

Fitogeografía de ecosistemas secos en la meseta de ignimbritas de Guanacaste, Costa Rica

Gilbert Vargas Ulate

Universidad de Costa Rica. Escuela de Geografía, 2060, San José, Fax (506) 2 34 72 46; gilbertv@cariari.ucr.ac.cr

Recibido 28-IX-1999. Corregido 17-VII-2000. Aceptado 31-VII-2000.

Abstract: The dry ecosystems in the ignimbrite meseta of Guanacaste, northwest Costa Rica is mapped. Plant community distribution is intimately related to the type of relief, soils and humidity. In the upper parts of the meseta, characterised by soils which are stony, sandy, and acidic, herbaceous vegetation such as savanna and edaphic steppe is dominant. By contrast, woodland is found on the deep and organically rich soils of the valley floors. Within the herbaceous formations dwarf varieties of *Byrsonima crassifolia* (nance), *Curatella americana* (raspa guacal) and *Quercus oleoides* (encino) are found because of the acid and infertile soils.

Key words: Vegetation map, phytogeography, savannes, dry ecosystems, soils.

Las formaciones vegetales tropófilas comprenden diversas formas estructurales y fisonómicas como la sabana, la estepa, el matorral y el bosque seco. Los tropófilos se localizan en climas contrastados, donde se da una alternancia de un medio húmedo a un medio seco durante el año. La sequedad a la que se somete la vegetación tropófila es causada por factores climatológicos, como la existencia de una estación seca, o por condiciones edáficas ligadas a las propiedades físicas del suelo.

Las sabanas y matorrales han sido estudiados por diversos científicos en América tropical. Monasterio y Sarmiento (1975) analizaron las formaciones vegetales de los Llanos venezolanos; Eiten (1972) y Koechlin (1980) el Cerrado y la Caatinga en Brasil; Heyligers (1979) describió las sabanas sobre arenas blancas en Surinam y Puig (1989) la Huasteca mexicana.

En Costa Rica, los estudios de la sabana y el matorral son escasos y sobresalen los trabajos de Elizondo y Jiménez (1988) que estudian

la relación suelo y vegetación en la "sabana arbolada" de la Finca El Escobio, Liberia y los estudios de Vargas (1987 y 1988a) que analiza las condiciones fitogeográficas y ecológicas de la sabana en el Parque Nacional Santa Rosa y América Central (Vargas 1988b).

Se pretende en este estudio realizar una cartografía fitogeográfica de las principales formaciones vegetales secas de la meseta de ignimbritas de Guanacaste; analizar los factores ecológicos que determinan las formaciones vegetales y explicar las causas del enanismo que presenta la vegetación arbustiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Area de estudio: Se localiza en los cantones de Liberia y Bagaces (Provincia de Guanacaste), sobre una meseta de ignimbritas. Chiesa (1991) considera que los depósitos de ignimbritas son el resultado de una secuencia

superpuesta de flujos ignimbríticos de diversas edades y procedentes de diversos focos de emisión, ubicados en la base de la Cordillera Volcánica de Guanacaste.

El relieve resultante de estos depósitos es una meseta que mantiene altitudes de 200 a 300 m, sobre ella aparecen cerros relictos de 25 m de alto. Todos los ríos del área de estudio nacen en el Macizo del Rincón de la Vieja y drenan paralelamente, formando cañones y gargantas profundas de 130 m de profundidad. La parte superior de la meseta presenta un ancho de 200 a 500 m y el fondo de los valles es plano, con un ancho de 100 a 250 metros.

Para el estudio de suelos se recolectaron 28 muestras de suelos en tres diferentes unidades: las mesetas y cerros, los fondos de los valles y el sector más elevado del área de estudio, cerca de los 580 metros de altitud. A todas las muestras se les realizó un análisis granulométrico, de materia orgánica, color, profundidad y se estableció su pH. A dos muestras del área de meseta se les efectuó un análisis químico para determinar la fertilidad, por medio del cálculo de Bertsch (1987).

Para el estudio del régimen de lluvias y de balance hídrico se escogieron las estaciones de Liberia, Bagaces y Hacienda Guachipelín, del Instituto Meteorológico Nacional por encontrarse todas dentro del área de estudio.

El balance hídrico se realizó por medio del método de movimientos atmosféricos del agua de Holdridge (1962), el cual permite un cálculo a partir de datos de precipitación y temperatura, que son los disponibles en la región y por considerarlo un método que da resultados bastante exactos como se demostró en el Parque Nacional Santa Rosa (Vargas 1988a).

La cartografía de la vegetación se representa por medio del mapa fisonómico – estructural, a escala 1: 50 000, que por motivos de publicación fue reducida al formato de la revista. El mapa se elaboró a partir de fotografías aéreas a escala 1: 33 000 y fotografías aéreas infrarojo a escala 1: 80 000 del Instituto Geográfico Nacional. El trabajo cartográfico tuvo tres etapas: En la primera se definió los límites de las zonas homogéneas de la vegetación a par-

tir de las fotografías aéreas y se elaboró el primer borrador del mapa de vegetación; en la segunda se realizó el trabajo de terreno para verificar las zonas homogéneas y los límites definidos en la fotointerpretación; se recogieron las muestras de suelo, vegetación y formas de relieve que influyen en los diversos tipos de vegetación. La síntesis ecológica es la tercera etapa, la que combina las dos primeras etapas y constituye la representación cartográfica (Vargas 1992). Una vez comprobado los límites, la distribución y las características de cada zona homogénea se trazaron los polígonos de las unidades de vegetación en el mapa 1: 50 000, mediante el uso de una mesa digitalizadora y el programa de cartografía digital Map info.

