de ésta línea de investigación:
 - c. Definición del geosistema como unidad de estudio y de sus distintas geofacies (Bertrand, 1968; 1993). En éste tema se ha de abordar como puntos de discusión: (1) la homogeneidad y delimitación de las unidades y subunidades del paisaje (geofacies), orientada a definir su jerarquización, corología, taxonomía y clasificación dentro de un sistema coherente. (2) Acotar su relatividad en relación con la escala, y con los objetivos de la investigación en la interpretación geoecológica de la heterogeneidad del paisaje, dentro de un determinado alcance espacial y temporal (Carstensen, 1987; Zonneveld, 1989; Manies y Mladenoff, 2000; Muñoz-Reinoso y Novo, 2005).
 - d. Integración de los estudios ecológicos específicos y puntuales, en los cuales se profundiza en la descripción, composición y funcionamiento de las comunidades y de los ecosistemas (Monedero y González, 1995; 1996; Monedero, 1998; Meier, 2004), a fin de explicar su comportamiento, con los estudios ecológicos a nivel del paisaje, los cuales proporcionan una visión sistémica e integrada (Bolos, 1975; 1981; 1987; Rodríguez, 1984; Ferreras y Meaza, 1990; Naveh, 1991; Ibarra, 1993), que le otorga su verdadero significado geoecológico.
 - e. Comprensión sistémica de la funcionalidad del paisaje (a nivel abiótico: procesos geomorfológicos (Zinck, 1980; Elizalde y Jaimes, 1989), y biótico: disposición

- espacial (Rapoport 1975) y movilidad de las especies (John et al. 2005), disponibilidad de hábitat para la fauna (Soulé y Wilcox, 1980; Cherrill y MacLean, 1995), fragmentación-aislamiento (Harris, 1984; Collinge, 1996), corredores biológicos (Yerena, 1994; Ochoa, 1993), así como de su dinámica ecológica (Risser, 1987; Turner, 1987; Zonneveld y Forman, 1990; Olsson et al., 2000), diferenciando etapas serales-climax, a fin de alcanzar una conceptualización del criptosistema (González-Bernáldez, 1981) a partir de la interpretación de la estructura del paisaje (fenosistema)
- f. Empleo de los sistemas de información geográfica como herramienta automatizada para el análisis y la integración de la información espacial (Calvo et al., 1999), procedente de distintas fuentes (sensores remotos, imágenes satelitales, fotos aéreas y datos de campo), a fin de generar modelos (Horssen et al., 1999), bien analógicos o determinísticos, que a partir de un grupo reducido de variables ambientales claves faciliten la interpretación ecológica del paisaje (Monedero, 1996).
- g. Empleo de la vegetación como variable ambiental clave en la interpretación ecológica del paisaje, partiendo de su caracterización general fisionómica-estructural, hasta alcanzar la máxima especificidad biogeográfica: soportada en la composición y disposición espacial de su flora a nivel de especie (Escuela Fitosociológica – Sigmatista; Rivas-Martínez, 1976; Braun-Blanquet, 1979); incluyendo además un conocimiento de las distintas etapas serales de las fitocenosis.
6. Aplicación de la ecología del paisaje en la resolución de problemas ambientales (MOPT, 1992), en la protección de las áreas naturales (Moss, 1988; Opdam et al., 2001; Navega, 2001; Black et al., 2003) y en la preservación de la biodiversidad (Rescia et al., 1995; Stohlgren et al., 1997; Berroterán, 1998; Stoms, 2000).
- h. Desarrollo del marco teórico-conceptual de la teoría de la Bio-Rhexistasia, de forma tal que permita su inserción dentro de la línea de investigación sobre resiliencia y panarquía impulsada por el grupo multidisciplinario de investigación que ha conformado la red internacional sobre Resiliencia: *The Resilience Alliance* (<http://www.resalliance.org/1.php>), a través de la cual se explora la dinámica de la adaptabilidad de los sistemas complejos (Holling, 1973; Folke et al., 2002; Gunderson y Holling, 2002; Holling, Gunderson y Ludwig, 2002; Walker y Meyers, 2004; Walker et al., 2004)

