

**ESTRUCTURA HORIZONTAL Y VERTICAL DE PACHIRA QUINATA (JACQ.)
W.S. ALVERSON, (BOMBACACEAE) EN EL BOSQUE UNIVERSITARIO
“EL CAIMITAL”, BARINAS, VENEZUELA**

HORIZONTAL AND VERTICAL STRUCTURE OF PACHIRA QUINATA (JACQ.)
W.S. ALVERSON IN THE UNIVERSITY FOREST
“EL CAIMITAL “, BARINAS, VENEZUELA

*Ana Yajaira Moret¹, Lino Valera¹, Argenis Mora¹, Vicente Garay¹,
Mauricio Jerez¹, Miguel Plonczak¹, Nelson Ramírez² y Dimas Hernández³*

¹Grupo de Investigación Genética y Silvicultura (GenSil), Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes.
Fax 58 -274- 2448468, E-mail: anayajaira.moret@gmail.com

²Grupo de Investigación de Biología Reproductiva de Angiospermas, Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

³Ingeniero Forestal, Estudiante de la Maestría de Manejo de Bosques,
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

RESUMEN

Se estudió la distribución espacial y estructura diamétrica, de *Pachira quinata* (JACQ.) W.S. Alversons, en el Bosque Universitario “El Caimital”, relicto boscoso de los Llanos Occidentales de Venezuela. *P. quinata* es una especie arbórea considerada bajo severa amenaza en Venezuela y en otros países. Se realizó un censo para individuos con diámetro a la altura de pecho (dap) ≥ 5 cm, y un muestreo para los individuos con dap < 5 cm. El patrón espacial se determinó mediante los índices de Cox, Eberhardt y Clark-Evans, utilizándose el análisis de semivariogramas para determinar el grado de agregación. El censo reportó 643 árboles, (1,2 árboles ha⁻¹) con distribución diamétrica regular. No se encontró regeneración en los estados de brinzal y latizal (dap < 5 cm). La ausencia de individuos en estas etapas ha sido reportada para esta especie y podría ser una característica de su ciclo reproductivo. *P. quinata* se distribuye en agregados con un tamaño estimado en 600 m. La población estudiada, con abundancia relativamente alta, bien estructurada en términos de distribución espacial y diamétrica, en un lote boscoso protegido (579 ha) la hacen candidata para implementar estrategias de conservación y manejo que aseguren su viabilidad en el largo plazo.

Palabras clave: biodiversidad, conservación de especies, distribución espacial, estructura de poblaciones, pochote, saqui-saqui

ABSTRACT

The spatial and diameter distributions of *Pachira quinata* (JACQ.) W.S. Alversons were studied at “El Caimital”, University Forest, a relict of the Venezuelan western plain forests. *P. quinata* is a tree species considered as severely threatened in Venezuela and other countries. A census was carried out for individuals with diameter at breast height (dbh) ≥ 5 cm. For individuals with dbh < 5 cm a sample was taken. The spatial pattern was determined with the Cox, Eberhardt, and Clark-Evans indices by using semivariogram analysis to determine the aggregation rank. The census reported 643 trees (1.2 trees ha⁻¹). The species shows a regular diameter distribution, however no seedlings or saplings (dbh < 5 cm) were found. The absence of individuals in these stages has been reported for this species, and could be a characteristic of its reproductive cycle. The spatial distribution pattern is aggregated in 600 m patches. The existence of a population of *P. quinata*, with a relatively high number of individuals, well structured in terms of diameter and spatial distributions on a protected and large tract of forest (579 ha) makes it a candidate for implementing conservation and management strategies that ensure its long term viability.

Key words: biodiversity, pochote, population structure, saqui-saqui, spatial distribution, species conservation

INTRODUCCIÓN

El Bosque Universitario El Caimital, ubicado en el Municipio Obispos del estado Barinas, constituye uno de los últimos relictos de los bosques deciduos de los Llanos Occidentales, que, además de preservar recursos fitogenéticos de muchas de las especies del bosque seco a húmedo tropical, constituye un reservorio de fauna y regulación de flujos hídricos. *Pachira quinata* (saqui-saqui) es una de las especies arbóreas más importantes de dichos bosques, encontrándose individuos que superan los 80 cm de diámetro a la altura de pecho (dap), llegando a alcanzar hasta 190 cm (Plonczak 1993) creciendo aislados o en manchas. La especie se encontraba entre las cinco de mayor importancia comercial en estos bosques (Lamprecht 1964, 1972; Finol 1964, 1969; Montilla y Rivas 1987, Corredor 2001). Debido a su sobreexplotación y a la deforestación en toda el área de distribución natural en Venezuela, particularmente en las Reservas Forestales de Ticoporo, Turén, San Camilo y gran parte de Caparo, consecuencia de procesos de ocupación, *P. quinata* presenta un avanzado proceso de erosión genética con pérdida de procedencias geográficas. Esta situación es común en otros países, lo que ha llevado a considerar las poblaciones naturales de la especie bajo severa amenaza (FAO 1986), siendo clasificada por un panel de expertos en recursos genéticos forestales bajo máxima prioridad para su investigación, evaluación y conservación genética tanto *in situ* como *ex situ* (FAO 1993). En Venezuela es considerada según el Libro Rojo de la Flora como una Especie Vulnerable (PROVITA 2003).

Se entiende por estructura a cualquier situación estable o evolutiva no anárquica, de una población o comunidad vegetal en la cual, aunque mínima, puede detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística de distribución o un parámetro característico. Se pueden considerar diferentes tipos de estructura: horizontal (distribución espacial de los árboles sobre el área de un rodal), vertical (altura total de los árboles), interna (coeficiente de mezcla), por clases diamétricas y de edad, de riqueza florística, entre otros (Kint *et al.* 2000, Corredor, 2001). En general, la estructura diamétrica en especies arbóreas se refiere a un arreglo en clases diamétricas (de 5 a 20 cm de amplitud) de los árboles con diámetros superiores a los 10 cm. El análisis de la estructura diamétrica revela información importante sobre la estabilidad y permanencia de una especie y de una comunidad

estudiada, además de servir de herramienta para la toma de decisiones de aprovechamiento y manejo forestal (Corredor 1981).

