

# **Estudio cuantitativo y bioclimatológico de la Vegetación Leñosa de Sabana en el Parque Nacional de Santa Rosa, Costa Rica<sup>1</sup>**

**Gilbert Vargas Ulate<sup>2</sup>**  
*Departamento de Geografía*  
*Universidad de Costa Rica*

La sabana es una formación vegetal zonal que se desarrolla sobre una gran variedad de condiciones edafotopográficas y climáticas en el Africa, Asia, y América. Los estudios cuantitativos y bioclimatológicos de las sabanas son escasos en los dos primeros continentes, siendo importante mencionar para el caso africano el estudio de Duvigneaud (1967). En América la temática ha sido de mayor estudio especialmente en Brasil (Ferri 1953 y 1961; Askew, Moffatt, y Montgomery 1971; Y Rawitscher 1949) y en Venezuela (Foldats y Rutkis, 1969; San José, Farinas, y Rabinovich 1978; Monasterio 1968; Monasterio y Sarmiento 1968).

En Costa Rica las sabanas de origen antrópico edafo-climático (Vargas Ulate 1984) se localizan en la Provincia de Guanacaste al noroeste del país, siendo las mas representativas las del Parque Naacional de Santa Rosa. Los estudios ftorísticos de la sabana son abundantes: D. H. Janzen (1981, 1982, 1982a), Janzen y Liesner (1980), y Daubenmire (1972). Sin embargo, hasta la fecha los estudios ecológicos, cuantitativos y bioclimatológicos de la sabana no existen. Por lo anterior, con esta publicación se pretende: realizar un estudio cuantitativo de la vegetación leñosa de la sabana para establecer su dominancia, frecuencia, densidad y regeneración; efectuar un estudio bioclimatológico de las especies dominantes de la sabana, para analizar la relación suelo- planta y el movimiento del agua durante el año.

## **AREA DE ESTUDIO**

Se localiza en el Parque Nacional de Santa Rosa a 2.7 km de las instalaciones administrativas, sobre el camino a Playa Naranjo (Figura 1), con una superrficie de 228.499,36 m2.

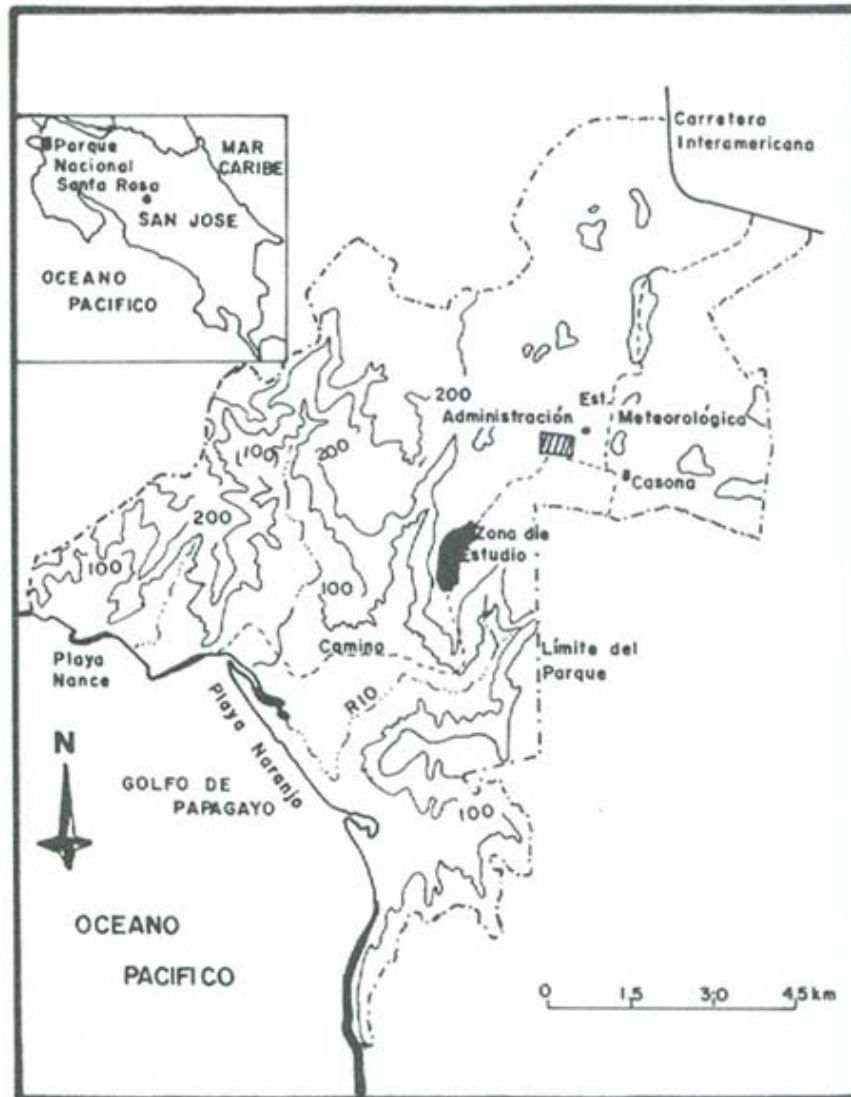


Fig. 1. Mapa de localización.

El clima se caracteriza por un régimen pluviométrico ecuatorial con dos máximas de lluvia y una larga estación seca (Ivanov 1956). La precipitación anual es abundante (1564 mm) y la temperatura promedio anual de 25.6 C, pero el parque es dominado por las formaciones deciduas y la sabana, lo que demuestra la gran influencia de la larga estación seca y el fuerte índice de aridez. La desigual repartición de la lluvia durante el año juega un rol más importante en la formación de vegetación que los promedios anuales de precipitación.

Geológicamente se encuentra en la meseta volcánica de Santa Rosa, compuesta por coladas de ignimbritas de color gris. En el sitio de estudio el relieve se caracteriza por presentar una topografía de lomas y microdepresiones, cuyo origen es la [ end p. 72] erosión diferencial que ha actuado sobre diferentes grados de dureza de la ignimbrita. La diferencia de altura entre la base de loma y su cima esta comprendida entre 2 y 3 metros.

