

CRECIMIENTO DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN TRES ESTADIOS SUCESIONALES EN EL PARQUE NACIONAL SANTA ROSA, COSTA RICA

Ing. Dorian Carvajal Vanegas, Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Apdo: 159-7050 Cartago, Costa Rica. dcarvajal@itcr.ac.cr

Ing. Julio Calvo Alvarado, Ph.D. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Apdo: 159-7050, Cartago, Costa Rica. jucalvo@itcr.ac.cr

Resumen

Los bosques secos tropicales se caracterizan por poseer una gran diversidad estructural y fisiológica en sus formas de vida. Sin embargo, la densidad, estructura y composición florística varían de acuerdo a la etapa de sucesión en la que se encuentre el bosque. De los ecosistemas tropicales existentes, el bosque seco tropical ha sido uno de los más amenazados. El objetivo de este estudio fue estimar y comparar el crecimiento en diámetro de tres estadios sucesionales del bosque seco tropical del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica, mediante la evaluación de nueve parcelas permanentes de muestreo, ubicadas en tres estadios sucesionales. Se determinaron los incrementos diamétricos por estadio, parcela y por clase diamétrica. Los resultados mostraron que los estadios poseen los siguientes incrementos corrientes anuales: temprano (1,33 mm/año), intermedio (1,83 mm/año) y tardío (1,00 mm/año). Además se encontró una alta variación entre las parcelas evaluadas de un mismo estadio en cuanto a incrementos, número de especies y su composición. El mayor incremento para el estadio temprano se encontró en la clase diamétrica de 15-20 cm, en el intermedio en la clase de 20-25 cm y en la clase de 35-40 cm para el tardío. En general las especies que muestran las tasas de crecimiento más altas fueron *Rehdera trinervis* (14,17 mm/año) y *Swietenia macrophylla* (10,17 mm/año), y las especies que poseen menores tasas de crecimiento se encuentran en el estrato bajo de los estadios intermedio y tardío son *Lonchocarpus minimiflorus* (0,25 mm/año) y *Tabebuia ochracea* (0,33 mm/año). Se concluye que las principales causas de las diferencias entre estadios son la composición de especies y factores biofísicos propios de cada sitio.

Introducción

El Área de Conservación Guanacaste (ACG) ubicada en el noroeste de Costa Rica, es un área dedicada a la restauración de los ecosistemas naturales que por varios siglos estuvieron dedicados a la ganadería. En el ACG se ubica el Parque Nacional Santa Rosa con una extensión de 38 674 hectáreas. En el se encuentran las zonas de vida bosque húmedo premontano y bosque seco tropical (Bs-T) según la clasificación de Holdridge (1967).

De los ecosistemas tropicales existentes, el Bs-T ha sido uno de los más amenazados durante siglos (Powers *et al.*, 2009). Sus suelos fértiles y climas medios los hacen aptos para labores de agricultura y ganadería. La mayor parte de la alteración y destrucción de estos bosques se debe a factores antropogénicos (Gillespie *et al.*, 2000), incendios forestales e invasión de pastos exóticos, entre otros.

Diversos estudios sobre la composición, dinámica y cambios asociados a los diferentes estadios sucesionales se han llevado a cabo en los Bs-T, Kalacska *et al.* (2004). Sin embargo, pocos estudios acerca del incremento diamétrico han sido realizados para los bosque secos tropicales de Costa Rica.

Debido a la alta importancia de los bosques secos tropicales, a su alto grado de amenaza y a la poca información acerca de su crecimiento y recuperación es que se realizó el presente trabajo, el cuál tiene como objetivo determinar y comparar el incremento diamétrico de cada estadio del bosque: temprano, intermedio y tardío, de las especies que lo componen y su tiempo de paso, en el PNSR, Costa Rica. Este estudio es también muy importante para estimar la fijación de carbono a largo del tiempo de un paisaje geográfico que incluya diferentes estadios de bosque seco tropical. Este estudio es parte del proyecto: dimensiones humanas, ecológicas y biofísicas de los bosques secos tropicales (TROPI-DRY), conducido por la Universidad de Alberta, el ITCR y una red de universidades del continente americano. La información generada en este estudio permitirá tener un conocimiento acerca de la dinámica de crecimiento de los bosques secos tropicales y de su importancia en la restauración ecológica.

Metodología

Sitio de estudio

El estudio se realizó en el Parque Nacional Santa Rosa ubicado en la provincia de Guanacaste (10° 53' N, 85° 38' W). El parque se encuentra en las Zonas de Vida Bosque seco Tropical y Bosque húmedo Tropical según la clasificación de zonas de vida de Holdridge. Las parcelas de estudio se encuentran específicamente en la zona de vida bosque seco tropical que presenta una biotemperatura no menor de 24 °C y una precipitación media anual entre los 1500 y 2200 mm.