La distribución de los árboles en el espacio tiene gran influencia sobre la densidad y estructura de los bosques y está condicionada por las relaciones entre individuos y la estrategia de regeneración de las diferentes especies (Moeur 1997, Corredor 1981). Dentro de un bosque, los árboles de una determinada especie pueden distribuirse aleatoriamente, uniformemente o en agregados (Smith y Smith 2006, Neumann y Starlinger 2001, Corredor 1981). Cuando la posición de cada individuo es independiente del otro se dice que es aleatoria y se representan matemáticamente mediante distribuciones de *Poisson*. En otros casos, se distribuyen uniformemente y aparecen más o menos equidistantes entre sí. En los bosques se observan estos patrones cuando existe una gran competencia; así, las interacciones competitivas conducen a que la distribución vaya desde el agrupamiento hacia la regularidad (Moeur 1997). El tipo más común de distribución es la agregada en grupos separados; este agrupamiento resulta de la respuesta de los árboles a las diferencias en el hábitat, cambios climáticos diarios o estacionales, patrones reproductivos, etc.; este tipo de distribución se denomina contagiosa o bien con agregados o *clusters* (Clark y Evans 1954, Corredor 1981, Moeur 1997, Condes y Martínez, 1998, Kint *et al.* 2000, Smith y Smith 2006).

Los patrones de distribución se pueden representar a través de métodos cuantitativos, incluyendo: índices no espaciales basados en la discretización del espacio ocupado por los árboles (Ripley 1977), tal como el índice de agregación de Cox; índices espaciales los cuales toman en cuenta la posición de cada uno de los individuos en el rodal, en estos índices las variables que se utilizan son: la distancia entre cada árbol y su vecino más cercano, la distancia entre puntos aleatorios y el árbol más cercano y la densidad del rodal; entre estos índices se encuentran los Índices de Eberhardt, Clark y Evans, Pielou, y el de uniformidad de ángulos de Gadow, entre otros (Del Río *et al.* 2003) y estadística espacial (geoestadística), que describen la estructura del rodal considerando la correlación espacial entre vecinos y permite determinar si existe o no algún patrón de agregación de individuos sobre un área bajo estudio e igualmente, es posible estimar aproximadamente el ámbito o extensión en el cual estos individuos pueden estar espacialmente correlacionados entre sí, y por tanto, agregados.

La geoestadística es una herramienta que permite

analizar espacialmente ciertos atributos conociendo *a priori* la posición en el espacio de sus valores, teniendo como base el análisis de los semivariogramas, cuyos parámetros permiten conocer el grado y escala de la heterogeneidad espacial de ciertos atributos de interés cuando estos se encuentran formando patrones de agregación (Moral 2004, Ettema y Wardle 2002)

Los bosques naturales en los Llanos Occidentales de Venezuela son muy heterogéneos (hasta con más de 60 especies ha^{-1} con $dap \geq 10$ cm), sin embargo, la composición florística es dominada por muy pocas especies, entre las que destacan, *Anacardium excelsum* (mijao), *Pouteria reticulata* (chupón), *Brosimum alicastrum* (charo), *Mouriri barinensis* (perhuétamo) y *Pachira quinata* (saqui-saqui) (Plonczak 1993). Esta última, presenta una reducida abundancia (menos de dos árboles/ha), una baja frecuencia relativa así como una distribución diamétrica irregular. Los altos requerimientos de luz que presenta la especie en su condición juvenil ponen en duda su permanencia a largo

plazo en rodales aprovechados (Finol 1964, 1969; Kammesheidt 1998).

La preservación del Bosque Universitario El Caimital requiere de un adecuado conocimiento de las poblaciones tanto animales como vegetales, presentes en el área. En el caso del saqui-saqui, especie en peligro, la información obtenida con base en su distribución espacial, y estructura de tamaños, es fundamental en la proposición de estrategias para la conservación de esta especie.

Se abordaron interrogantes tales como: ¿Posee la población existente, en el área de estudio, suficientes individuos, que justifique su consideración como posible reservorio de recursos genéticos de la especie?; ¿la regeneración natural es suficiente, y su distribución diamétrica es regular (Presencia de individuos en todas las categorías consideradas con mayor abundancia de individuos a medida que se consideran categorías menores) para garantizar la estabilidad y perpetuidad de la especie en esta área?

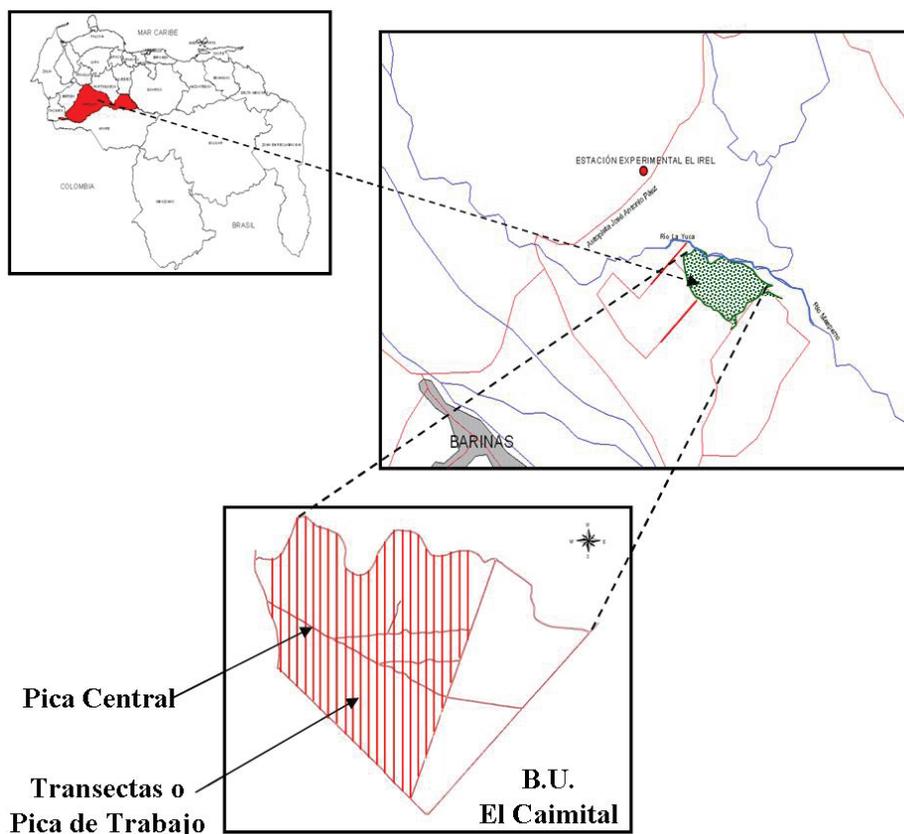


Figura 1. Ubicación relativa nacional, regional y local del Bosque Universitario “El Caimital”, Municipio Obispos, Estado Barinas, Venezuela.