De acuerdo a la topografía, encontramos dos tipos diferentes de suelo. En las lomas se encuentra un suelo poco profundo por la barrera que forma la ignimbrita, que se encuentra entre 20 y 30 cms de profundidad, ricos en materia orgánica (Typic haaplustalf) así mismo, en donde aflora la ignimbrita en forma frecuente se

encuentran suelos de 4 cms de profundidad, con grandes cantidades de arenas (Lithic ustorthent). En las micro depresiones y orrillas de riachuelos se encuentra un vertisol profundo (1 a 1.5 m), muy arcilloso y con bajo porcentaje de materia orgánica (Typic pellusterts), con arcillas del tipo montmorillonítico, que han sido depositados por erosión de las partes superiores de las lomas, este suelo es muy pegajoso e impermeable durante la estación lluviosa y por el contrario se contraen durante la estación seca formando grietas de 1.05 a 1.30 m de profundidad y de 3 a 8 cm de ancho. Estas características climáticas, geológicas, geomorfológicas y edáficas han tenido una influencia muy importante en la distribución y selección de las especies leñosas de la sabana.

## **MATERIALES Y METODOS**

La investigación se inicia con el estudio cuantitativo de la vegetación; para llevarlo a cabo se delimitó 28 parcelas de 10 x 10 metros, 13 parcelas en las microdepresiones y 15 en las lomas y su vertiente. Lo anterior por la marcada diferencia florística entre las lomas ocupadas por *Byrsonima crassifolia* (nance) y *Curatella americana* (raspaguacal) y las microdepresiones con el *Crescentia alata* (jícara), posteriormente se efectúa un análisis integral y comparativo. Para esta delimitación se siguió el método de cuadrantes descrito por Gounout (1969, 41), Mueller y Elleberg (1974, 96), y Mateucci y Colma (1982, 22-23). En adelante las tres especies anteriores serán citadas únicamente por su género, a saber: *Byrsonima*, *Curatella* y *Crescentia*.

Se definió vegetación leñosa como toda aquella especie arbustiva o arborea mayor de 75 cm de altura, se desechó todas aquellas especies leñosas anuales como camefitas, hemcriptofitas y geofitas y se procedió en seguida a censar toda la vegetación leñosa de dichas características dentro de la parcela, mediante mediciones del diámetro en la base del tronco, esto por cuanto la mayoría de especies presentan una ramificación desde la base, a la vez, esta disposición nos permitió uniformar el criterio para medir los diámetros de la vegetación leñosa. Después del análisis cuantitativo se midió la altura de las tres especies dominantes.

Para el balance hídrico gráfico se utilizó los datos pluviométricos y térmicos del período 1971-1984, de la estación meteorológica Santa Rosa del Instituto Meteorológico Nacional, y se siguió el método de movimientos de agua atmosférica (Holdridge 1962), por considerarlo de acuerdo a nuestras observaciones en campo, el más real en la caracterización de la formación vegetal estudiada y por calificar bioclimatológicamente cada uno de los meses.<sup>3</sup>

Para el estudio y análisis del movimiento del agua en el suelo se tomaron seis muestras de suelo en cilindros metálicos de 10 x 4 cm, tres en las lomas y tres en las microdepresiones y se determinó la capacidad de campo, la densidad aparente y la velocidad de percolación. También se efectuó un estudio granulométrico en cuatro catenas y se tomó muestras superficiales y a 15 cm de profundidad, para observar la variación en el contenido de materia orgánica, limos, arcillas y arenas en profundidad y a lo largo de la vertiente. Para este análisis físico de las 24 muestras se aplicó el método de la Pipeta Robinson (Theuret 1976, 5).

El estudio de retención de agua en ramas y raíces de las tres especies dominantes se realizó de marzo de 1984 a marzo de 1986. Se seleccionó 5 mediciones por año de acuerdo al comportamiento del régimen pluviométrico: el 19 de marzo, el 16 de junio, el 23 de julio, el 12 de octubre y el 10 de diciembre.

*19 de marzo:* Se encuentra en plena estación seca, siendo el mes que presenta el mayor grado de extrema aridez, 15.5 mm de acuerdo al déficit de saturación de Aubreville (1965, 31-35). Así mismo la mayoría de especies se encuentra sin hojas y con el mínimo de retención de agua en ramas y raíces.

*16 de junio:* La primera máxima de lluvias que es producto de la incursión del monzón del suroeste se inicia a mediados de mayo, sin embargo se seleccionó el 16 de junio por ser una fecha en que las lluvias son uniformes y por ser el mes de mayor precipitación durante la primera máxima, así mismo los suelos están completamente saturados.

*23 de Julio:* En este mes se produce una disminución muy marcada de la lluvia en toda la vertiente Pacífica de Costa Rica, es el período que se conoce como "veranillo." Este período se origina por el aumento del flujo

aliso del noreste y por un desplazamiento temporal hacia el sur de la zona de convergencia intertropical. En la mayoría de los años no hay déficit hídrico, sin embargo en ciertos casos se presenta una sequía que se prolonga hasta el 22 de agosto, tal fue el caso del año 1986. Esta reducción de la precipitación influye definitivamente [end p. 73] en la retención de agua en ramas, raíces y en el suelo.

*12 de octubre:* La segunda máxima de lluvia y la mayor del año se produce en setiembre y octubre, se origina por la penetración del monzón del suroeste y a la vez se ve favorecida por lluvias de tipo convectivo, provocadas por el sobrecalentamiento de la superficie, al encontrarse el sol sobre los 10 grados de latitud norte. En este período nuevamente se produce la saturación de los suelos y la mayor retención en ramas y raíces.

*10 de diciembre:* Es el primer mes de la estación seca, aunque la disminución en las lluvias se produce desde el inicio de noviembre. En este período los suelos manifiestan un déficit de agua, aunque ninguno de los tres árboles dominantes presentan indicios de faltante hídrico, a causa de su adaptación al medio.

Se seleccionó ramas y raíces de 2 a 4 cm de diámetro y 20 cm de largo; en cada fecha se escogió tres árboles de *Curatella*, *Byrsonima*, y *Crescentia* y se obtuvo el promedio de retención de agua en ramas y raíces por cada una de ellas. Cada árbol estudiado fue marcado con un círculo metálico para no repetir la observación en el mismo árbol. Para el presente estudio se trabajó con los promedios de las seis observaciones para cada especie en cada uno de los períodos de observación.