En el estudio de campo se definieron un total de 20 parcelas, de 20 x 30 metros, donde se estableció la cobertura herbácea y arbustiva, altura del componente herbáceo, arbustivo y arbóreo y se hizo el inventario del componente florístico, el cual fue clasificado en el herbario del Museo Nacional de Costa Rica y en el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).

RESULTADOS

Los suelos de las mesetas, cerros y vertientes abruptas de los valles presentan una pedogénesis poco desarrollada, se clasifican como Inceptisoles y Entisoles (Alvarado y Perez 1978) y los principales son los Lithic ustorthent y Lithic ustrocept que son poco profundos (de 0 a 15 cm), con muchos pequeños fragmentos de roca, o la roca aparece en la superficie. El pH del suelo se clasifica de muy ácido a extremadamente ácido, el color es blancuzco a gris claro y su textura arenosa (Cuadro 1).

En los valles y depresiones se encuentran suelos como el Fluventic haplustol, un suelo profundo, de color café oscuro que presenta una capa de materia orgánica de color gris oscuro. En los fondos de valles aparecen pequeñas microdepresiones con suelos arcillosos (Vertic ustrocept y Typic pellustert), de 1.50 m de profundidad, de color gris oscuro a negro y ricos en materia orgánica.

CUADRO 1

Análisis granulométrico de arenas, grado de acidez y materia orgánica de los suelos de meseta y cerros en Liberia y Bagaces

TABLE 1

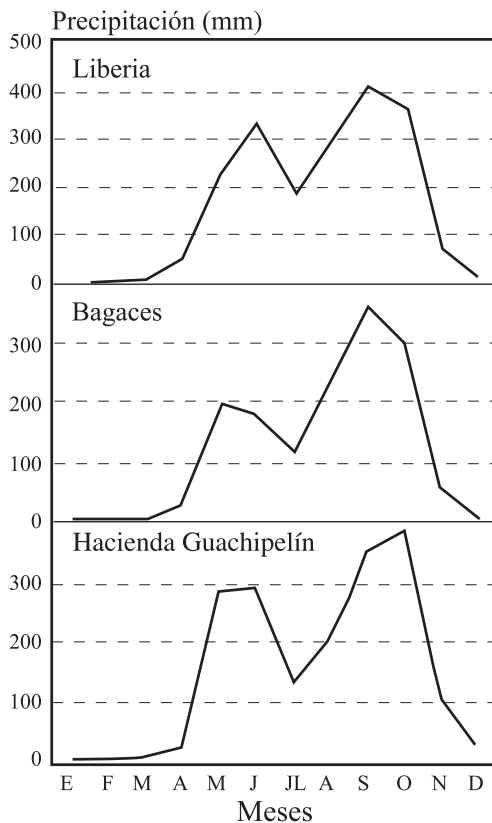
Granulometric analysis of sand, acidity and organic material in meseta and hill soil. Liberia and Bagaces

Sitio	Grava gruesa	Grava fina	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Grado de acidez	Materia orgánica	Textura
Liberia	10 %	20 %	30 %	32 %	8 %	4.3	1.5%	Arenosa
Bagaces	30 %	12 %	31%	33 %	24 %	4.0	1.4 %	Arenosa

La precipitación esta comprendida entre los 1 500 y los 1 750 mm al año; esta cantidad de precipitación parece suficiente para mantener una cobertura arbórea densa, pero la limitación no es la cantidad, sino la distribución de la lluvia en el año. Esta distribución es estacional, lo que origina una larga estación seca de seis meses y un déficit hídrico muy fuerte.

El régimen de lluvias presenta dos máximas y dos mínimas de lluvia y una estación seca, con una duración entre cinco y seis meses (Fig. 1). La lluvia durante la estación seca oscila entre 34.4 y 43.5 mm. Los meses de menor precipitación son enero (3.7 mm) y febrero (1.9 mm) y la mayor cantidad de lluvia durante la estación seca se presenta en abril con un promedio de 31.6 mm.

El balance hídrico (Cuadro 2) muestra como el agua del suelo se agota de noviembre a abril generando seis meses secos. La recarga se inicia en mayo y se dispone de humedad hasta octubre. Es durante este período en que se produce la escorrentía y la erosión de las arenas en las mesetas y cerros. En julio se da un disminución del agua en el suelo, pero no se origina sequedad. Durante los seis meses secos las condiciones de aridez se acentúan por las condiciones edáficas de suelos que son muy deficientes en la retención del agua, así como al poder secante de los fuertes vientos del este y noreste en los meses de diciembre, enero y febrero.



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional. 1975-1997.

Fig. 1. Régimen de lluvias.

Fig. 1. Precipitation.

CUADRO 2
Balance hídrico del suelo. Liberia
 TABLE 2
Soil moisture budget. Liberia