MATERIALES Y METODOS

Bosque Universitario “El Caimital”

El Bosque Universitario “El Caimital” se ubica al noroeste del estado Barinas (Figura 1), específicamente en el Distrito Obispos. Limita por el oeste con la parte vieja del camino Barrancas, Caimital y Obispos, por el norte lo bordea el Río La Yuca hasta muy cerca de su confluencia con el Río Masparro, por el sur y el este, lo limitan los terrenos que pertenecían al Instituto Agrario Nacional (IAN). Estos linderos le dan una configuración de triángulo irregular al bosque. La superficie aproximada es de 800 ha, con una topografía por lo general plana y uniforme, con ligeras irregularidades constituidas por el cauce de las corrientes de agua intermitentes que afloran durante el periodo de lluvias originando drenajes superficiales, que forman las condiciones fisiográficas de banco, subbanco y bajío de los bosques llaneros. La pendiente no excede al 3% y altitudinalmente se encuentra cerca de los 200 m sobre el nivel del mar. Los suelos del bosque Caimital, como corresponde en general a los Llanos Occidentales, son de origen aluvial y aluviolacustrino, formado por materiales arrastrados por las aguas desde las formaciones montañosas vecinas. Pueden denominarse como Regosoles aluviales en procesos de ferretización y que tienden, como climax, a la laterita. En detalle pueden distinguirse dos series: Río Yuca uno y Río Yuca dos, con características bien definidas. Para la serie Río Yuca Uno se distinguieron dos categorías: el franco arenoso en los bancos y el franco limoso en los subbancos, estos son los mejores suelos en cuanto a estructura y fertilidad. Para la serie Río Yuca Dos, se da un solo tipo de suelos, el arcilloso; corresponde a los bajíos, lugares que por deficiencias en el drenaje superficial retienen aguas de lluvias por tiempo considerable. El pH en la serie en la serie Río Yuca uno, fluctúa entre 5,5 y 6,1 en el horizonte superior y para terrenos cubiertos de bosque. Para el tipo Río Yuca Dos, el pH determinado fue de 5,1 en promedio, sin grandes fluctuaciones (Bernal 1967). En el área se encuentran las tres posiciones fisiográficas: banco, subbanco y bajío, según la clasificación establecida por Vincent (1970) y Franco (1982).

El área de bosque natural intervenido, corresponde, según Pittier a un bosque “Tropófito Macrotérmico” y según Holdridge,

a un Bosque Seco Tropical (Ewell *et al.* 1969); desde el punto de vista sociológico, este es un bosque aparentemente secundario antiguo, encontrándose diferentes especies forestales como: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cedrela odorata* (cedro), *Anacardium excelsum* (Mijao), *Astronium graveolens* (gateado) *Pachira quinata* (saqui-saqui) entre otras; en algunos sectores de bosque existen plantaciones de *Gmelina arborea* (melina), *Tectona grandis* (teca), *Cedrela odorata* (Cedro) y *Pachira quinata* (Saqui-saqui).

Índice de Cox

El índice de agregación de Cox utiliza el cociente de la varianza (S_x^2) entre la media aritmética del número de individuos por parcela; si el cociente es 1, entonces la distribución espacial es aleatoria, si es menor que uno la distribución es regular o uniforme y si es mayor que uno el patrón de agregación es agregado (Del Río 2003; Gleichmar y Gerold 1998).

$$I C = \frac{S_x^2}{\bar{x}}$$

Índice de Eberhardt

Utiliza el cociente de la media aritmética de las distancias al cuadrado \bar{d}_i^2 y el cuadrado de la media \bar{d}^2 de las distancias al vecino más próximo (d_i).

$$I_e = \frac{\bar{d}_i^2}{\bar{d}^2}$$

Al utilizar la distancia al vecino más cercano, este índice refleja la varianza de la microestructura, siempre y cuando no haya agregados, huecos, etc. (Del Río 2003). Si el índice es igual a 1,27 el patrón de distribución es aleatorio, si es igual o mayor a 1,31 el patrón se definirá como agregado y si se encuentra en el intervalo 1,13 a 1,18 se declara un patrón de distribución regular o uniforme. Si el índice esta fuera de los límites señalados no se tendría decisión sobre el tipo de patrón espacial. (Fröhlich y Quednau 1995)

Índice de Clark y Evans (CE)

Expresa la relación entre la distancia media al vecino más próximo (\bar{d}_t) observada y la distancia esperada si la distribución fuera aleatoria, que se calcula en función de la densidad del rodal (λ).

$$C E = \frac{\bar{d}_t \text{ observada}}{\bar{d}_t \text{ esperada}} = \frac{\bar{d}_t \text{ observada}}{\frac{1}{2}\sqrt{\lambda}}$$

En una distribución aleatoria este índice es igual a 1. En el caso de agregación hay muchas distancias pequeñas de los vecinos más cercanos que ocasionan una media baja y un índice menor que 1. En una distribución regular ocurre el efecto contrario, conduciendo a índices mayores que 1 (Clark y Evans 1954, Fröhlich y Quednau 1995). Geoestadística y el Análisis Espacial de Especies. Se basa en el análisis de los semivariogramas, cuyos parámetros permiten conocer el grado y escala de la heterogeneidad espacial de ciertos atributos de interés cuando éstos se encuentran formando patrones de agregación. Esta variación es estimada a través de semivarianzas mediante la siguiente función:

$$\hat{\gamma}_u(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{k=1}^{N(h)} [X_k - X_{(k+h)}]^2$$

donde $\hat{\gamma}_u(h)$ representa la semivarianza calculada a partir de los valores X_h y X_{h+1} separados una distancia h , así, si los valores vecinos separados por una distancia h son similares, entonces su semivarianza será pequeña. Los semivariogramas contienen dos parámetros básicos: la meseta o máxima semivarianza, equivalente a la varianza muestral del atributo; que se alcanza para una distancia (h) conocida como rango o ámbito de correlación espacial (Moral 2004). El rango determina la zona de influencia en torno a valores de los atributos que reflejan una agregación espacial pero, más allá de este ámbito, los valores son independientes unos de otros (Ettema y Wardle 2002).

La dependencia o correlación espacial disminuye conforme se incrementa la distancia de separación entre pares de valores vecinos; esto es: a medida que se incrementa la distancia entre valores vecinos la tasa de variación espacial se incrementa hasta una cierta distancia máxima (rango espacial), a partir de la cual dicha variación permanece constante mas allá de ese ámbito o rango.