Agradecimientos

Se agradece al CDCH-UCV (21-00-3414-95), por el soporte financiero proporcionado al desarrollo de la presente investigación, realizada en el Laboratorio de Geoecología del CENAMB-UCV. A los profesores José Luis Berroterán (U.C.V.), Mirady Sebastiany (U.S.B.), Valois González (U.C.V.) y Michele Ataroff (U.L.A.) cuyas acuciosas observaciones permitieron mejorar la edición del presente documento.

Referencias bibliográficas

- ADAMS, J. M. 1998. Landscape change: Plan or chaos?. *Landscape and urban planning* (41): 151-161.
- ADAMS, J. M. 1999. A Suggestion for an improved vegetation scheme for local and global mapping and monitoring. *Environmental Management*, 23 (1): 1-13.
- AMEND, S. 1991. Parque Nacional El Ávila. Serie: *Parques Nacionales y Conservación Ambiental*, Nº. 2. Ed. Torino. 186 p.
- AVELEDO, R. 1968. Aves comunes en el valle de Caracas. Estudio de Caracas, Vol. 1. *Ecología Vegetal – Fauna*. 328-407. Ediciones de la Biblioteca U.C.V. Caracas, Venezuela.
- BEARD, J. S. 1944. Climax vegetation in Tropical America. *Ecology* 25 (2): 127- 158.
- BEARD, J. S. 1946. Los climax de vegetación en la América Tropical. *Fac. Nac. de Agronomía de Medellín*, Colombia. Vol. VI. No. 23.
- BEARD, J.S. 1955. The Classification of Tropical American Vegetation-Types. *Ecology* 36 (1): 89-99.
- BERROTERÁN, J.L. 1997. La importancia de los suelos en la distribución de los tipos de vegetación en los Llanos Altos de Venezuela. *Acta. Biol. Venez.* 17 (4): 15-21.
- BERROTERÁN, J.L. 1998. Spatial representation, biodiversity and fragmentation communities of the High Central Llanos of Venezuela. En Dallmeier, F. y J. Comiskey editores: *Forest Biodiversity in North, Central and South American and the Caribbean: Research and Monitoring. Man and the Biosphere Series*, 20: 137-150. UNESCO and The Parthenon Publishing Group, Carnforth, Lancashire, UK.
- BERROTERÁN, J.L. 2000a. Sostenibilidad Agrícola y Relaciones Suelo-Vegetación en Sistemas Neotropicales. *Trabajo de Ascenso a Nivel de Profesor Titular de la Universidad Central de Venezuela*.
- BERROTERÁN, J.L. 2000b. Tropical rain forest of Kwakwani-Guyana. Part 1: Pedosphere, sediments and structure. *Acta. Biol. Venez.* 20 (2)
- BERROTERÁN, J.L. 2004. Propuesta para la formulación de un proyecto de análisis, conservación, manejo y planificación de sistemas ecológicos a nivel nacional. *Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Vice-ministerio de Conservación Ambiental*. Caracas, Venezuela.
- BERTALANFFY, L. VON. 1976. Teoría general de los sistemas. *Fondo de Cultural Económica*, México.
- BERTRAND, G. 1968. Paysage et géographie physique globale. Esquisse Méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse. Tome: 39, pp 249-272.
- BERTRAND, G. 1978. La Géographie physique contre nature ? *Hérodote*