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Biotemperatura	27	27.7	28.5	29.3	28.7	27.6	27.4	27.2	26.8	26.5	26.5	26.7	
Evapotranspiración													
Potencial	135	126.6	142.5	141.8	143.5	133.5	137	136	129.7	132.5	128.2	133.5	1619.2
Precipitación	1.97	2.47	7.68	57.3	232.9	332.1	187.6	304.6	410.7	366.2	77.9	13.3	1994.7
Relación de evapotranspiración	68.5	51.2	18.5	2.4	0.6	0.4	0.7	0.4	0.3	0.36	1.6	10	
Exceso de Precipitación	0	0	0	0	89.4	198.6	50.6	168.6	281	233.7	0	0	
Recarga de Humedad del suelo	0	0	0	0	89.4	0	0	0	0	0	0	0	
Agotamiento d humedad del suelo	133	124.1	138.8	84.5	0	0	0	0	0	0	50.3	120.2	
Humedad almacenada en el suelo a fin de mes: 195 mm	0	0	0	0	89.4	195	195	195	195	195	148.7	28.5	
Punto de tensión: 118 mm													
Escorrentía total	0	0	0	0	0	198.6	50.6	168.6	281	233.7	0	0	
Deficiencia total de humedad en el suelo. Fin de mes: Punto de tensión.	199	199	199	199	109.6	0	0	0	0	0	0	170.5	
Deficiencia de precipitación	133	124.1	134.8	84.5	0	0	0	0	0	0	50.3	120.2	
Condición de humedad	Seco	Seco	Seco	Seco	Sh	Mh	H	Muy húmedo	Muy húmedo	Muy húmedo	Seco	Seco	

La vegetación de la meseta de ignimbritas ha sido clasificada a escala regional por varios autores. Holdridge (1971) la define como un bosque seco tropical y un bosque seco tropical transición a húmedo, aunque dentro de estas zonas de vida existen asociaciones edáficas compuestas por matorrales espinosos. Gómez (1985) la clasifica como bosques decíduos de bajura, sabanas abiertas de gramíneas y bosques semidecíduos de bajura y Vargas (1994) como bosques decíduos por la sequía y sabanas. Existe una coincidencia a nivel regional, entre los tres autores, ya que lo que difiere entre una y otro es la nomenclatura utilizada, pero la descripción florística, fisonómica y estructural que se hace de las formaciones vegetales es la misma.

El mapa de vegetación (Fig.2) define formaciones herbáceas, arbóreas, arbustivas y usos de la tierra. La nomenclatura fue adaptada por el autor a partir de los estudios de Le-gris (1978), Rey (1980) y Richard (1993).

Asociaciones herbáceas

Estepa edáfica arbustiva: La mayor extensión se localiza al noroeste y norte de la ciudad de Liberia, así como a 10 km al norte de la ciudad de Bagaces.

Los suelos son muy rocosos en superficie, de textura franco arenosa, con una acidez de 4.4 y 4.7, condiciones que son desfavorables para el desarrollo de la vegetación.

La cobertura herbácea es abierta, llega a un 30 % de cobertura en el sector de Liberia y un 36 % en Bagaces. La distancia entre las macollas esta comprendida entre los 2.7 y los 5.43 m y en ocasiones se presentan áreas de suelo desnudo, muy erosionados de hasta 8.45 m². El componente herbáceo esta formado por gramíneas cespitosas naturales como *Axonopus aureus*, *Paspalum pectinatum*, *Sporobolus cubensis*, *Eleusine sp*; su tamaño es pequeño, de 50 cm de altura como máximo y de 35 cm de diámetro en la parte superior de las hojas. Otras hierbas bajas que acompañan en forma dispersa a las gramíneas son *Chamaxcrista flexuosa*, *Polygala paniculata*, *Calliandra tergamina*, *Cassia hispidula*, *Porophyllum rudera-*

Borreria verticilata, *Bulbostylis vestita*, *B. Paradoxa*, *Pavonia sp*, *Rusellia sarmentosa*, *Aphelandra scabra* y *Evolvulus alinoides*.

La vegetación arbustiva está dominada por tres especies: *Quercus oleoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Curatella americana*. La distancia entre los arbustos es de 11.8 m en el sector de Bagaces y de 8.87 m en Liberia, con una cobertura de 27.7% y 33.13 % respectivamente. Estas tres especies presentan un porte “ enano “, con alturas promedio de 69 cm para el *Byrsonima*, 1.25 m en el *Curatella* y de 82 cm en el *Quercus*.

Otras especies arbustivas presentes son *Alibertia edulis*, *Xilozma flexuosum*, *Rhedia trinervis*, *Hyptis obtusifolia*, *Psidium guyanum*, *Hirtella racemosa*, *Casearia aculeata*, *Clidemia rubra*, *Mircianthes fragane*, *Roupala montana* y *Lonchocarpus rugosus*.

Sabana herbácea: Se localiza en las mesetas de la margen derecha del río Potrero. Los suelos son entisoles con una pequeña capa de acumulación de arenas de 1 cm de espesor.

La cobertura herbácea es del 65 % con lo que el suelo permanece con una cobertura durante la época de lluvias. Todas las gramíneas y las hierbas de la estepa edáfica están presentes aquí. Los arbustos están distantes entre sí por más de 20 m, generando una cobertura de apenas 18 %. La especie más frecuente es *Curatella americana*, seguido por el *Byrsonima crassifolia*. Entre las nuevas especies que aparecen están: *Clethra mexicana*, *Gliricida sepium*, *Apeiba tibourbou*, *Acrocomia vinifera* y *Bactris sp*.

Sabana arbustiva: Es la de mayor extensión y se ubica al este de la quebrada Montañita. La ignimbrita presenta una mayor descomposición, por lo que el aporte de sedimentos es mayor. Los suelos de la meseta son arenosos y con una acidez de 4.2.

La cobertura graminoide es de un 43 %, discontinua y es dominada por la especie *Sporobolus cubensis*. Muy abundantes son las hierbas *Croton sp*, *Turnera difusa*, *Aphelandra scabra*, *Rucelia sarmentosa*, *Calliandra tergamina*, *Hyptis obtusifolia*, *Evolvulus alinoides*, *Disidia sp*, *Chamaxcrista flexuosa* y la rastrera *Cassia hispidula*.