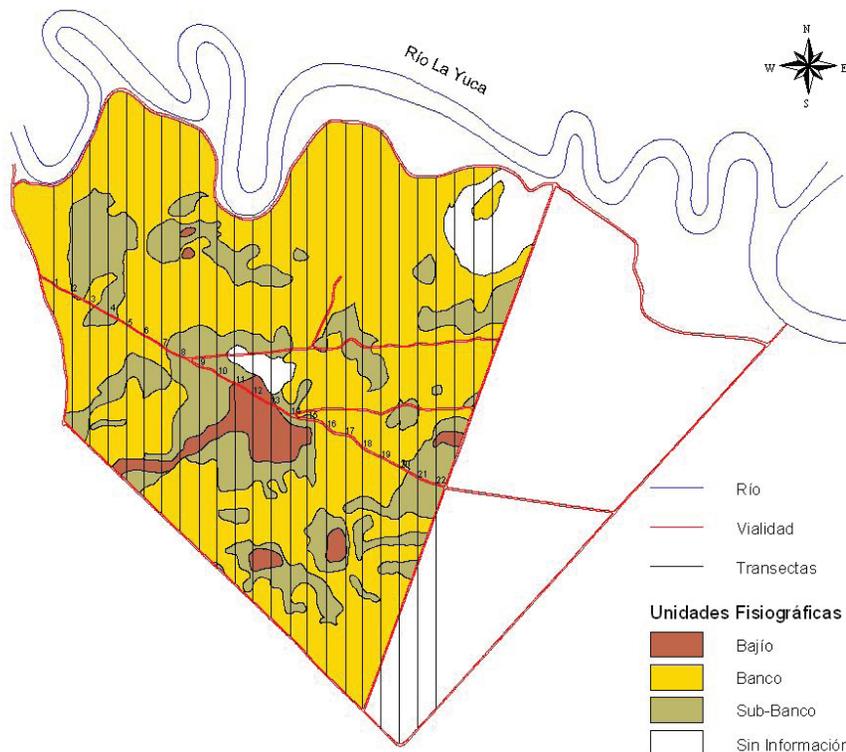


Figura 2. Diseño de las picas de censo y unidades fisiográficas presentes en el Bosque Universitario “El Caimital”, Municipio Obispos, estado Barinas, Venezuela.

ESTRUCTURA HORIZONTAL Y VERTICAL DE *PACHIRA QUINATA*

Tabla 1. Estadísticas Básicas para las Características Cuantitativas de *P. quinata* en el Bosque Universitario El Caimital, Obispos, Barinas, Venezuela.

Características	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV%
DAP (cm)	643	71,53	58,48	7,32	286,48	81,75
Altura total(m)	643	24,78	13,35	3,00	55,00	53,88
Área Basal (m ² /ha)	643	0,6704	0,9683	0,0042	6,4457	144,44

Tabla 2. Distribución de Frecuencias de Clases de las características cualitativas de *P. quinata* en el Bosque Universitario El Caimital, Obispos, Barinas, Venezuela.

Características		Clases ^{1/}					Total
		1	2	3	4	5	
Calidad de Fuste	NA	329	254	51	9	-----	643
	%	51,17	39,50	7,93	1,40	-----	100
Bifurcación	NA	634	3	3	3	-----	643
	%	98,60	0,47	0,47	0,47	-----	100
Calidad de Copa	NA	206	123	191	123	-----	643
	%	32,04	19,13	29,70	19,13	-----	100
Estado Fitosanitario	NA	545	73	19	3	3	643
	%	84,76	11,35	2,95	0,47	0,47	100

Tabla 3. Abundancia de árboles por Clase Diamétrica (CD) para el censo de *P. quinata* en el Bosque Natural, El Caimital, Barinas, Venezuela.

Categoría Diamétrica	Número Árboles	(%)	Categoría Diamétrica	Número Árboles	(%)
5 - <15	82	12,75	105 - <115	8	1,24
15 - <25	127	19,75	115 - <125	28	4,35
25 - <35	49	7,62	125 - <135	17	2,64
35 - <45	32	4,98	135 - <145	33	5,13
45 - <55	31	4,82	145 - <155	5	0,78
55 - <65	51	7,93	155 - <165	14	2,18
65 - <75	36	5,60	165 - <175	12	1,87
75 - <85	32	4,98	175 - <185	3	0,47
85 - <95	36	5,60	185 - <195	2	0,31
95 - <105	29	4,51	≥195	16	2,49
			Total	643	100,00

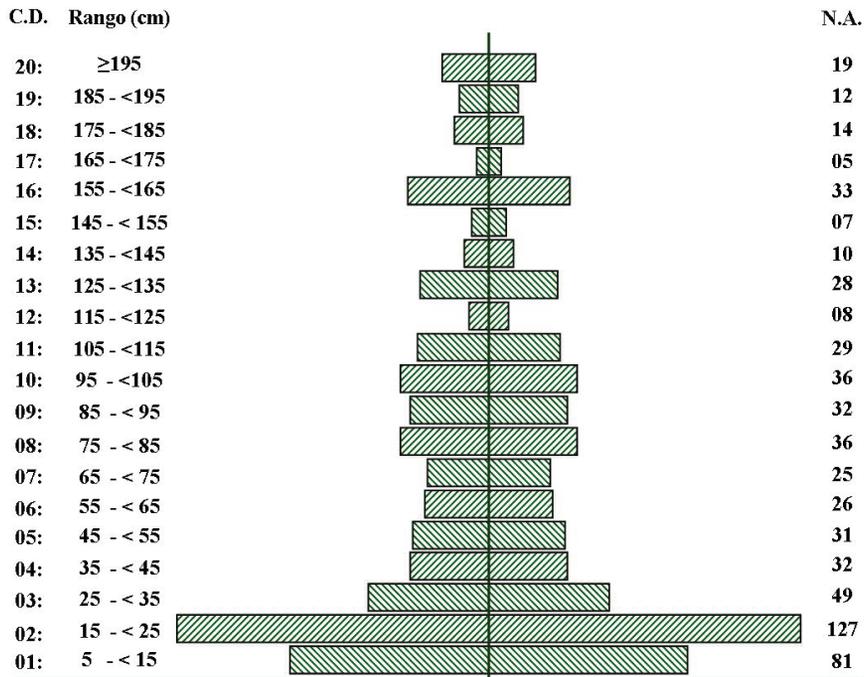


Figura 3. Distribución diamétrica de los Árboles censados de *Pachira quinata* en el Bosque Universitario El Caimital, Barinas, Venezuela.

Levantamiento de la información

Se realizó el censo de los individuos de saqui-saqui presentes en el área de estudio (579 ha) con dap ≥ 5 cm; para ello se establecieron 22 alineaciones (picas), con orientación N-S, (perpendiculares a la pica base existente) de longitud variable, según la conformación de los linderos del bosque, con una equidistancia entre ellas de 100 m. Dentro de cada alineación se colocaron balizas, con una equidistancia de 20 m, identificadas con un número de control (Figura 2).

Para el censo, se exploró las 22 alineaciones establecidas con base en franjas de 50 m a cada lado de las picas y en caso de ubicar árboles en la franja, estos se numeraron, se midieron y se registró su ubicación espacial según un eje de coordenadas cartesianas (XY) usando como referencias las distancias registradas en las balizas.