- No. 12. Ed. Francois Maspero. París.
- BERTRAND, G. 1993. El Geosistema y la auto-organización de la geografía física. *Cuadernos de Geografía. Universidad Nacional de Colombia*. Vol. IV. No. 1-2. Pp. 59-83.
- BLACK, A. E., P. Morgan y P. F. Hessburg. 2003. Social and biophysical correlates of change in forest landscapes of the interior Columbia Basin, USA. *Ecological Applications* 13(1):51-67.
- BOLÓS DE M. 1975. Paisaje y ciencia geográfica. *Estudios Geográficos*. Vol. XXXVI. No. 138-139. Pp. 93-105.
- BOLÓS DE M. 1981. Problemática actual de los estudios del paisaje integrado. *Revista de Geografía de la Universidad de Barcelona*, Vol. XV No. 1-2. Pp. 45-68.
- BOLÓS DE M. 1987. Nuevos conceptos en los estudios aplicados al paisaje integrado. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 7: 15-19.
- BOLÓS DE M. 1992. Manual de Ciencia del Paisaje: teoría, métodos y aplicaciones. MASSON, S.A., Barcelona. 273 p.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. H. Blume. 820 p.
- CALVO, J.F., J.A. PALAZÓN, M.A. ESTEVE, M.L. SUÁREZ, A. TORRES, M.R. VIDAL-ABARCA y L. RAMÍREZ-DÍAZ. 1999. The use of multivariate analysis for the ecological characterization of landscape: the Mula River watershed, south-east Spain. *Journal of Environmental Management*, 34: 297-308.
- CARSTENSEN, L.W. 1987. A Measure of Similarity for Cellular Maps. *The American Cartographer*, 14 (4): 345-358.
- CHERRILL A. y C. MACLEAN. 1995. An investigation of uncertainty in field habitat mapping and the implications for detecting land cover change. *Landscape Ecology*, 10 (1): 5-21.
- COLLINGE, S. 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning*, No. 35, Pp. 59-77.
- ELIZALDE, G. y E. JAIMES. 1989. Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. *Revista Geográfica Venezolana*, Vol XXX. Universidad de Los Andes. Venezuela. Pp. 5-35.
- EWEL, J.J., A. MADRIZ y J.A. TOSI. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. MAC-FONA/AP. Caracas. 265 p.
- FERRERAS, C. y G. MEAZA. 1990. Botánica y geografía: Su convergencia en el estudio integrado del paisaje vegetal. *Botánica pirenaico-cantábrica*: 521-530.
- FOLKE C. S. CARPENTER, T. ELMQVIST, L. GUNDERSON, CS. HOLLING, y B. WALKER. 2002. Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of

- Transformations. *AMBI/O*, 31 (5): 437-440.
- FOSTER, D. R. 1992. Land-use history (1730-1990) and vegetation dynamics in central New England. *Journal of Ecology*, 80: 753-772.
- GONZÁLEZ-BERNALDEZ, F. 1981. *Ecología y Paisaje*. Ed. H. Blume. Madrid. España. 250 p.
- GUNDERSON, L., Y C.S. HOLLING (Eds.), 2002. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA. 450 p.
- GUTIÉRREZ, M. 1997. Modelo Cartográfico digital para la evaluación del riesgo a incendios de vegetación del sector Caracas: vertiente sur del Parque Nacional El Ávila. Tesis de Licenciatura. *Escuela de Geografía*. Universidad Central de Venezuela.
- HARRIS, L. 1984. The fragmented forest, island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. *University of Chicago Press*.
- HELMER E.H. 2004. Forest conservation and land development in Puerto Rico. *Landscape Ecology*, 19 (1): 29-40.
- HOLDRIDGE, L. R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas*. San José, Costa Rica. 215 p.
- HOLLING, C.S. 1973. Resilience and stability of ecosystems. *Annual Review of Ecology Systems*, 4: 1-23.
- HOLLING, C.S., L.H. GUNDERSON, y D. LUDWIG. 2002. In quest of a theory of adaptive change. In L.H Gunderson, and C.S Holling, editors. *Panarchy: Understanding Transformations in Systems of Humans and Nature*. Island Press, Washington, D.C.
- HORSSEN VAN P.W., P.P. SCHOT y A. BARENDRGT. 1999. A GIS-based plant prediction model for wetland ecosystems. *Landscape Ecology*, 14 (3): 253-265.
- HUBER, O. 1986. Las Selvas Nubladas de Rancho Grande Observaciones sobre su fisionomía, estructura y fenología. En Huber, O. Ed. La Selva Nublada de Rancho Grande. Parque Nacional "Henri Pittier". *Fondo Editorial Acta Científica*. 288 p.
- HUBER, O. y C. ALARCÓN. 1988. Mapa de Vegetación de Venezuela. Escala 1:2.000.000. MARNR.
- IBARRA, P. 1993. Una propuesta metodológica para el estudio del paisaje integrado. *Geographicalia*, 30: 229-242.
- IERU-USB 1979. Estudios de los Espacios Abiertos de la Región Capital. Vol. I Vegetación. Coordinador: Pedro Lluberes. *Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU)*. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 144 p.
- JOHN G.K., A. ALAN, R. AGER, B. TERRY. 2005. Landscape-level movements of North American elk (*Cervus elaphus*): effects of habitat patch structure and topography. *Landscape Ecology*, 20 (3): 289-300.