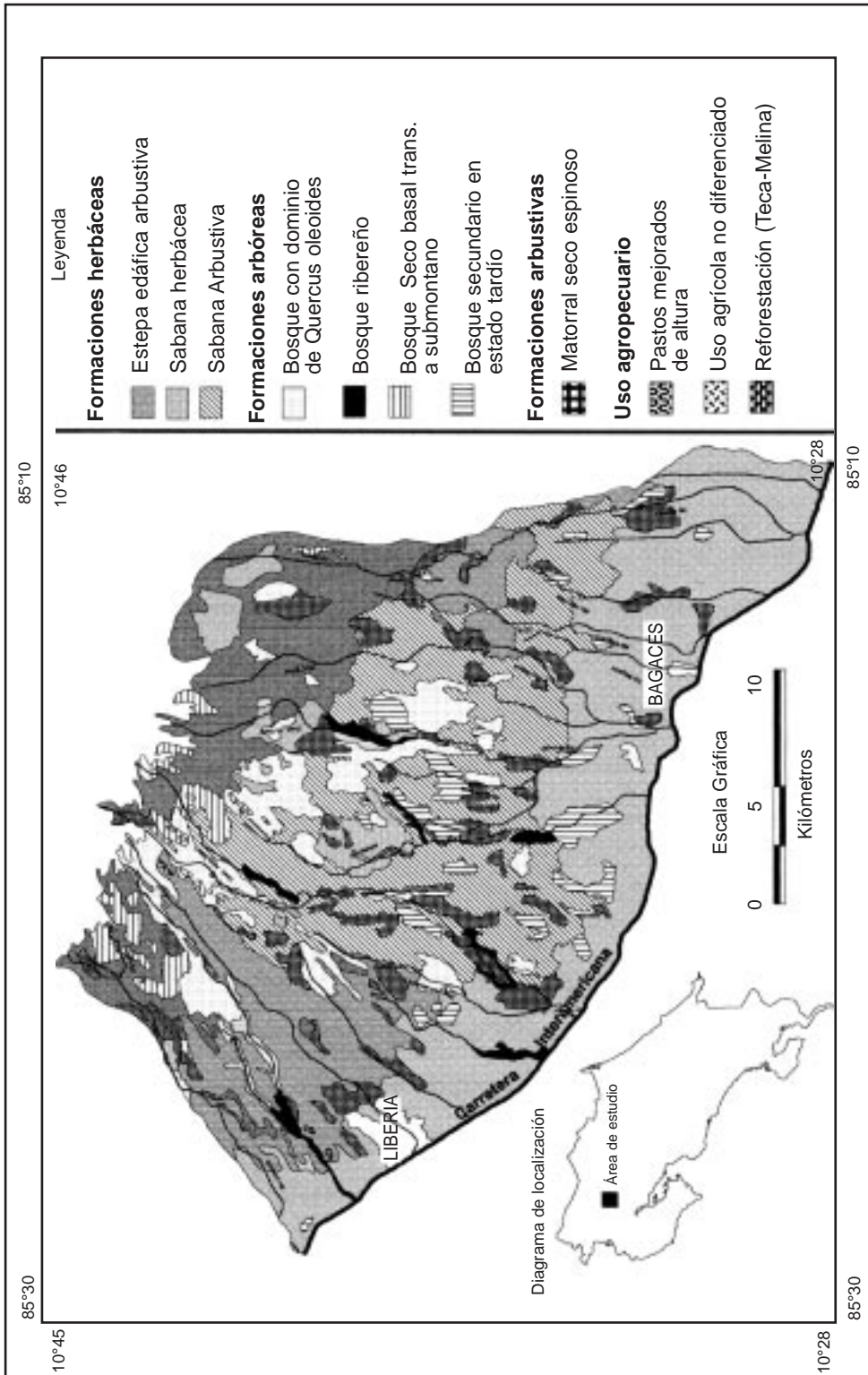


Fig. 2. Mapa de vegetación. Meseta Ignimbrita, Guanacaste.

Fig. 2. Vegetation map. Ignimbrite plateau of Guanacaste.

Byrsonima, *Quercus* y *Curatella* siguen siendo el componente arbustivo dominante. La distancia promedio entre ellos es de 2.39 m, con una distancia mínima de 1.30 m y una máxima de 4.6 m. La cobertura arbustiva es de 34.7 % en la meseta del río Salto, 35.2 % en Pijje y 29.4 % en la meseta del río Enmedio. La vegetación arbustiva es más alta, el *Curatella* alcanza alturas entre los 2 y 3.5 m, el *Byrsonima* entre 2.5 y 5 m y el *Quercus* de 8.4 a 12 m.

Asociaciones arbóreas

Bosque con dominio de *Quercus oleoides*: Se localiza en los fondos de valles de los ríos Colorado, Liberia, Salto, En Medio y en las quebradas Montañita y Agua Gata, así como en depresiones de origen volcánico. Los suelos son producto del depósito de materia orgánica y arenas que son acarreadas por la erosión hídrica o los ríos, son de color café, con profundidades mayores a 75 cm. La textura es equilibrada con arcillas arenosas y un pH moderadamente ácido y si bien la materia orgánica aumenta sigue siendo escasa; Elizondo y Jiménez (1988) dan dos razones, las cuáles compartimos para explicar la baja cantidad de materia orgánica, la primera razón es que la materia orgánica y los nutrientes son inmediatamente utilizados en el ciclo alimentario de las plantas y segundo que pueden sufrir un proceso de lixiviación.