A cada árbol se le midió a) la circunferencia a la altura de pecho (cap-en mm-), (para árboles muy grandes con aletones -raíces tabulares- superando la altura de pecho, aletones cuando los aletones superaban la altura de pecho, se proyectó el dap descontando el ancho de los aletones con una cinta métrica); b) Las, alturas total y de fuste

(m), se midieron con un hipsómetro Suunto®, con una precisión de ± 0,5 m; y c) características cualitativas, tales como: calidad de fuste (1: recto, 2: ligeramente torcido, 3: torcido y 4: bifurcado); bifurcación (1: ausente, 2: tercio superior, 3: tercio medio y 4: tercio inferior); calidad de copa (1: densa y regularmente distribuida, 2: densa e irregularmente distribuida, 3: rala y regularmente distribuida y 4: rala e irregularmente distribuida) y estado fitosanitario del fuste y de la copa (1: sano, 2: daño mecánico, 3: daño por insectos; 4: daño por hongos y 5: no identificados).

A fin de cuantificar la presencia de individuos por debajo de 5 cm de dap se realizó un muestreo aleatorio, evaluándose veinte parcelas de 25 m² cada una. Los individuos se discriminaron en tres categorías de altura; CTI: h < 1 m, CTII: 1 m ≤ h ≤ 3 m y CTIII: h > 3m y dap < 5 cm.

Procesamiento de la información

Con los datos obtenidos se calcularon las estadísticas básicas para el diámetro y altura y se determinó la distribución de frecuencias de clases para las variables cualitativas. Para la distribución diamétrica de los individuos se definieron 20

categorías diamétricas de 10 cm de amplitud. El análisis de la distribución espacial, se basó en el mapa temático (Figura 2) de unidades fisiográficas (banco, subbanco y bajo), previamente digitalizado en ArcView 3.3®; en el cual se georeferenciaron los árboles registrados en el censo y posteriormente se relacionaron mediante un enlace digital (link) a un archivo de datos temáticos. El patrón espacial para la población, por categorías diamétricas, y condiciones fisiográficas, se determinó mediante los índices de Cox (IC), Eberhardt (IE) y Clark-Evans (CE). Una vez verificada la agregación en el patrón de distribución de la especie, se realizó el análisis de semivariogramas con el programa GSTAT (Pebesma 2004) bajo el lenguaje de

computación estadística R (Core Team 2007)) a las variables número de árboles, dap y altura total. Estos análisis permitieron estimar el rango o ámbito de agregación de *P. quinata* en el área bajo estudio. Además se realizó una prueba chi cuadrada (χ^2) para determinar si existe relación entre las unidades fisiográficas y el tamaño de los individuos en función del diámetro a la altura de pecho (Ludwig y Reynolds, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se censaron 643 árboles con dap \geq 5cm (1,2 árboles ha⁻¹), con diámetro y altura promedio de 71,5 cm y 24,8 m respectivamente (Tabla 1) con valores extremos de 7,3 y 286,5 cm (CV%

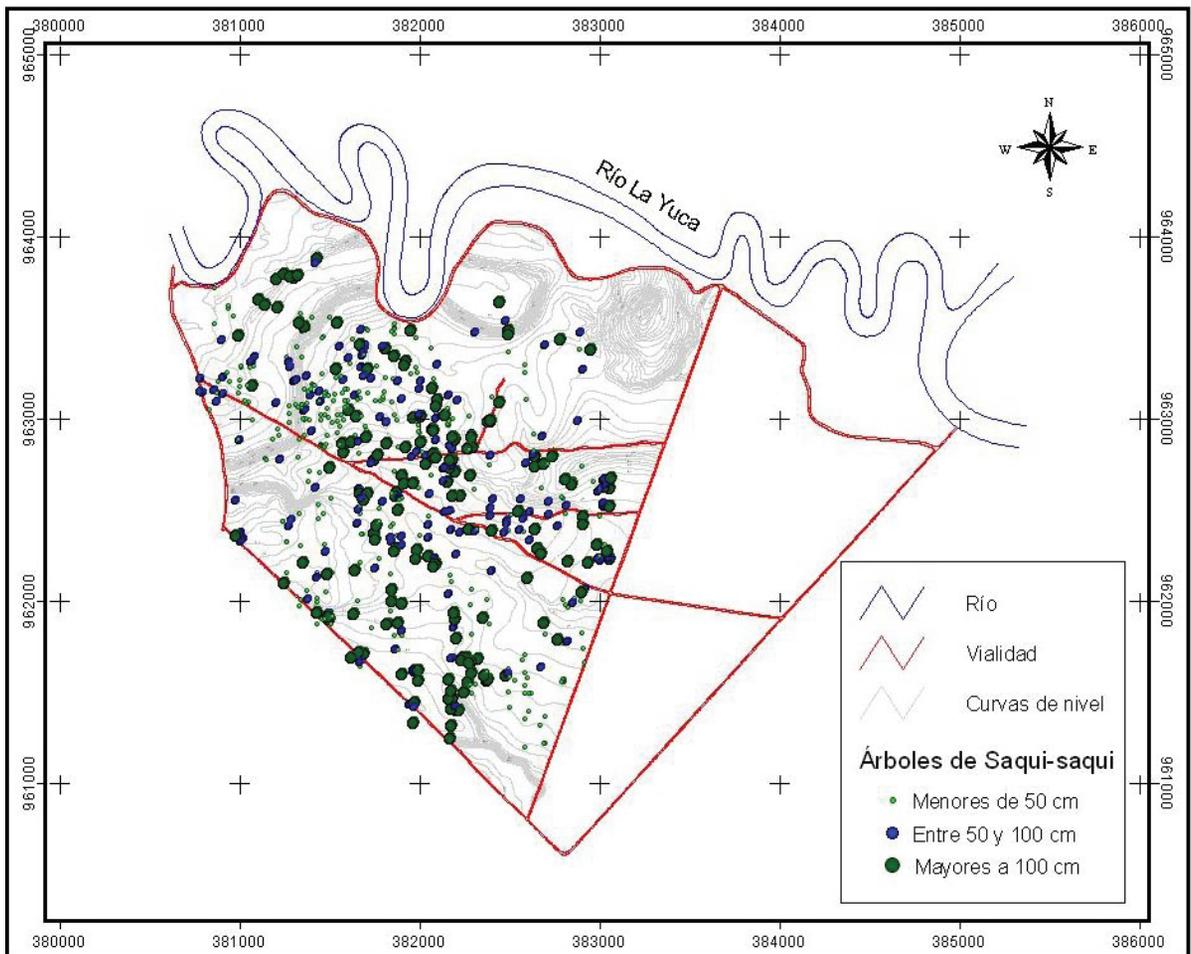


Figura 4. Distribución Espacial de los Árboles de saqui-saqui (*Pachira quinata* (Jacq.) W.S. Alverson) en el Bosque Universitario El Caimital, Barinas, Venezuela.