- LANCINI, A. 1968. Las serpientes del valle de Caracas. Estudio de Caracas, Vol. 1. Ecología Vegetal – Fauna. 295-325. *Ediciones de la Biblioteca U.C.V.* Caracas, Venezuela.
- LUDWING, J.A. y D.J. TONGWAY. 1995. Spatial organization of landscape and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape Ecology*, 10 (1): 51-63.
- MANIES, K.L. y D.J. MLADENOFF. 2000. Testing methods to produce landscape-scale presettlement vegetation maps from the U.S. public land survey records. *Landscape Ecology*, 15 (8): 741-754.
- MARGALEF, R. 1977. Ecología. Ed. Omega. Barcelona. España. 951 p.
- MARTÍNEZ, E. 1983. Cultura y ciencia del paisaje. *Agricultura y Sociedad*, 27: 9-32.
- MEAZA, G. y O. ORMAETXEA. 1992. Propuesta metodológica de valoración fitogeográfica de unidades de paisaje natural. Cuadernos de Sección, *Historia*, 20: 369-389.
- MEETEMEYER, R.K. y A. MOODY. 2000. Rapid sampling of plant species composition for assessing vegetation patterns in rugged terrain. *Landscape Ecology*, 15 (8): 697-711.
- MEIER, W. 2004. Flora y vegetación del Parque Nacional El Ávila (Venezuela, Cordillera de la Costa), con especial énfasis en los bosques nublados. Edición electrónica en CD. Universität Freiburg. Germany. Título de la versión original: Flora und Vegetation des Ávila - Nationalparks (Venezuela/Küstenkordillere) unter besonderer Berücksichtigung der Nebelwaldstufe, publicada 1998 en *Dissertationes Botanicae*, Tomo 296, 485 p. J. Cramer in der Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung – Berlin – Stuttgart.
- MEZA, J.A. 1996. Memoria Descriptiva del Mapa de Vegetación y Uso Actual del Parque Nacional El Ávila, Distrito Federal y Estado Miranda. Escala 1:100.000. Serie de Informes Técnicos, Dirección General Sectorial de Información Ambiental. *Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables*. Caracas, Venezuela. 67 p.
- MONEDERO, C. 1996. Esquema operativo de evaluación ecológica empleando a la vegetación como componente ambiental clave. Con referencia especial al caso venezolano. *Interciencia*, 21 (4): 208-215.
- MONEDERO, C. 1998. Quantitative Analysis of the Arboreal Structure in a Tropical Cloud Forest in the Ramal Interior of the Cordillera Caribe. Loma de Hierro. Estado Aragua. Venezuela. *Smithsonian Institution*. 1998.
- MONEDERO, C. 2002. Ensayo metodológico para la interpretación geoecológica de la heterogeneidad del paisaje vegetal en un geosistema montañoso tropical. Caso de Estudio: Parque Nacional El Ávila. Trabajo de Ascenso - Categoría de Asociado. *Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología*. Caracas, Venezuela. 118 p.