El bosque presenta dos estratos; el estrato superior es bajo y uniforme, con una altura máxima de 12 metros. La especie dominante del estrato superior es el *Quercus oleoides*, por lo que se puede clasificar como sempervirente, tiene copas de 8,6 metros de diámetro que proveen una cobertura del 73 %; igualmente aparecen el *Hymenaea courbaril*, *Tabebuia chrysantha*, *Roupala montana*, *Luehea semannii* y *Lonchocarpus rugosus*, todos ellos decíduos. El estrato inferior es arbustivo y denso, de dos a tres metros de altura y muy espinoso; entre las principales especies se reconocieron *Chomelia spinosa*, *Acacia costaricensis*, *Xylosma flexuosum*, *Calliandra cumingii* y *Alibertia edulis*. Hacia las orillas aparecen la *Chusquea sp* y un bambú pequeño *Arthrostylidium racemiflorum*.

Un estrato intermedio se encuentra en formación pero las especies que lo constituyen están muy distanciadas unas de otras, como son: *Cochlospermum vitifolium*, *Luehea semannii*, *Muntingia calabura*, *Spondias mombin*, *Sloanea terniflora*. La regeneración es dominada por el *Quercus*, especie que en tres parcelas de 10 x 10 m presentó un promedio de 22 individuos, de menos de 2.5 cm de diámetro de tronco.

Bosque ribereño: Se ubica en los valles de fondo plano, a lo largo de los principales ríos y quebradas. Los suelos son profundos, presentan una textura equilibrada con arcilla arenosa y contenidos de materia orgánica que van de un 4.9 % hasta un 8.7 %. La humedad del suelo es determinada principalmente por el aporte de agua de los ríos y quebradas durante los caudales máximos.

El estrato superior del bosque tiene una altura máxima de 20 m, su cobertura es del 72 %. El bosque es semicaducifolio al producirse una confluencia de especies de baja altitud, caducifolias, como *Bombacopsis quinatum*, *Bursera simaruba*, *Cochlospermum vitifolium*, *Hymenaea courbaril*, *Tabebuia rosea*, *T. ochraceae*, *Cedrella sp* y especies sempervirentes de pisos superiores como *Sloanea terniflora*, *Clusia major*, *Manilkara chicle*, *Pithecelobium longifolium* y el *Quercus oleoides*. Otras especies que forman parte del componente florístico son *Gliricida sepium*, *Cassia sp*, *Cochlospermum vitifolium*, *Callophyllum brasiliensis*, *Dendropanax arboreus*, *Ardisia revoluta*, *Bromelia wercklei*, *Acrocomia vinifera*, *Guazuma tomentosa* y *Cordia guanacastensis*. El estrato inferior es muy semejante al descrito para el bosque con dominio de *Quercus oleoides*.

Las vertientes de los valles forman paredes casi verticales, con pendientes de hasta 35°. Las paredes rocosas son sitios desfavorables para el crecimiento de la vegetación, por la fuerte erosión y vientos, así como la ausencia de suelos. Entre las especies que se distinguen en estos riscos están: *Bromelia wercklei*, *Acacia costaricensis*, *Calliandra tergamina*, *Roupala sp*, *Bursera simaruba*, *Chomelia spinosa*, *Plumeria rubra* y *Sporobolus cubensis*.

Bosque secundario en estado tardío:

Constituye un estado de evolución progresiva hacia el bosque con dominio de *Quercus* y los bosques ribereños. Se localiza por lo general, en los fondos de valles y microdepresiones planas y constituyen comunidades de 15 a 20 años de edad. En algunas ocasiones el *Quercus oleoides* domina en más del 50 %.

Los estratos son dos, el primero y más alto alcanza ocho metros de altura, con una cobertura de un 64 %, con árboles como *Quercus oleoides*, *Luehea semannii*, *Ficus sp*, *Croton reflexifolius*, *Guazuma tomentosa*, *Hymenaea courbaril*, *Lonchocarpus rugos*, *L. orotinus*, *Eugenia sp*, *Muntingia calabura*, *Cochlospermum vitifolium*. El segundo estrato es de 1.5 a 2 m de altura, su cobertura arbustiva varía de un sitio a otro, en ocasiones es abierta pero formada por especies muy espinosas, como *Bactris sp*, *Aca-cia spadicigera*, *Bromelia wercklei* y *Xilosma flexuosum*; en otros sitios por el contrario, es muy densa e impenetrable. Se observó un importante número de especies de *Enterolobium cyclocarpum*, *Dalbergia retusa*, *Hymenaea courbaril*, *Quercus oleoides*, *Bombacopsis quinatum* que llegan a alturas de 5 o 7 metros.

Bosque seco basal transicional a submontano: Se localiza en forma de manchas en la parte superior del área, principalmente en el sector noroeste y central. El bosque presenta un dominio de especies caducifolias de baja altitud, aunque es claro la transición hacia el bosque húmedo submontano y la presencia de especies sempervirentes de los pisos superiores, por lo que se clasifica como semicaducifolio.

Los suelos son profundos, de color café oscuro y café rojizo, de textura equilibrada y con porcentajes importantes de arcilla. Presentan un capa de hojarasca de 8 cm de espesor, la materia orgánica superficial está comprendida entre un 4.7 % y 10.2.

El bosque presenta un estrato superior de 25 a 30 m de altura y una cobertura de 70%. Entre las especies secas caducifolias de baja altitud están *Swietenia macrophylla*, *Calophyllum brasiliense*, *Pithecelobium arboreum*, *Swartzia cubensis*, *Dialium guianense*, *Tabebuia chrysantha*, *Hymenaea courbaril* y *Virola*

sebifera. Las especies sempervirentes de pisos superiores son *Terminalia bucidoides*, *Vochysia hondurensis*, *Pterocarpus officinalis*, *Billia colombiana*, *Vitex cooperi*, *Euterpe sp* y las lauraceas *Nectandra reticulata* y *Ocotea tonduzzi*.