Tabla 4. Índices de patrones de Distribución Espacial de *P. quinata* en el Bosque Universitario, El Caimital, Barinas, Venezuela.

Condiciones	Índices			
	Cox	Eberhardt	Clark y Evans	
Todos los árboles	1,607	1,708	0,685	
Unidad Fisiográfica	Banco	1,725	1,957	0,716
	sub Banco	1,393	1,922	0,856
	bajío	1,368	1,810	0,890
	Transición	1,158	1,486	0,781
Clase Diamétrica (cm)	< 40	1,773	2,043	0,647
	40 - <80	1,149	1,650	0,840
	80 - <120	1,210	1,656	0,751
	≥ 120	1,246	2,005	0,686

Tabla 5. Distribución de los árboles de *P. quinata* por Unidades Fisiográficas en el Bosque Universitario, El Caimital, Barinas, Venezuela.

Unidad Fisiográfica	Árboles		Superficie (ha)		árbol ha ⁻¹
	No	(%)	Cantidad	(%)	
Banco	406	63,14	380,50	71,52	1,1
sub-Banco	188	29,24	125,00	23,50	1,5
Bajío	41	6,38	21,50	4,04	1,9
Transición	8	1,24	5,00	0,94	1,6
Total	643	100,00	532,00	100,00	1,2

= 81,8) para el diámetro y 3,0 y 55,0 m (CV%= 53,9) para la altura. Resultados similares para la especie fueron reportados por Lamprecht (1964), Finol (1964, 1969 y 1980), Corredor (1981), Plonczak (1997) y Kammesheidt (1998) para los bosques en los llanos occidentales de Venezuela. Veillon (1997) reportó en “El Caimital” para el periodo de evaluación comprendido entre 1950 y 1975, una densidad de 3,9 árboles ha⁻¹, la diferencia en densidad se debe a que en estos estudios se utilizaron muestras no aleatorias, representativas de algunos sectores del bosque. Arends et al (2005) reportan 1,47 árboles ha⁻¹, pero consideraron en el censo tanto la población natural como los árboles provenientes de ensayos genéticos (pruebas de progenies) y silviculturales (plantaciones), los cuales en el presente trabajo no se consideraron

por no ser parte de la población natural y estar claramente identificados en campo y evaluados de manera independiente (Melchior *et al.* 1996).

En relación con las características cualitativas (Tabla 2), más del 90% de los árboles poseen una buena condición fitosanitaria, fustes rectos a ligeramente torcidos, sin bifurcación, y con copas que van desde densas y regularmente distribuidas hasta ralas e irregularmente distribuidas, lo que representa una población base aceptable para la aplicación de estrategias de conservación y mejora genética de la especie.

La distribución diamétrica se presenta en el Tabla 3. La mayoría de los árboles (208; 32,5%) se encuentran en las categorías diamétricas 1 y 2 con rangos que van de 5 a 14,9 cm. y de 15 a 24,9 cm respectivamente. Con excepción de las

categorías 15 (145 cm a 155 cm) 18 (175 cm a 180 cm) y 19 (185 a 190 cm), con menos de cinco árboles cada una, todas las demás se encuentran bien representadas, lo que indica que la especie en este bosque presenta una distribución diamétrica regular (Figura 3).

La distribución regular por categorías diamétricas de los árboles censados constituye una base adecuada para la implementación de planes de manejo de la especie y ha cambiado con relación a la encontrada por Lamprecht (1964, 1972), Finol (1964), lo que parece indicar que en las últimas décadas se presentaron condiciones favorables para el proceso de regeneración y reclutamiento de árboles; lo cual podría estar relacionado con la apertura del bosque tanto por la explotación selectiva que se efectuó en el mismo hacia las décadas de los 40 a 60, así como por efecto de la alteración para el establecimiento de ensayos silviculturales (Corredor 1971, Finol 1976, Benítez 1987, Moncada y Silva, 1987), a esto hay que agregarle que en las últimas décadas, el bosque se encuentra protegido de explotación y bajo condiciones de mínimo manejo.

El análisis del muestreo de individuos con $dap \leq 5$ cm, indica su inexistencia en las parcelas evaluadas. Este patrón de comportamiento es común a muchas otras especies de importancia comercial y en el caso del *P. quinata* ha sido reportado con anterioridad en los estudios realizados por Lamprecht (1964, 1972), Finol (1964), Plonczak (1993) y Corredor (2001).

El estudio de la regeneración en especies con largos ciclos de vida es complejo y no se pueden realizar inferencias concluyentes a través de evaluaciones puntuales o poco espaciadas en el tiempo, la regeneración puede estar sujeta a eventos periódicos muy espaciados en el tiempo y el éxito reproductivo de la especie no se puede cuantificar por la abundancia de un evento específico sino por la conjunción de eventos reproductivos exitosos y condiciones ambientales que propicien la regeneración y su permanencia. Las consideraciones anteriormente señaladas relacionadas con la perturbación del bosque hacia las décadas de los 40-60 pudieron favorecer el establecimiento de la regeneración y favorecer la estructura diamétrica actualmente encontrada.

Las características reproductivas de la especie, y su condición de especie nómada, oportunista y heliófita, podrían estar incidiendo en la

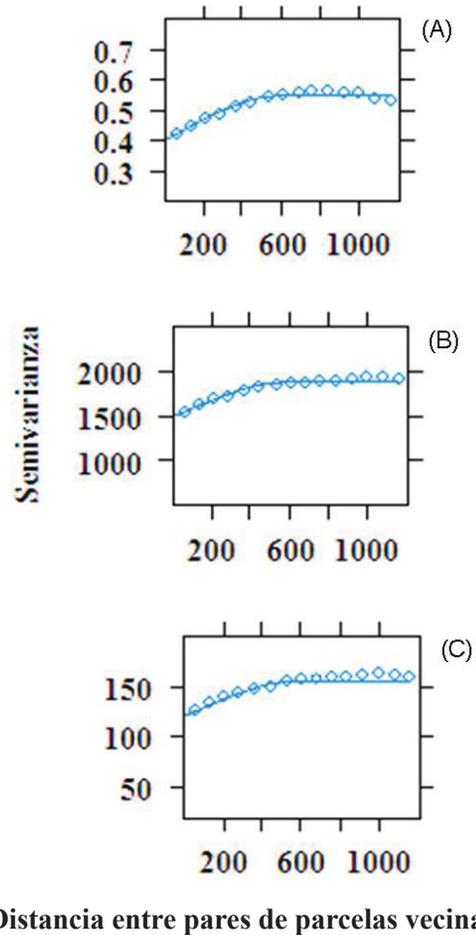


Figura 5. Semivarianzas estimadas (círculos) y modelo espacial esférico ajustado (línea) para: (A) número de árboles, (B) Diámetro a la altura de pecho y (C) Altura de árboles de *Pachira quinata* en el Bosque Universitario, El Caimital, Barinas, Venezuela.