Para determinar la cantidad de agua retenida en ramas y raíces se toma el peso de la muestra fresca en una balanza de precisión, se introdujo a una estufa a 85 grados centígrados hasta que sus pesos se estabilizaran (muestra en seco), la diferencia o contenido de humedad se trabajó en gramos y en las tablas con porcentajes (Tabla 1 y 2).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La formación vegetal se clasifica como una sabana arbustiva. Se observa, el número de árboles por especie de acuerdo a tango diamétricos de la 13 parcelas ubicadas en las microdepreciones, en que de la ocho especies, la única que presenta una distribución en la mayoría de los rangos diamétricos es el *Crescentia*. No obstante es importante considerar dos aspectos dentro de esta distribución: primero, el gran número de especies (75) en el primer rango diametral y segundo, la reducción en el número de especies en los rango intermedios de 5 a 20 cm, lo cual se acentúa en los rangos superiores al llegar a una sola especie con 35 cm de diámetro (Tabla 1). Ambos aspectos, están muy interrelacionados y pueden explicarse por el agente dispersor del jícara y por la protección del espacio natural con la creación del Parque Nacional de Santa Rosa.

Table 1. Numero de arboles (cm).

Especie\Rango	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
<i>Crescentia</i>	75	6	5	6	3	3	2	1	1	1	-	-	1
<i>Luehea</i>	1	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Gliricida</i>	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Genipo</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dalbergia</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psidium</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spondios</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chomelia</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Janzen y Martin (1982) estudiaban la importancia de la megafauna del Pleistoceno y entre ellos el caballo (*Equus amerhippus*) en la distribución de especies con frutos duros como el *Crescentia* y argumentaban que después de la extinción del caballo como agente dispersor en el pleistoceno, el *Crescentia* era un arbusto relativamente raro que se desarrolló en manchas a orilla de pantanos, quebradas y llanuras de inundación donde sobrevivieron con el mínimo abastecimiento de semillas. En 1750 con la introducción del caballo por

el conquistador español Juan de Cavallón se inicia una nueva dispersión del *Crescentia*. En nuestro caso particular, la presencia de un solo jícaro en los rangos superiores a 35 cm de diámetro, o sea especies de 5 a 7 metros de altura y el bajo número de especies en rangos intermedios (5 a 20 cm), se explica por el modo de operación de la hacienda ganadera que presenta en primer lugar un escaso número de caballos libres, como agentes dispersores, ya que en la hacienda se tiende a la concentración de caballos en corrales, de ahí el número importante de jícaros cerca de los corrales y casas de habitación y en segundo lugar, por la aplicación del fuego durante la estación seca, en la hacienda ganadera para provocar el rebrote de los pastos lo que afecta en forma determinante la regeneración de *Crescentia*, que se muestra escasa en los rangos intermedios

### Regeneración de las Especies Dominantes

El elevado número de especies de *Crescentia* en el primer rango diametral es indicio de una regeneración muy reciente, con una altura entre 20 y 50 cm. Esta alta regeneración está asociada a un [end p. 74] proyecto de estudio de Janzen (1981; 1982) que mantiene libre dentro del parque una manada de 17 caballos que quiebran y consumen un total de 666 jícaros en 24 horas, las semillas después de pasar por el aparato digestivo e intestino, son devueltos en el estiércol dos días después y cerca del 97% de estas semillas germinan, cuando son depositadas sobre un suelo húmedo (Janzen y Martin 1982) en especial sobre vertisoles.

La protección contra el suelo ha beneficiado igualmente la instalación de especies de las primeras etapas de la sucesión vegetal como el *Gliricida seepium*, *Genipa americana*, *Psidium quineense* y *Chomelia spinosa* y especies del bosque caducifolio como *Dalbergia retusa*, *Luehea candida* y *Spondia mombin*, que ocupan el rango diametral inferior, con un número muy escaso de especies, lo que evidencia una baja regeneración. La única especie que llega a alcanzar dimensiones considerables es el *Luehea candida* con 35 cm de diámetro, pero por el bajo número de representantes en las otras categorías puede inferirse que la supervivencia en los estados iniciales de la especie es baja, quizá porque las condiciones ecológicas de las microdepressiones no son las adecuadas para una regeneración.

Table 2. Numero de arboles (cm).

Especie\Rango	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55
<i>Brysonima</i>	35	3	3	10	10	9	4	-	4	1	3
<i>Curatella</i>	95	8	7	6	5	1	-	1	-	-	-
<i>Leuhea</i>	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gliricido</i>	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Genipo</i>	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dalbergia</i>	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Psidium</i>	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Guazuma</i>	29	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Allbertia</i>	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spondias</i>	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chomelia</i>	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cochlospermum</i>	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bursera</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
<i>Eugenia</i>	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabebula</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cordia</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xilosma</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cassia</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La Tabla 2 muestra el numero de especies por rangos diametrales para las 15 parcelas ubicadas en las lomas y sus vertientes. De la vegetación leñosa que ocupa las lomas, sólo el *Byrsonima* y el *Curatella* se encuentran distribuidas en la mayoría de los rangos, pero con diferencias en su distribución:

1. Una de las características estructurales del *Byrsonima* es presentar un mayor desarrollo de tronco, en

relación al Curatella, sin embargo la altura de un Curatella de 35 a 40 cm de diámetro es similar a la de un Byrsonima de 45 a 55 cm de diámetro, altura comprendida entre 6 y 8 metros, lo anterior manifiesta que ambas especies tienen individuos en su máximo desarrollo.

2. El Curatella tiene la mayor regeneración entre todas las especies, esto se observa en el gran número de individuos en los primeros tres rangos diametrales, mientras que el Byrsonima presenta una regeneración significativa, pero mu y inferior al Curatella, e incluso superada por especies arbóreas (*Luehea*) y arbustivas (*Gliricida*), sin embargo, en los rangos intermedios (15 a 25 cm) la situación se invierte.

La alta regeneración del Curatella se explica por su elevada producción de semillas en el mes de marzo, por ejemplo en una sola inflorescencia de Curatella se contó 132 capsulitas (disémulos), mientras que en el Byrsonima en una rama de 2 metros de largo, en plena producción, en el mes de julio se contabilizó apenas 20 frutas de nance. Esto muestra desde el inicio una desventaja en la regeneración del Byrsonima, la cual se acentúa según el agente dispersor. El Curatella se ve favorecido por el viento, mientras que el nance depende de las aves y pequeños animales (venados y roedores) e incluso del caballo para su dispersión. Para observar la regeneración se recolectó 40 semillas de Curatella y 40 semillas de Byrsonima, 23 de estas últimas se recogieron en excrementos de animales (caballo, venado, coyote, conejos). Las semillas de nance que son pasadas por el aparato intestinal tienen un mayor poder de germinación. El resultado del experimento dió 77.5% de germinación en el Curatella y 47.5 % en el Byrsonima.