El estrato inferior es denso y con gran variedad de especies que alcanzan 3.4 m de altura, entre ellas *Psychotria involuocrata*, *Bertiera guianensis*, *Piper sp*, *Miconia microcarpa*, y el bambu *Arthrostyidium racemiflorum*.

Asociaciones arbustivas

Matorral seco espinoso: Se encuentra disperso en forma de manchas y cubre superficies que van desde los 2 km² hasta los 12 km². Se localiza tanto en las mesetas como en los fondos de valles y microdepresiones, aunque domina claramente en estos últimos.

El matorral es una vegetación arbustiva muy densa y sin estrato graminoide que se produce al suspenderse la acción de los fuegos anuales y la antrópica, la altura del estrato leñoso esta comprendida entre los dos y tres metros. La penetración y circulación es difícil, a causa de lo enmarañado de la ramas y la existencia de espinas.

Entre los arbustos sobresalen las siguientes especies: *Chomelia spinosa*, *Bactris minor*, *Miconia argentea*, *Lippia graveolens*, *Clethra mexicana*, *Xilosma flexuosum*, *Casearia aculeata*, *Roupala montana*, *Xilosma flexuosa*, *Croton niveus*, *Alibertia edulis*, *Clitoria guianensis*, *Alibertia edulis*, *Calliandra cumingii*, *Lysiloma divaricatum*, *Malvaviscus arboreus*, *Apeiba tibourbou*, *Machaerium biovulatum* y *Gliricida sepium*.

Uso agropecuario: La actividad agropecuaria esta representada por tres usos de la tierra que son los pastos mejorados de altura, el uso agrícola no diferenciado que comprende la producción de arroz, sorgo y caña de azúcar y la reforestación con teca y melina al norte de Curubandé.

DISCUSIÓN

En la meseta de ignimbritas de Guanacaste domina la vegetación herbácea y arbustiva

xeromorfa, en especial las especies *Quercus oleoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Curatella americana* que se adaptan a una fuerte aridez, aunque el *Byrsonima* presenta una distribución muy amplia que comprende tanto los bosques húmedos como secos. La aridez en el área de estudio es tanto climatológica como edáfica; es climatológica, a pesar de que los volúmenes de lluvia anual son abundantes (1 800 mm), ya que el régimen hídrico define un déficit hídrico de seis meses; es edáfica por la presencia de suelos líticos, arenosos, excesivamente ácidos y pobres en nutrientes. Estas condiciones adversas favorecen la instalación de la vegetación seca y espinosa, principalmente la estepa edáfica, la sabana arbustiva y el matorral espinoso.

En las formaciones herbáceas que se encuentran en el mapa de vegetación se representa la estepa edáfica que difiere mucho de la sabana en su estructura y fisonomía. La estepa es una formación herbácea abierta, con menos del 30 % de cobertura graminoide, mientras que la sabana presenta una cobertura graminoide densa, al menos en su estrato superior, mayor del 65 % (Descoings 1973).

En la cartografía de la vegetación se utiliza el término de estepa, el cual se aplicó exclusivamente a las formaciones herbáceas de gramíneas de las regiones templadas de Rusia. La estepa templada presenta dos períodos limitantes, uno durante el invierno frío y el otro durante el verano seco y caliente. Es a partir del congreso de Yamganbie (Congo), en 1956 en que los fitogeógrafos europeos aplican este concepto a las formaciones herbáceas de las regiones secas intertropicales que poseen una fisonomía semejante (Trochain 1957), pero se diferencian en su composición florística y por presentar un solo periodo de reposo durante la estación seca.

El concepto de estepa que se aplica a la descripción de la vegetación intertropical, únicamente conserva su significación de formación herbácea abierta, es precisamente, a nivel de cobertura y fisonomía que se diferencia de la sabana, al presentar esta última formación una cobertura herbácea densa y alta, manteniendo ambas, casi la misma composi-

ción florística (Schnell 1981). La estepa tropical debe su origen a condiciones climatológicas o a condiciones edáficas (Koechlin 1961). En cartografía de la vegetación, el concepto de estepa ha sido aplicado a las formaciones vegetales tropicales de Africa, América y Asia (Rey 1980, Legris 1988, Richard 1993 y Bailey 1997).

La estepa en el área de estudio está constituida por una cobertura abierta de gramíneas cespitosas, de poca altura con un estrato herbáceo y arbustivo xeromorfo disperso. La aridez en la estepa es mayor que en la sabana por la existencia de suelos entisoles líticos y arenosos, de ahí el calificativo de estepa edáfica. Tamayo (1964) estudió una vegetación de fisonomía idéntica, con dominio de *Sporobolus virginicus* en las mesas de Guárico (Venezuela), las que clasifica como vegetación herbácea psammófila y tropófila.

La distribución de las diferentes formaciones vegetales esta muy relacionada con la geomorfología y los tipos de suelo, así en las mesetas y cerros con suelos líticos y arenosos se dan la estepa edáfica y las sabanas herbáceas y arbustivas; las vertientes rocosas de los cañones y gargantas casi no tienen vegetación y los fondos de valles y depresiones mantienen una vegetación arbustiva y arbórea que va desde las diversas etapas de la sucesión vegetal hasta el bosque. Una asociación y distribución semejante de la vegetación la describe Monasterio y Sarmiento (1975) en los Llanos venezolanos y Heyligers (1979) para las sabanas de arenas blancas en Surinam. Esta distribución demuestra como la vegetación refleja las diversas condiciones ecológicas del medio, por ello, se convierte, de hecho en una expresión integradora de todos los factores ambientales que se representan en el mapa.