permanencia de la regeneración en el bosque. La dispersión es fundamentalmente por el viento (anemocoría), de allí que sus semillas pueden germinar en áreas muy lejanas al bosque. En algunos casos, el fruto completo es la principal diáspora y cae en la base de los árboles, sobre la hojarasca del suelo forestal, al comienzo de la época seca, quedando impedidas las semillas de entrar en contacto directo con el mismo, dificultando aún más su germinación (Finol, 1964). En el caso de que la germinación sea exitosa, las plántulas son muy susceptibles a estrés hídrico y luz y bajo las condiciones del bosque seco tropical, generalmente mueren en

el primer estadio de desarrollo. Con base en lo anterior, cualquier programa de conservación *in situ* de *P. quinata* debe prever estrategias de manejo del bosque que garanticen la regeneración y su permanencia en el tiempo (Petit, 1969, Finol 1976, Montilla y Rivas 1987).

Distribución espacial de saqui-saqui en el Bosque Universitario el Caimital

En la Figura 4, se muestra el mapa de la ubicación espacial de los árboles de saqui-saqui censados en el bosque, el saqui-saqui se encuentra distribuido uniformemente en toda la superficie estudiada, apreciándose una mayor abundancia a lo largo de la pica central; con mayor incidencia de luz, la cual aprovecha la especie dada su condición de heliófita. Por otra parte su presencia es escasa al norte del bosque, paralela al Río Yuca, ya que en este sector, además de encontrarse un meandro que afecta posiblemente su establecimiento, la especie ha sido aprovechada de manera ilegal.

Para el total de la población se obtuvo el índice un índice de Cox de 1,607 el cual es significativo al 5%, lo que indica que el patrón de distribución para *P. quinata* es de agregación. Este resultado es corroborado con los índices de Eberhardt (IE) y Clark-Evans (CE) cuyos valores fueron de 1,708 y 0,685, respectivamente (Tabla 4). Esta misma tendencia de distribución en agregados fue obtenida al procesar los datos por unidades fisiográficas y clases diamétricas.

Los resultados sugieren que la especie encontró condiciones favorables en las etapas iniciales de su desarrollo, ya que este bosque es un bosque secundario antiguo, en el cual se realizó un aprovechamiento de las principales especies comerciales, tales como caoba, cedro y apamate, quedando el saqui-saqui como la especie heliófita más importante.

Otra razón de dicha distribución es que el saqui-saqui se encuentra presente en todas las condiciones fisiográficas (Tabla 5), desde suelos bien drenados (banco) hasta suelos inundables en épocas de lluvia (bajío). Este comportamiento fue reportado por Finol (1964) y Guerra (1981). También se ha reportado para la Reserva Forestal Caparo, una distribución agregada, asociada a un patrón de drenaje (Ramírez *et al.* 2003).

Análisis Geostadístico

Los semivariogramas estimados para los atributos número de árboles, dap y altura total fueron

ajustados a través del modelo espacial esférico (Figura 5). La caracterización de la distancia hasta la cual existe correlación espacial en el número de árboles, Dap y altura total, rango o ámbito, varió entre 595, 600 y 605 m; respectivamente. Esto significa que el tamaño de los parches de agregación de los individuos de *P. quinata* gira en torno a los 600 m. Así, individuos separados por distancias inferiores a 600 m podrían estar relacionados espacialmente debido a factores bio-físicos o genéticos.

Esta distancia es relativamente pequeña, si se considera las extraordinarias dimensiones que alcanzan los árboles en el bosque, con diámetros superiores a 150 cm, grandes aletones y áreas de copa hasta de 300 m². La distribución espacial en las zonas con mayor abundancia de la especie (Figura 4) se observa en forma de manchas discontinuas. Dentro de cada mancha, la distancia entre los árboles es variable y están mezclados sin distinción de categorías de tamaño, de allí que no se encuentra un patrón de agregación específico por tamaño. Además, se confirmó que no existe relación alguna entre las unidades fisiográficas y el tamaño de los individuos respecto al diámetro a la altura de pecho ($\chi^2=5,25$ p = 0,1533).

CONCLUSIONES

La estructura de la población de saqui-saqui, así como la calidad fenotípica y condición fitosanitaria de los individuos hacen que esta población sea atractiva para implementar estrategias de conservación mejoramiento y manejo que permitan su viabilidad en el largo plazo.

La presencia de la especie en relación a las diferentes unidades fisiográficas prevalecientes (banco, sub-banco y bajío) es similar y su abundancia es proporcional a la superficie ocupada por cada unidad; por consiguiente, no se puede establecer un patrón diferencial asociado con las mismas.

El patrón de distribución de *P. quinata* en el Bosque Universitario "El Caimital" es en agregados; el tamaño de agregación espacial de los individuos fue estimado aproximadamente en 600 m, los árboles están mezclados sin distinción de categorías de tamaño, de allí que no se encuentra un patrón de agregación específico por tamaño. La población tiende a tener una orientación espacial en sentido SE-NO con una tendencia similar a la presentada por el cause del río la Yuca.

Los factores que inciden en la reproducción y regeneración de la especie deben ser objeto de estudios exhaustivos que ayuden a explicar la dinámica de regeneración, en particular, la ausencia de la misma por debajo de 5 cm de dap. El Bosque Universitario El Caimital por sus características de relicto boscoso y contener poblaciones de especies con diferentes grados de vulnerabilidad genética requiere la implementación de medidas políticas y técnicas que garanticen su permanencia, en ese sentido la información obtenida de la población de *P. quinata*, constituye una base técnica y científica fundamental para avanzar en esta propuesta.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación forma parte de un estudio integral de la especie sobre su autoecología, conservación, mejoramiento y manejo realizado en conjunto por la Universidad de Los Andes, la Universidad Central de Venezuela, el Instituto de Investigaciones Científicas (IVIC) con financiamiento del FONACIT (Proyecto N° G-98003195).