La inversión que se opera en los rangos intermedios (15 a 25 cm) es muy importante, ya que el **[end p. 75]** Byrsonima ha sobrevivido a lo que llamamos la selección ecológica y sociológica. La selección ecológica, porque ha sido capaz de adaptarse mejor a las condiciones ecológicas del medio, al tener una mayor amplitud en las condiciones edáficas y topográficas, lo que favorece su ocupación desde formaciones superficiales, sin ningún desarrollo pedogenético con afloramientos de ignimbrita, pasando por suelos de vertiente, con buenas concentraciones de materia orgánica (14.4%), hasta los bordes de las microdepresiones, con suelos arcillosos. Mientras que el Curatella se encuentra reducido espacialmente a las cimas planas de las lomas y a la parte superior de los pequeños declives del terreno, con suelos de alta concentración de materia orgánica húmica, con una profundidad de 25 a 30 cm y de textura franco-arenosa con tendencia arcillosa. En la selección sociológica (concurrencia de otras especies) el Byrsonima presenta una mayor competencia que el Curatella lo que le permite mantener un mayor número de individuos en los rangos intermedios, superando así su baja regeneración inicial.

Es importante insistir que con la creación del Parque Nacional de Santa Rosa en 1971 se produce un cambio en el modo de explotación del espacio; el fuego utilizado con insistencia en la hacienda ganadera, deviene en la política de protección del Servicio de Parques Nacionales un elemento controlado, permitiendo la instalación de especies no resistentes al fuego ó del bosque caducifolio: *Tabebuia ochraceae*, *Cochlospermum vitifolium*, *Luehea candida*, *Dalbergia retusa*, *Spondia mombin* y *Bursera simaruba*, y arbustos típicos de los primeros estados de la sucesión vegetal que ocupan los llamados matorrales: *Psidium quineense*, *Guazuma ulmifolia*, *Genipa americana*, *Eugenia salamanensis*, *Gliricida sepium*, *Alibertia edulis*, *Cassia biflora*, *Cordia guanacastensis*, *Chomelia spinosa* y *Xilosma seemannii*.

### **Estructura de la Vegetación**

Del análisis comparativo sobre distribución del número de especies por rangos diametrales en las microdepresiones y lomas, se retienen dos observaciones: Primero, el número de especies que conquista las lomas es de 16 sin contar el Byrsonima y Curatella, mientras que en las microdepresiones es apenas de 6 especies, sin considerar el Crescentia. Segundo, el número de individuos por especies es mayor entre un 81.2% y 98.1 % en las lomas que en las microdepresiones.

El poco número de especies y el limitado número de individuos por especies en las microdepresiones es ocasionado por los cambios físicos bruscos, que afectan a los vertisoles, los cuales son pegajosos, pesados y saturados durante la estación lluviosa; secos y con grandes grietas en estación seca y muy pobres en materia orgánica (1.7%). Además las especies como el *Luehea*, *Gliricida*, *Genipa*, *Dalbergia*, *Psidium* y *Spondias*

por su pequeño tamaño (0.25 a 0.50 cm) presentan raíces superficiales de poco desarrollo, con lo cual se ven afectadas rápidamente en el abastecimiento de agua, a causa del desecamiento del vertisol en los primeros 20 cm de profundidad en tan solo 20 días sin lluvia, siendo incapaces de sobrevivir los 169 días restantes de la estación seca. También podemos agregar como un factor adverso para la instalación de un mayor número de individuos por especie, el hecho de que las anteriores especies producen sus frutos a final de la estación seca, en especial durante los meses de marzo y abril. La mayoría de sus semillas dispersadas por anemocoria se ubican en la superficie del suelo de las microdepressiones siendo fácilmente transportadas por la erosión provocada por las fuertes lluvias convectivas de la primera máxima pluviométrica (mayo y junio) y a causa de la baja percolación del vertisol (15 cc en 5 minutos).

Todo lo contrario ocurre en las lomas en donde los suelos tienen mayor cantidad de materia orgánica, mayor espacio poroso, mayor percolación (38.4 cc en 5 minutos), y menor erosión superficial. La erosión eólica es menor al estar protegidas las lomas con grandes bloques de rocas de hasta 2 metros de diámetro que operan como barreras y minimizan el transporte de las semillas, lo que explica su mayor número de especies.

Los contrastes hídricos estacionales en las microdepressiones que se manifiestan en fuertes déficits de agua durante la estación seca (189 días), en una saturación del suelo durante 165 días y en carácter pantanoso que provocan una deficiente oxigenación del suelo son los factores determinantes que inhiben la regeneración a un mayor número de individuos por especie. Otras especies que presentan una alta regeneración en las lomas y están ausentes en las microdepressiones por los factores antes analizados son el *Guazuma ulmifolia*, *Alibertia edulis*, *Cochlospermum vitifolium*, *Eugenia salamanensis*, *Tabebuia ochraceae*, *Cordia guanacastensis*, *Xilosma seemanii* y *Cassia biflora*.

### **Dominancia, Densidad, y Frecuencia**

Table 3. Dominancia relativa, densidad relativa, frecuencia relativa, valor de importancia y grado de importancia para las especies ubicadas en lomas y microdepressiones.

Especie	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	Valor de Importancia	Grado de Importancia
<i>Brysonima crassifolia</i>	54.000	13.49	12.95	80.44	1
<i>Crescentia alata</i>	27.000	16.61	9.29	53.80	2
<i>Curatella americana</i>	11.880	20.33	12.31	44.42	3
<i>Luhea candida</i>	2.360	8.55	7.56	18.47	4
<i>Gliricida sepium</i>	0.110	8.06	9.29	17.46	5
<i>Genipa americana</i>	0.060	3.78	8.42	12.26	6
<i>Dalbergia retusa</i>	0.040	3.12	7.77	10.93	7
<i>Psidium guineense</i>	0.040	4.47	6.05	10.86	8
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.170	4.93	5.40	10.50	9
<i>Alibertia edulis</i>	0.050	0.44	5.40	9.89	10
<i>Spondias mombin</i>	0.100	1.64	4.53	6.27	11
<i>Chomeiia spinosa</i>	0.030	2.79	3.02	5.84	12
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	0.090	3.29	0.86	4.24	13
<i>Bursera simaruba</i>	3.010	0.33	0.86	4.24	14
<i>Eugenia salamensis</i>	0.020	1.64	1.51	3.17	15
<i>Tabebuia ochraceae</i>	0.010	0.66	1.51	2.18	16
<i>Cordia guanacastensis</i>	0.006	0.66	1.51	2.18	17
<i>Xilosma seemanii</i>	0.060	0.33	1.51	1.60	18
<i>Cassia biflora</i>	0.005	0.66	0.86	1.52	19
Total	100.00%	100.00%	100.00%	300.23	

Table 4. Movimiento anual del agua en las lomas con suelos poco profundos en el parque nacional de Santa Rosa, Costa Rica.