En la estepa edáfica y en la sabana arbustiva se da un "enanismo" de las tres principales especies arbustivas: *Quercus oleoides*, *Curatella americana* y *Byrsonima crassifolia*. El enanismo se presenta en varios ecosistemas tropicales y son provocados por diversos factores ambientales. En la línea de cresta de los sistemas montañosos y en las vertientes de barlovento

sometidas a fuertes vientos, la vegetación reduce considerablemente su tamaño, un ejemplo es el bosque enano de la reserva biológica de Monteverde, donde los géneros *Quercus*, *Sapium* y *Mortoniendrom* llegan a 5 metros de alto (Lawton y Dryer 1980); también los vientos fuertes y secos que soplan entre el Cerro El Hacha y el volcán Orosí ocasionan daños mecánicos en las ramas y el desecamiento de la yema de crecimiento creando una ramificación a baja altura o postrada, esto mismo lo observó Vareschi (1986) en los Andes venezolanos. En el páramo del volcán Pululahua, en Ecuador, la fuerte insolación, la acción de los rayos ultravioletas asociados a suelos entisoles con baja fertilidad y poca retención de agua crean enanismos en *Pernetia parvifolia* y *Rhus jugandifolia* (Vargas 1990). En los sali-

trales donde la salinidad del suelo sobrepasa el 170 % en relación conl agua de mar, el *Avicenia* es afectado con una reducción en su altura y en área basal (Jiménez y Soto 1985).

Estos factores ambientales actúan como perturbaciones persistentes y continuas que influyen en la resistencia y elasticidad de la vegetación, estas perturbaciones son conocidas como "estrés" (Odum 1991). El estrés crónico, de larga duración o repetitivo puede ser el causante del enanismo, al exponerse la vegetación a un período de tiempo prolongado.

El enanismo en la estepa edáfica y la sabana arbustiva puede ser provocado por la excesiva acidez y la infertilidad de los suelos. En este caso, las dos muestras de suelo que se les aplicó el análisis químico presentaron una baja fertilidad (Cuadro 3).

CUADRO 3

Análisis químico de los suelos en la meseta de Guanacaste

TABLE 3

Chemical analysis of soils from the meseta of Guanacaste

Sitio	M.O%	PH	P Ppm	Ca Meq/100gr	Mg Meq/100gr	K Meq/100gr	Al Meq/100gr	Fe Meq/100gr
6 km N de Liberia	0.33 bajo	4.6 bajo	3 bajo	1.1 bajo	0.60 bajo	0.56 optimo	0.19 bajo	20 optimo
5 km N de Pijije	1.13 bajo	4.8 bajo	4 bajo	1.3 bajo	0.76 bajo	0.46 optimo	0.14 bajo	16 optimo

CUADRO 4

Relación de los elementos químicos en las muestras de suelo de Liberia y Pijije

TABLE 4

Relation of chemical elements in soil samples from Liberia and Pijije

Liberia			Pijije		
Acidez	4.6	bajo	Acidez	4.8	bajo
Ca / Mg	1.83	bajo	Ca / Mg	1.18	bajo
Ca / K	1.96	bajo	Ca / K	2.83	bajo
Mg / K	1.07	bajo	Mg / K	2.39	bajo
(Ca+Mg)/K	3.04	bajo	(Ca+Mg) / K	5.22	bajo

Las muestras analizadas son bajas en magnesio, aluminio, calcio y fósforo (Cuadro 4). Esta falta de nutrientes inhibe el crecimiento de las plantas, así las deficiencias en fósforo (P) detienen el desarrollo de las plantas (Devlin 1989) y la falta de calcio (Ca) da lugar a una rápida y espectacular desintegración total de los meristemas terminales del tallo y ramas, deformándolos y reduciendo su crecimiento (Bonner y Galston 1994).

El pH del suelo tiene una influencia muy importante al determinar la vialidad del medio como sustrato para el crecimiento vegetal. Los suelos excesivamente ácidos, como los analizados, crean una toxicidad que detiene el desarrollo y crecimiento de la raíz y la vegetación (Bonner y Galston 1994).

Las mismas condiciones de deficiencia nutricional se dan en las sabanas de la mesa de Guárico, en Venezuela. Los suelos de estas sabanas tienen bajos contenidos de materia orgánica 2.01 %, un pH de 5.4 y contenidos de calcio, magnesio, sodio, potasio y aluminio de 0.69, 0.40, 0.03, 0.11 y 1.28 mg / 100 gr respectivamente, siendo consideradas como las más pobres de las sabanas venezolanas (San José y García Miragaya 1979). La consecuencia de estas condiciones de infertilidad es la presencia de individuos de *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia* y *Bowdichia virgilioides* de 0.80 a 1.50 m de altura.

En el bosque ribereño se produce una interacción de las especies del piso de baja altitud con los pisos superiores de montaña en valles longitudinales de poca pendiente. Este hecho se repite en ambas vertientes de la cordillera de Tilarán (Vargas 1987), aunque podría influir la dispersión por hidrocoria, como lo señalan Elizondo y Jiménez (1988) o por zoocoria, principalmente de mamíferos que buscan refugio durante la estación seca en los bosques ribereños que mantiene mayor humedad.

En la meseta de Guanacaste se desarrolla un conjunto de formaciones vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas tropófilas que se adaptan a diversos grados de aridez climatológica y edáfica. Existe una íntima correspon-

dencia entre los tipos de relieve y suelos con las formaciones vegetales que se establecen sobre ellos

En el área de mesetas y cerros las condiciones ambientales son desfavorables para el establecimiento del bosque, pero puede manejarse una recuperación a nivel de matorrales espinosos y bosques bajos donde se daría el dominio del *Quercus oleoides*, *Byrsonima crassifolia* y *Curatella americana*.