LITERATURA CITADA

- ARENDS, E., D. SÁNCHEZ, A. VILLARREAL, J. SERRANO Y M. BENÍTEZ. 2005. Bosque Universitario El Caimital y la Estación Silvicultural El Manguito: dos Lotes Boscosos de Los Llanos Occidentales para la Conservación in situ de Especies en Peligro. *Revista Forestal Latinoamericana*. 38:1-19.
- BENÍTEZ D, E. ESPINOSA Y L. PRADO. 1987. Evaluación y aplicación con fines de manejo de un ensayo de enriquecimiento en faja en un bosque deciduo tropical "El Caimital". Barrancas Edo. Barinas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis de Grado. Mérida, Venezuela.
- BERNAL, J. 1967. Estudio Ecológico del Bosque Caimital. *Revista Forestal Venezolana* 5 (10 15): 47-82.
- CLARK, P. Y F. EVANS. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35:445-453
- CONDES, S. Y J. MARTÍNEZ. 1998. Comparación entre los Índices de Distribución Espacial más usados en el Ámbito Forestal. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 7. (1-2): 174-187.
- CORE TEAM. 2007. R: A language and environment for statistical computing. En Línea. The R Development Core Team. R. Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponible: (Consulta: 25, junio, 2007)
- CORREDOR, J. 1971. El establecimiento de la regeneración natural de especies arbóreas en fajas previamente acondicionadas del bosque experimental Caimital (Barrancas Edo. Barinas). Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Trabajo de Ascenso. Mérida, Venezuela.
- CORREDOR, J. 2001. Silvicultura Tropical. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- DEL RIO, M., F. MONTES, I. CAÑELLASS Y G. MONTERO. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12 (1):159-176.
- ETTEMA, C. Y D. WARDLE. 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 17:177-183.
- EWELL, J., A. MADRIZ Y J. TOSI. 1969. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria Explicativa del Mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela.
- FAO. 1986. Programa de Acción Forestal en los Trópicos. Comité de Desarrollo Forestal en los Trópicos.
- FAO. 1993. Proceeding of the meeting of experts on forest research. Roma.
- FINOL, H. 1964. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el bosque universitario "El Caimital". Estado Barinas. *Revista Forestal Venezuela* 7 (10-11):17-63.
- FINOL, H. 1969. Posibilidades de manejo silvicultural para las reservas forestales de la región occidental de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 81-107.
- FINOL, H. 1976. Métodos de regeneración natural de algunos tipos de bosques venezolanos. *Revista Forestal Venezolana* 26:17-44.
- FINOL, H. 1980. Estructura y composición de los principales tipos de selvas Venezolanos. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida, Venezuela.
- FRANCO, W. 1982. Estudio y levantamiento de sitios con fines de manejo forestal en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
- FRÖHLICH, M. Y H. QUEDNAU. 1995. Statistical analysis of the distribution pattern of natural regeneration in forest. *Forest Ecology and Management* 73: 45-57

- GLEICHMAR, W. Y D. GEROLD. 1998. Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. *Forstw. Cbl.* 117: 65-80.
- GUERRA, C. 1981. Evaluación de la variación morfológica externa de saqui-saqui (*Bombacopsis quinata*) en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- KAMMESHEIDT, L. 1998. Stand structure and spatial pattern of commercial species in logged and unlogged Venezuelan forest. *Forest Ecology and Management* 109 163-174.
- KINT, V., N. LUST, R. FERRIS Y M. OLSTHOORN. 2000. Quantification of forest stand structure applied to scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales*. Fuera de Serie N° 1-2000.
- LAMPRECHT, H. 1972. La importancia del bosque tropical vista en el contexto general de las relaciones ecológico-ambientales de los bosques. *Revista Forestal Venezolana* 15 (22): 83-102.
- LAMPRECHT, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del Bosque Universitario "El Caimital"- Estado Barinas. *Rev.For.Ven* 7:77-119.
- LUDWIG, J. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: A primer on methods and computing*. John Wiler and Sons, INC. USA.
- MELCHIOR, H.; M. QUIJADA, V. GARAY Y L. VALERA. 1996. Ensayo de progenies de Saqui-saqui *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand sin aclareos a la edad aproximada de 26 años. *Silvae Genética* 45(5- 6): 301- 308.
- MOEUR, M. 1997. Characterizing spatial patterns of trees using item mapped data. *Forest Science* 39(4):756-775.
- MONCADA, L. Y D. SILVA. 1987. Estudios silviculturales en un área del Bosque Caimital sometida hace 23 años a tratamientos de tumba y quema del sotobosque. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis de Grado. Mérida, Venezuela.
- MONTILLA, M. Y M. RIVAS. 1987. Estudio sobre la regeneración natural del bosque secundario Tropófito Macrotérmico (Caimital Edo. Barinas). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis de Grado. Mérida, Venezuela.
- MORAL, F. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. En *Línea. Ecosistemas* 2004/1. Disponible: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision3.htm>. (Consulta: 12, junio, 2007).
- NEUMANN, M. Y F. STARLINGER. 2001. The significance of different indexes for stand structure and diversity in forest. *Forest Ecology and Management* 145: 91-106.
- PEBESMA, E. 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & Geosciences* 30: 683-691.
- PÉREZ L. Y M. KANNINEN. 2002. Wood specific gravity and aboveground biomass of *Bombacopsis quinata* plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 165:1-9.
- PETIT, P. 1969. Resultados preliminares de los estudios sobre la regeneración natural espontánea en el bosque "El Caimital". *Revista Forestal Venezolana* 12: 9-21.
- PLONCZAK, M. 1993. Proposición de un esquema de agrupación de especies maderables a los fines de la planificación silvicultural. *Revista Forestal Venezolana* 37:117-125.
- PLONCZAK, M. 1997. Estructura y dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los Llanos Occidentales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano.
- PROVITA. 2003. Libro Rojo de la Flora Venezolana. Fundación POLAR. Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser" Conservación Internacional. Caracas, Venezuela.
- RAMÍREZ, N., V. GARAY, M. PLONCZAK, A. MORET, A. MORA, Y L. LUGO. 2003. Autoecología, Conservación, Mejoramiento y Manejo de *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand (saqui-saqui) Informe de Avance Año 1. (ULA-UCV FONACIT G-98003195). Caracas, Venezuela.
- RIPLEY, B. 1977. Modelling Spatial Patterns (with discussion). *J. Royal Statistical Society B* 39,172-212.
- SMITH, R. Y T. SMITH. 2006. *Ecología*. Pearson, Addison, Wesley. 4a Edición. Madrid, España.
- VEILLON, J.P. 1997. La deforestación en la Región de los Llanos Occidentales de Venezuela desde 1950-1975. *Revista Forestal Venezolana* 27:199-206.
- VINCENT, L. 1970. Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la Unidad Uno de la Reserva Forestal de Caparo. Tesis MSc., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida. Mimeografiado.

Recibido 11 de abril de 2008; revisado 26 de septiembrede2008; aceptado 10 demarzode2009