VARIABLES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Biotemperatura	25.2	26.2	27.1	27.8	26.8	25.6	25.4	25.1	25.0	24.4	24.8	24.7
Evapotranspiration Potential	126	120	135	134	134	124	127	126	121	122	120	124
Precipitacion	3.7	1.0	0.8	11.6	249	251	131	189	392	289	97	15
Relacion de ETP	34	119	169	11.5	0.53	0.49	0.97	0.66	0.30	0.42	1.20	8.12
Exceso/Precipitacion	0	0	0	0	115	127	4	63	271	167	0	0
Recarga en el suelo	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	0
Agotamiento/Humedad en el suelo	122	118	135	123	0	0	0	0	0	0	20	106
Capacidad/campo 71mm												
Punto/tension 55mm	0	0	0	0	71	71	71	71	71	71	51	0
Escorrentia Total	0	0	0	0	44	127	4	63	271	167	0	0
Deficiencia/Humedad en el suelo:Fin/Mes	71	71	71	71	0	0	0	0	0	0	20	71
A partir del Punto/tension	55	55	55	55	0	0	0	0	0	0	4.4	55
Deficiencia de precipitacion	122	118	135	123	0	0	0	0	0	0	20	71
Condicion/Humedad	S	S	S	S	S/H	MH	H	H	MH	MH/	H/S	S

La Tabla 3 presenta los datos de dominancia, densidad, frecuencia, valor de importancia y grado de importancia para toda la región de estudio. En ella resalta porcentualmente en todas las anteriores categorías el *Byrsonima*, *Crescentia* y el *Curatella*, mientras que las restantes 17 especies por su carácter de conquistadoras mantienen porcentajes muy bajos. La dominancia definida como el área basal o espacio real cubierto por el tronco, es ocupada en primer lugar por el *Byrsonima* y en segundo lugar [end p. 76] por el *Crescentia*, a pesar de presentar el *Byrsonima* una densidad o número de individuos menor por área, esto se explica por su mayor crecimiento diametral del tronco. Todo lo contrario sucede con el *Curatella* que tiene un elevado número de individuos por área (densidad), pero la menor dominancia de las tres especies, por su poco desarrollo diametral del tronco.

Para completar el análisis de la dominancia, se efectuó un estudio de cobertura o espacio cubierto por las partes aéreas (copa), siguiendo el método de Braun-Blanquet (1965). Para ello se seleccionó 5 parcelas en las microdepressiones y cinco en las lomas que dieran una cobertura del 14.6% para el *Byrsonima*, 11.3% para el *Crescentia* y 5.25% para el *Curatella*, porcentajes que caen dentro de la categoría de 5% a 15% clasificada como cobertura muy esparcida. Estas figuras demuestran que por un lado hay diferencias en el desarrollo de las copas de las tres especies y por otro lado, su cobertura muy esparcida confirma las características estructurales de una sabana arbustiva.

En cuanto a la frecuencia o porcentaje de veces que el individuo aparece en las unidades muestrales, existe una cierta uniformidad en las tres especies, por lo que se encuentran bien distribuidas en el área de estudio; aunque existe siempre la diferencia en la localización del *Crescentia* en las microdepressiones y el *Byrsonima* y *Curatella* en las lomas.

Hasta el momento, hemos analizado los tres parámetros cuantitativos del método de parcelas (dominancia, densidad y frecuencia), cualquiera puede ser interpretado como un valor de importancia y su selección depende del investigador. Nosotras seguimos el valor de importancia de Curtis citado por Mueller y Elleberg (1974, 118), definido como la sumatoria de la dominancia relativa, densidad relativa y frecuencia relativa. En lo que concierne al grado de importancia, se define como el ordenamiento del valor de importancia del mayor al menor porcentaje. Esto nos permite definir el grupo de especies más importantes de la sabana arbustiva en la región de estudio, a saber: el *Byrsonima*, el *Crescentia* y el *Curatella*, los cuales, vamos a retener para el análisis bioclimatológico y por medio del balance hídrico, definir los requerimientos, el déficit, el movimiento del agua y su uso por parte de estas especies durante el año.

### **El Balance Hídrico**

El balance hídrico (Figura 2) nos muestra una abundante precipitación (1564.4 mm) en la región, pero desigualmente distribuida en el año, esto origina un 50% del año con déficit hídrico para la formación vegetal, el 16.66% como sub-húmedo y el 33.3% existe agua disponible en el suelo para las plantas, que se concentra en los meses de mayo, junio, agosto, setiembre y octubre con un descenso en el mes de julio.