Los valles y depresiones permiten la instalación de ecosistemas forestales donde se interrelacionan especies secas del piso de baja altitud con especies de pisos de montaña húmedos que sirven de hábitat y refugio a especies de mamíferos.

REFERENCIAS

- Alvarado A & S. Pérez. 1978. Mapa de suelos de Costa Rica. Escala 1: 200 000. Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, San José, Costa Rica
- Bailey, G.R. 1997. Ecosystem Geography. Springer, Nueva York. 203 p.
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Vicerrectoría de Acción Social. Universidad de Costa Rica, San José. 174 p.
- Bonner J & A.W. Galston. 1994. Principios de fisiología vegetal. Aguilar, México, D.F. 345 p.
- Chiesa, S. 1991. El flujo de pómez biotítica del río Liberia. (Guanacaste). Rev. Geol. Amér. Cent. 13: 75-84.
- Descoings, B. 1973. Notes sur la structure de quelques formations herbeuses de Lamto. (Cote d'Ivoire), Ann. Univ. Abidjan, Serie E5: 13 - 27.
- Devlin, R. 1989. Plant physiology. Reinhold, Nueva York, 345p.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botanical Rev. 38: 210 -241.
- Elizondo L.H. & Q. Jiménez. 1988. La sabana arbolada del Escobio. Liberia. Rev. Biol. Trop. 26: 175-186.
- Gómez, L.D. 1985. La vegetación de Costa Rica. EUNED, San José, 327 p.

- Heyligers, P.C. 1979. Vegetation and soil of a white – sand savanna in Suriname. *Akad. Wetenschappen, Amsterdam*, 134 p.
- Holdridge, L.R. 1962. The determinism of atmospheric water movements. *Ecology*, 43: 1- 9.
- Holdridge, L.R. 1971. Forest environment in tropical lifes zones. Pergamon, London. 478 p.
- Jiménez J.A. y R. Soto. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33: 25- 37.
- Koechlin, J. 1961. La végétation des savanes dans le sud de la république du Congo. ORSTOM, Montpellier, Francia, 310 p.
- Koechlin, J. 1980. Geographie et ecologie de la Paraiba (Bresil). *Trav. Doc. Geog. Trop, Centre d'Etudes de Geographie Tropicale, Bordeaux, Francia*, 41: 375 p.
- Lawton R. & V. Dryer. 1980. The vegetation of the Monteverde clouds forest reserve. *Brenesia*, 18: 101 – 116.
- Legris, P. 1988. Nomenclature pour une carte de la végétation du monde. UNESCO, Paris, 125 p.
- Monasterio M & G. Sarmiento. 1975. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. p. 223 -250 *In: Golley, F. B y Medina, E. (Eds) Tropical ecological systems: Trends in terrestrial and aquatic research.* Springer, NuevaYork.
- Odum, E.P. 1991. Fundamentos de ecología. Interamericana, México, D. F. 422 p.
- Puig, M. 1989. Végétation de la Huasteca de México. *Col. Estud. Mesoamer.* 5 (Paris): 1-156.
- Rey, P. 1980. De la carte de la végétation a la cartographie écologique. *Bull. Ecol*, 11: 49 -61.
- Richard, J.F. 1993. Legende d'une carte des paysages á l'échelle 1: 50 000. ORSTOM, Lomé, Togo. 42 p.
- San José J.J. & J. García Miragaya. 1979. Contenido de nutrientes en el suelo y la fitomasa de comunidades de la sabana de Trachipogon. *Bol. Soc. Venez. Cien. Nat*, 136: 113 –122.
- Schnell, R. 1981. Introduction a la phytogeographie des pays tropicaux: La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Gauthiers Villars, Paris, 374 p.
- Tamayo, F. 1964. Ensayo de clasificación de sabanas de Venezuela. Escuela de Geografía, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 63 p.
- Trochain, J.L. 1957. Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bull. Inst. Bot. Centreafricain*, 3: 55 - 93.
- Vareschi, V. 1986. Algunos aspectos de la ecología vegetal de la zona más alta de la Sierra Nevada de Mérida. *Rev. Fac. Cienc. Forest, Mérida*, 13: 23 – 33.
- Vargas, G. 1987. Estudio cuantitativo y bioclimatológico de la vegetación leñosa de la sabana en el parque nacional Santa Rosa. *Yearbook of Conf. Lat. Amer. Geograp*, 13: 72 – 81, Baton Rouge, Louisiana.
- Vargas, G. 1988 a. Análisis fitogeográfico y ecológico de una sabana arbustiva en el Parque Nacional Santa Rosa. *Rev. Geog*, 108: 53 - 74. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México, D.F.
- Vargas, G. 1988b. Estudio fitogeográfico de las formaciones secas herbáceas y arbustivas de América Central. *Geostmo*, 2: 57 –76.
- Vargas, G. 1990. Plan de manejo de la reserva geobotánica de Pululahua. *Paisajes Geográficos*, 23: 2 – 60.
- Vargas, G. 1994. La vegetación de Costa Rica, su riqueza, diversidad y protección. Guayacán, San José, 56 p.
- Vargas, G. 1992. Cartografía fitogeográfica de la reserva biológica de Carara. Universidad de Costa Rica, San José, 47 p.
- Vargas, G. 1987. Caracterización fisonómica y ecológica de la vegetación y el uso del suelo en la cordillera de Tilarán, *Geostmo*, 1: 67 –91.