- MONEDERO, C. y V. GONZÁLEZ. 1995. Producción de hojarasca y descomposición en una Selva Nublada Tropical del Ramal Interior de la Cordillera de la Costa. Venezuela. *Ecotrópicos*, Vol. 8 (1-2): 1-14.
- MONEDERO, C. y V. GONZÁLEZ. 1996. Análisis cuantitativo de la estructura florística de una Selva Nublada Tropical (Loma de Hierro, Venezuela). *Acta Biológica Venezolica*, Vol. 16 (4): 1-18.
- MONEDERO, C. y M. GUTIÉRREZ. 2001. Análisis cuantitativo de los patrones espaciales de la cobertura vegetal en el geosistema montañoso tropical El Ávila. *Ecotropicos*, Vol. 14 (1): 19-30.
- MONEDERO, C. y M. GUTIÉRREZ. 2007a. Interpretación Geoecológica del Patrón del Paisaje Vegetal, a través del empleo de Indicadores de la Heterogeneidad Espacial. Geosistema Parque Nacional El Ávila, Venezuela. Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos: 311-328. INTA-MAB-SECyT, GEPAMA. Buenos Aires, Argentina.
- MONEDERO, C. y M. GUTIÉRREZ. 2007b. Modelo de la Cobertura Vegetal Potencial del Geosistema Ávila (Parque Nacional). *Acta Biológica Venezolica*, 27 (1): 51-57. Instituto de Zoología Tropical. Universidad Central de Venezuela.
- MOPT. 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Centro de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid, España. 809 p.
- MOSS, M. 1988. *Landscape and Management*. New York. USA. 242 p.
- MUÑOZ-REINOSO J.C. y F.G. NOVO. 2005. Multiscale control of vegetation patterns: the case of Doñana (SW Spain). *Landscape Ecology*, 20(1): 51 – 61.
- NAVEDA, J. 2001. Bases para la Planificación Ambiental y la Ordenación del Territorio de Venezuela: una Aproximación Fundamentada en la Ecología de Paisajes y la Sustentabilidad Ecológica. Seminario presentado en el II Curso de Ecología de Paisajes y Sostenibilidad. Postgrado de Ecología. Universidad Central de Venezuela. Mimeografiado. 20 p.
- NAVEH, Z. 1991. Some remark on recent developments in landscape ecology as a transdisciplinary ecological and geographical science. *Landscape Ecology*, 5 (2): 65-73.
- OCHOA, J. 1993. Diseño de corredores de vida silvestre en bosques productores de maderas de la Guayana venezolana. Memorias del Taller: Corredores de vida silvestre en Centroamérica. *The Wildlife Society's International Wildlife Management Congress*. Heredia, Costa Rica.
- ODUM, E.P. 1986. Fundamentos de Ecología. Nueva Editorial Interamericana S.A. México, D.F. 422 p.