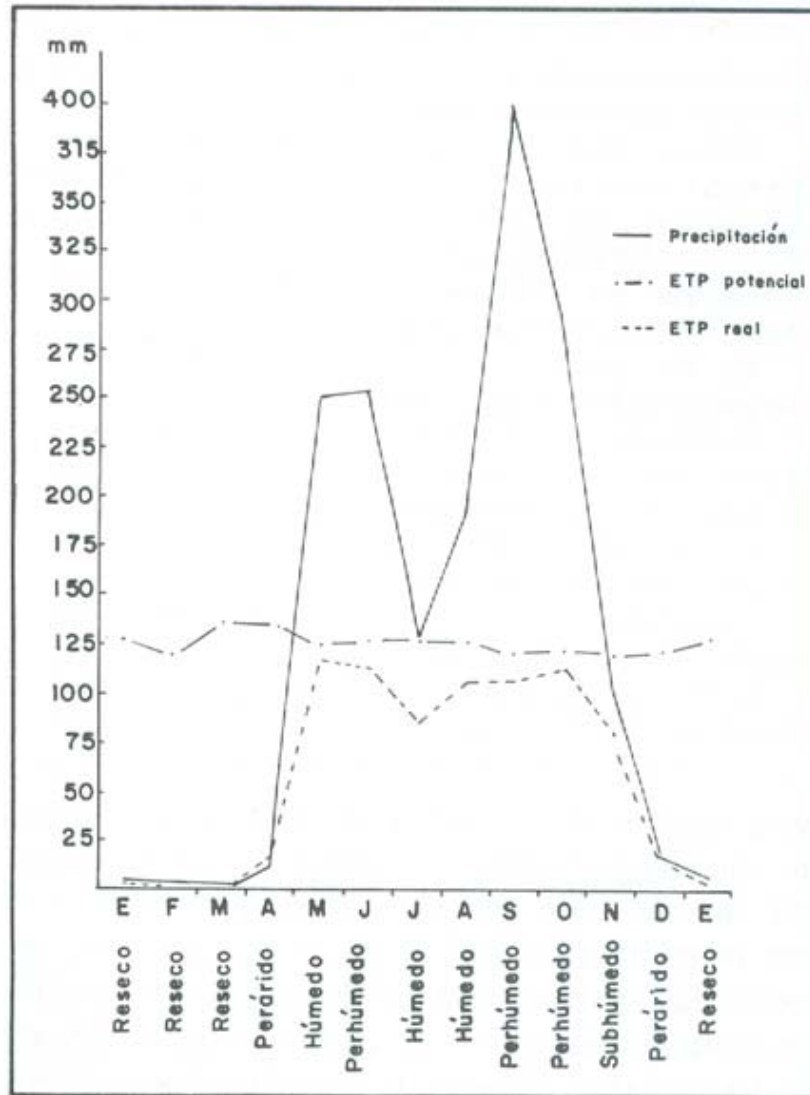


Fig. 2. Balance hidrico segun L. R. Holdridge, Estacion Santa Rosa, 1971-1984. Promedio de lluvia 1564,4 mm.

Se realizó dos tablas del movimiento anual del agua, una para las lomas, con vegetación dominante del *Byrsonima* y *Curatella* (Tabla 4), con una capacidad de campo de 18.1 % Y otra para las microdepresiones, ocupadas por el *Crescentia* (Tabla 5), con una capacidad de campo de 25.2%, aunque esta diferencia no influye en la condición de humedad mensual que se mantiene igual en ambos casos.

La línea 8 de las Tablas 4 y 5, nos da la capacidad de campo para las lomas y microdepresiones. Se observa que durante mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre el suelo está en su capacidad de campo y presenta un buen abastecimiento de agua para las plantas, ya que en el mes de noviembre se presenta un déficit de 28.7% en las lomas (Tabla 4) y 20.7% en las microdepresiones (Tabla 5) acercándose al coeficiente de marchitamiento que es de 16.3 mm en las lomas y de 20.0 mm en los llanos. A partir de diciembre, con el agotamiento del agua en el suelo, el déficit es total y se prolonga hasta los 12 primeros días de mayo.

Table 5. Movimiento anual del agua en microdepressiones con suelos vertisoles en el Parque Nacional de Santa Rosa, Costa Rica.

VARIABLES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Biotemperatura	25.2	26.2	27.1	27.8	26.8	25.6	25.4	25.1	25.0	24.4	24.8	24.7
Evapotranspiration Potential	126	120	135	134	134	124	127	126	121	122	120	124
Precipitacion	3.7	1.0	0.8	11.6	249	251	131	189	392	289	97	15
Relacion de ETP	34	119	169	11.5	0.53	0.49	0.97	0.66	0.30	0.42	1.20	8.12
Exceso/Precipitacion	0	0	0	0	115	127	4	63	271	167	0	0
Recarga en el suelo	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0
Agotamiento/Humedad en el suelo	122	118	135	123	0	0	0	0	0	0	20	106
Capacidad/campo 71mm												
Punto/tension 55mm	0	0	0	0	99	99	99	99	99	99	79	0
Escorrentia Total	0	0	0	0	16	127	4	63	271	167	0	0
Deficiencia/Humedad en el suelo:Fin/Mes	99	99	99	98	0	0	0	0	0	0	20	99
A partir del Punto/tension	80	80	80	80	0	0	0	0	0	0	1.0	80
Deficiencia de precipitacion	122	118	135	123	0	0	0	0	0	0	20	100
Condicion/Humedad	S	S	S	S	S/H	MH	H	H	MH	MH/	H/S	S

La escorrentía total (línea 9) y el exceso de precipitación dan los resultados idénticos para las microdepressiones y las lomas, a excepción de mayo que varía por la diferencia en la capacidad de campo. Sin embargo, por las observaciones en [end p. 77] terreno consideramos, que la escorrentía es mayor en las microdepressiones. La saturación de los suelos por su condición arcillosa (vertisol) es más lenta con respecto a los suelos de las lomas en los primeros días de lluvia del mes de mayo, pero cuando los vertisoles adquieren su saturación, generalmente de 10 a 15 días después de iniciado el período lluvioso, la microdepresión se convierte en un medio pantanoso. Se ve acelerada una gran escorrentía que proviene de la loma, a través de la línea de contacto de la barrera que forma la ignimbrita (20 a 30 cm de profundidad) y por su rápida percolación (38.4 cc en 5 minutos) que al saturarse el suelo produce el flujo oblicuo en forma permanente.

La condición de humedad (línea 13) es muy variable durante el año, existen períodos secos, cuando la capacidad de campo en el suelo es menor al punto de tensión; períodos húmedos cuando hay escorrentía y su valor es igual o menor que la evapotranspiración potencial y si dicho valor es mayor que la [end p. 78] evapotranspiración potencial el período se define como muy húmedo.

De acuerdo a lo anterior, el medio presenta condiciones muy críticas de humedad (6 meses secos) por lo cual las tres especies dominantes han desarrollado una adaptación al ambiente por medio de raíces, ramas y hojas. Por ello es que a continuación se relaciona la capacidad de retención de agua en ramas y raíces de estas tres especies con el balance hídrico y las condiciones edafo-topográficas.

### Retención de Agua

Existe una correspondencia directa entre la cantidad de agua retenida en las ramas y raíces de las tres especies con el régimen pluviométrico y los movimientos de agua en el suelo (Figura 3). El *Byrsonima*, *Curatella* y *Crescentia* presentan la mayor retención de agua en ramas y raíces durante las dos máximas pluviométricas (mayo-junio y setiembre-octubre), momento en que los suelos se encuentran saturados y producen una gran escorrentía; el efecto contrario se produce durante el período seco (noviembre a abril), en donde se produce un fuerte déficit hídrico y una gran aridez edáfica. El ejemplo más claro de esta correspondencia se produce entre junio y julio en donde la precipitación disminuyó en 120 mm y la capacidad de retención en ramas y raíces de las tres especies descendió entre un 32.0% y 38.8%. Lo anterior es el reflejo de la desigualdad en la distribución de la precipitación y de la relación suelo, agua y planta.

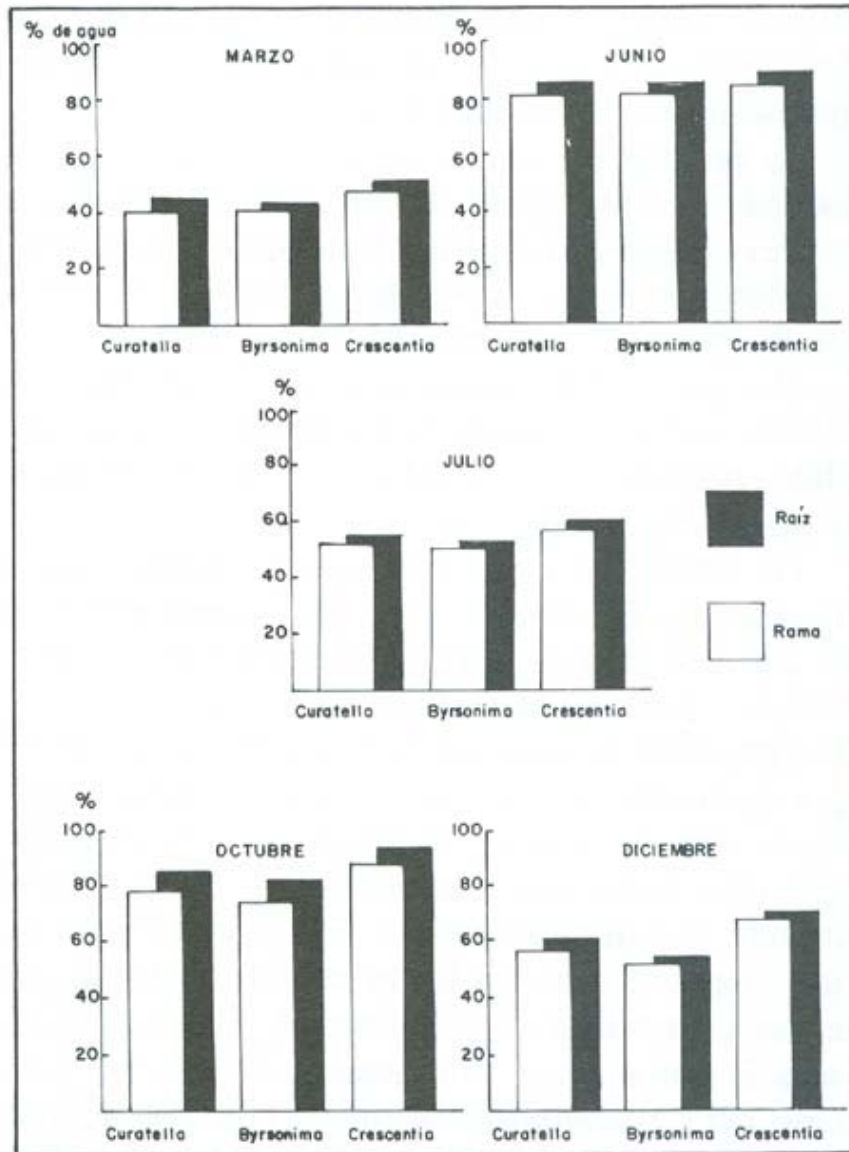


Fig. 3. Capacidad de retención de agua en ramas y raíces de *Curatella*, *Brysonima*, *Crescentia*, 1984-1986.

En todas las mediciones realizadas se presenta el caso de que las raíces de las tres especies siempre retienen mayor cantidad de agua que las ramas, por cuanto estas padecen una mayor evapotranspiración, producto de la fuerte radiación solar (208.9 horas sol y 12.327 calorías promedio mensual). A [end p. 79] esto se adjunta la homogeneidad en el grado de dureza que presentan las ramas y raíces de las especies analizadas, por lo que las condiciones de absorción son muy uniformes, aunque como veremos puede modificarse según las condiciones edáficas.

El *Curatella* y *Byrsonima* tienen una retención muy similar en raíces y ramas por ocupar ambas las lomas y condiciones edáficas parecidas, aunque la retención es ligeramente mayor en el *Curatella*. Esto se explica por encontrarse esta especie en la cima plana de la loma y el *Byrsonima* en la vertiente de la loma, donde se produce mayor pérdida de agua por medio de la línea de contacto impermeable que forma la ignimbrita (flujo oblicuo). Sin embargo, ambas especies tienen menor capacidad de retención de agua que el *Crescentia*, tanto durante la estación seca (marzo) como la estación lluviosa (junio y octubre). Lo anterior se explica por

presentar el *Crescentia* una raíz típica axial y raíces secundarias profundas (1.10 a 1.30 m de profundidad) que le permiten utilizar la humedad de la parte inferior del perfil. No se deseca gracias a la acción protectora que ejerce un conjunto de partículas angulosas de materia orgánica, que llegan a esa profundidad por medio de las grietas del vertisol. Otro factor que explica la mayor retención del *Crescentia* es que los vertisoles (*Typic pellustert*), por su gran porcentaje de arcillas del tipo montmorillonítico retienen con mayor fuerza el agua, que los suelos de estructura granular y ricos en arenas que se presentan en las lomas.

La pérdida de agua en ramas y raíces entre el período de precipitación máxima (setiembre/octubre) y el período de mínima precipitación (marzo), muestra que la mayor pérdida se produce en el *Curatella* con 48.5% en raíces y 48.0% en ramas, seguido por el *Byrsonima* con 47.3% en raíces y 46.6% en ramas, siendo la especie de menores pérdidas hídricas el *Crescentia*, con 45.3% en raíces y 46.2% en ramas.

De nuevo, las cifras son muy parecidas entre el *Curatella* y *Byrsonima*, pero ligeramente menor en el segundo, ambas especies presentan raíces superficiales, pero algunas raíces del *Byrsonima* tienen la capacidad de penetrar la barrera de la ignimbrita por medio de las diaclasas y fracturas, donde existe suelo rico en materia orgánica (19.5%) y arcillas (53.4%), hasta una profundidad de 40 cm, así la barrera de ignimbrita ejerce una protección contra la fuerte evaporación a 40 cm de profundidad, donde el suelo mantiene cierta humedad, aún en estación seca lo que explica esta pequeña diferencia. En el caso del *Crescentia* las menores pérdidas de agua se explican como se mencionó anteriormente por su estructura radical profunda, que le permite abastecerse de agua en estación seca y por la mayor retención de agua en los suelos vertisoles a inicios del período seco y principalmente por la defoliación que se produce en el *Crescentia* durante los meses de marzo y abril que juega un rol primordial en la economía del agua.