- OLSSON, E.G.A., G. AUSTRHEIM y S.N. GRENNÉ. 2000. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960-1993. *Landscape Ecology*, 15 (2): 155-170.
- OPDAM, P., R. FOPPEN y C. VOS. 2001. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 16:767-779.
- PNUD y CAF. 2000. Emergencia 99. Efectos de las lluvias caídas en Venezuela en diciembre de 1999. *CDB Publicaciones*, Caracas , Venezuela. 224 p.
- RAPOPORT, E.H. 1975. Areografía, estrategias geográficas de las especies. *Fondo de Cultura Económica*. México. 214 p.
- RESCIA, A. J., M.F. SCHMITZ, M.P. DE AGAR MARTÍN, C.L. DE PABLO, F.D. PINEDA. 1995. Adscribing plant diversity values to historical changes in landscape: a methodological approach. *Landscape and Urban Planning*, 31: 181-194.
- RISSE, P. G. 1987. Landscape ecology: state of the art, pp 1-14. En: Turner M. (eds.) *Landscape heterogeneity and disturbance*. *Ecological Studies*, 64. Springer Verlag. New York.
- RITTER, K:H., R.V. O'NEILL, C.T. HUNSAKER, J.D. WICKHAM, D.H. YANKEE, S.P. TIMMINS, K.B. JONES y B.L. JACKSON. 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10 (1): 23-39.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1976. Sinfitosociología, una nueva metodología para el estudio del paisaje vegetal. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 33: 179-188.
- RODRÍGUEZ, J. M. 1984. Apuntes de geografía de los paisajes. Publicación de la Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. *Imprenta Andre Voisin*, Cuba. 470 p.
- SELINGER-LOOTEN, R., F. GREVILLIOT y S. MULLER. 1999. Structure of plant communities and landscape patterns in alluvial meadows of two plains in the north-east of France. *Landscape Ecology*, 14 (2): 213-229.
- SOLANO, H. 1968. Anfibios del Valle de Caracas. Estudio de Caracas, Vol 1. *Ecología Vegetal – Fauna*, 258-294. Ediciones de la Biblioteca U.C.V. Caracas.
- SOULÉ M.E. Y B.A. WILCOX. 1980. *Conservation Biology*. Sinauer Associate, Inc. Publishers. USA 395 p.
- STEYERMARK, J. y O. HUBER. 1978. Flora del Ávila. MARNR - Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. *Editorial Vollmer Foundation*. Caracas, Venezuela.
- STOHLGREN T.J., M.B. COUGHNOUR, G.W. CHONG, D. BINKLEY, M.A. KALKHAN, L.D. SHELL, D.J. BUCKLEY y J.H. BERRY. 1997. Landscape analysis of plant diversity. *Landscape Ecology*, 12 (3): 155-170.

- STOMS, D.M. 2000. GAP management status and regional indicators of threats to biodiversity. *Landscape Ecology*, 15 (1): 21-33.
- TURNER, M. (ed) 1987. Landscape heterogeneity and disturbance. *Ecological Studies*, Vol. 64. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- URBAN, D.L, C. MILLER, P.N. HALPIN Y N.L. STEPHENSON. 2000. Forest gradient response in Sierran landscapes: the physical template. *Landscape Ecology*, 15 (7): 603-620.
- VARESCHI, V.Seite: 104
1968. Sabanas del Valle de Caracas. En: *Estudio de Caracas*, Vol. 1: 17-119. UCV, Caracas)
- VARESCHI, V. 1992. Ecología de la Vegetación Tropical. Edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Caracas. 306 p.
- WAGNER, H.H. y P.J. EDWARDS. 2001. Quantifying habitat specificity to assess the contribution of a patch species richness at a landscape scale. *Landscape Ecology*, 16 (2): 121-131.
- WALKER, B., C. S. HOLLING, S. R. CARPENTER, AND A. KINZIG. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2): 5. [Online: 15/04-/2009] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- WALKER, B. y J. A. MEYERS. 2004. Thresholds in ecological and social-ecological systems: a developing database. *Ecology and Society*, 9 (2): 3. [Online: 15/04-/2009] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art3/>
- WEHRMANN, M. 1972. Geología de la región de Guatire-Colonia de Tovar. *Memoria del IV Congreso Geológico Venezolano*. Caracas, Venezuela.
- YERENA, E. 1994. Corredores Ecológicos en los Andes de Venezuela. Serie *Parques Nacionales y Conservación*. Ed. Fundación Polare INPARQUES. Caracas. 87 p.
- ZINCK, A. 1980. Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. CIDAT, Mérida, Venezuela.
- ZONNELVELD, I. 1989. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3 (2): 67-86.