La recuperación de agua entre la estación seca (marzo) y la primera máxima de lluvia (mayo-junio) es más rápida en las ramas y raíces del *Curatella* y *Byrsonima* que en el *Crescentia*, el cual presenta a principios de junio un pequeño faltante de 6.1 % de agua en las raíces y un 4.1 % en las ramas. Esta mayor recuperación en el *Curatella* y *Byrsonima* se debe a la gran superficie de absorción de las raíces que presentan una densidad de 17 a 25 raíces por metro cuadrado debajo de la copa de los árboles, a su gran desarrollo superficial y longitudinal (hasta 17 .6m) que le permite una mayor facilidad a la raíz para entrar en contacto con el agua y a una mayor capacidad de absorción en los suelos de las lomas con respecto al vertisol de las microdepressiones, así como a una menor superficie radical de absorción del *Crescentia*. De las tres especies analizadas sólo el *Crescentia* es deciduo, factor que influye en forma determinante en las diferencias de retención del agua en ramas y raíces, especialmente durante la estación seca.

El estudio cuantitativo y bioclimatológico de la sabana arbustiva del Parque Nacional de Santa Rosa pretende con el análisis de la densidad, dominancia, frecuencia y el estudio de balance hídrico aportar nuevos elementos que faciliten la elaboración de un plan de manejo del citado Parque Nacional, así como aportar nuevas experiencias en el conocimiento de la formación de sabana en Costa Rica.

## NOTES

1. Abstract. A quantitative study of the woody vegetation of the savanna of Santa Rosa National Park reveals the dominant species, their regeneration, and the conquest of this area by a group of shrub and tree species not resistant to fire that initiate a process of plant succession. Later the dominant species *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia*, and *Crescentia alata* are considered in an analysis of soil-water-plant relationships by means of a water balance, and a study of water retention by the branches and roots of the three mentioned species.

2. El autor agradece la colaboración que a lo largo de dos años de estudios brindaron los asistentes Victor Cortés, Luís Barquero, y Marlen Barboza en campo y laboratorio. Igualmente a la colega Lic. Hannia Corella por los dibujos de tablas y gráficos. [end p. 80]

3. Para el balance hídrico nos enfrentamos al problema de que la fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial de Holdridge es anual ( $ETP = Biotemperatura \times 58.93$ ), siendo nuestra

necesidad los cálculos mensuales por lo que se modificó el factor anual (58.93) en los siguientes factores mensuales, los cuales permitieron realizar el balance hídrico mensual.

Biotemperatura promedio mensual x 5 para meses de 31 días

Biotemperatura promedio mensual x 4.84 para meses de 30 días

Biotemperatura promedio mensual x 4.57 para el mes de febrero

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Askew, G. P., D. J. Moffatt, R. F. Montgomery. 1971. Soil and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serrado Roncador, Mato Grosso. In *III simposio sobre o Cerrado.*, 150-60. São Paulo: Editora Universidad de São Paulo.

Aubreville, A. 1965. Conferencia sobre ecologiavegeta. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Beard, J. S. 1949. Ecological studies upon physiognomic basis. *Lilloa* 2:45-53.

Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant sociology: The study of plant communities*. New York, NY: Hafner.

Daubenmire, R. 1972. Ecology of *Hyparrhenia rufa* (Nees) in derived savanna in north-western Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 9(1):11-23.

Duvigneaud, P. 1967. L'ecologie, science moderne synthese. *Ecosystemes et biosphère* 2:n.p.

Ferri, M. G. 1953. Water balance of plants from the Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia* 13:237-44.

\_\_\_\_\_. Problems of water retention of some Brazilian vegetation types: Special consideration of the concepts of xeromorphy and xerophitins. Plant-water relationships in arid and semi-arid condition, 191-97. Madrid: UNESCO Symposium.

Foldats, E., and E. Rutkis. 1969. Variación de agua en raíces y ramas de árboles de la sabana parque de los Llanos altos centrales. *Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Boletín* 32-44, 115516.

Gounot, M. 1969. *Methods d' étude quantitative de la Végétation*. Paris: Masson.

Holdridge, L. R. 1962. The determinism of atmospheric water movements. *Ecology* 43: 1-9.

Ivanov, N. N. 1956. Quelques particularites de la repartition des precipitations atmospheriques dans les pays tropicaux et les contrees limiitrophes. *Essais de Geographie*, 138-41. Moscou: Academie de Sciences de l'URSS.

Janzen, D. H. 1981. How and why horses open *Crescentia alata* fruits. *Biotrópica* 14:149-52.

\_\_\_\_\_. 1982a. Natural history of Guácimo fruit (Sterculiaceae): *Guazuma ulmifolia* with respect to consumption by large mammals. *American Journal of Botany* 69:1240-50.

\_\_\_\_\_. 1982b. Fruits traits and seed consumption by rodents of *Crescentia alata* (Bignoniaceae) in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *American Journal of Botany* 69:1258-68.

Janzen, D. H., and R. Liesner. 1980. Annotated check-list of plants of Lowlands Guanacaste Province, Costa

Rica: Exclusive of grasses and non-vascular cryptogams. *Brenesia* 18: 1 5-90.

Janzen, D. H., and P. S. Martin. 1982. Neotropical anachronisms: the fruits the Gomphotheres ate. *Science* 215:19-27.

Mateucci, S., Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington: Organización de Estados Americanos.

Monasterio, M. n.d. Observations sur les rythmes annuels de la savane tropicale des llanos du Vennezuela. Montpellier: Universite de Montpellier, theses 31me cycle.

Monasterio, M., and G. Sarmiento. n.d. Análisis ecológico y fitosociológico de la sabana en la estación biológica de los llanos. *Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Boletín*.

Muller, D., and H. Ellembert. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York, NY: Wiley International editions.

Rawitsches, F. 1949. Balance de agua de la vegetación de los campos del Brasil Meridional y su significado para la ecología de la región. *Ciencia e investigación* 5:107-47.

San Jose, J. S., M. R. Farinas, and J. E. Ravinovvich. 1978. Análisis cuantitativo de la vegetación arborea de la Estación Biológica de los llanos. *Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Boletín* 135:5-25.

Theuret, L. 1976. *Travaux pratiques de pedologie*, 3-6. Paris: Centre Nationale de la Recherche Scientifique.

Tosi, J. A. 1976. Zonas de vida del Peru, 1-23. Guia explicativa del mapa ecologico (1: 1 ,000,000) Oficina Nacional de Evaluacion de Recursos Naturales.

Vargas Ulate, G. 1984. Estudio sobre el origen de las sabanas en la Provincia de Guanacaste. *Revista Geográfica de América Central* 18: np. [end p. 81]