Diseño experimental

En el año 2006 se establecieron 9 parcelas permanentes rectangulares, tres en cada estadio sucesional: temprano (CR1E), intermedio (CR1I) y maduro (CR1L) (figura 1). El tamaño de las parcelas es de 60 x 30 m cada una, para un área total 1800 m². Dentro de cada parcela se ubicó una sub-parcela experimental de 50 x

20 m, con un área efectiva de medición de 1000 m², dejando así un borde cinco metros a cada lado.

En cada sub-parcela se midieron anualmente todos los individuos con un diámetro superior a 5 cm a la altura de pecho (1,3 m). Además cada año se registraron los ingresos y la mortalidad en cada parcela. Los datos se recolectaron en el mes de febrero entre los años 2006 y 2011.

Análisis de datos

Para el análisis de crecimiento se calcularon los incrementos corrientes anuales (ICA) únicamente con las mediciones de los individuos presentes en los años 2006 y 2011, esto porque las diferencias de mediciones de año a año son tan pequeñas que es difícil obtener valores precisos (Murphy y Lugo, 1986). Los datos de incremento con inconsistencias o especies con densidades menores a 4 (ind/ha) no fueron tomados en cuenta para los análisis, tampoco los árboles remanentes ubicados dentro de las sub-parcelas ya que estos pueden distorsionar los incrementos para determinado estadío.

Se calcularon los incrementos corrientes anuales entre los años 2006 - 2011 para los tres estadios y para todas las categorías diamétricas. Para calcular los incrementos por clase diamétrica y por especie se procedió a usar la mediana ya que los incrementos diamétricos no presentan una distribución normal y el uso de este estadístico disminuye el sesgo causado por valores extremos. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre incrementos ($\alpha=0,05$) utilizando el programa STATISTICA 6.0.

Como datos adicionales se utilizaron los valores de densidad aparente del suelo para esas parcelas, así como la altura de los individuos de cada parcela y se calculó la altura dominante de cada estadío. Para determinar si existen diferencias entre densidades y aturas dominantes ($\alpha=0,05$) se utilizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de Tukey, ambas pruebas usando STATISTICA 6.0.

Resultados

Se utilizaron los incrementos diamétricos de 724 individuos encontrados en las 9 parcelas. Al analizar el incremento corriente anual de los tres estadios se obtiene que el mayor incremento se encuentra en los estadios Intermedio (1,83 mm/año) y temprano (1,33 mm/año), entre ambos no existe diferencia significativa ($p \geq 0,05$). Una causa para que ambos valores sean estadísticamente similares puede deberse a la gran variabilidad entre los incrementos entre especies sobretodo en el estadío intermedio. En cambio ambos estadios si difieren estadísticamente del tardío ($p= 0.0000$), este último presenta un ICA de 1,00 mm/año (Figura 2).

Murphy y Lugo (1986) mencionan que los incrementos diamétricos en los BST son usualmente menores a los 2mm/año, por lo que los tres estadios se encuentran dentro de este intervalo.

Las parcelas que mayor incremento corriente anual presentan son: CR1E2, CR1E3 (tempranas) y CR1I2, CR1I3 (intermedias), esta última es la que presenta el ICA más alto de las 9 parcelas evaluadas. Los menores incrementos se encuentran en las tres parcelas del estadio tardío y en las parcelas CR1E1 y CR1I1 (cuadro 1).

En el estadio temprano la parcela CR1E1 es la que menor crecimiento presenta y es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) a CR1E2 y CR1E3, esta diferencia de incrementos se puede atribuir a condiciones propias del sitio como densidad aparente del suelo, donde para estos sitios y las CR1E1 y CR1E2 se encuentran entre los valores más altos, por lo que estos sitios presentan mayor compactación que CR1E3, las diferencias entre CR1E1 y CR1E2 pueden deberse a la composición florística de estas dos parcelas donde CR1E1 tiene 9 especies CR1E2 solo 5 especies de las cuales 3 son las especies de mayor abundancia y frecuencia, por lo que estas tres especies son las que hacen que esta parcela tenga un mayor crecimiento.

A simple vista se observa en el campo una alta heterogeneidad entre parcelas de un mismo estadio sobre todo la parcela CR1E3 que parece más cercana a un estadio intermedio y la parcela CR1I1 se asemeja más al estadio tardío. Estas observaciones concuerdan con los incrementos presentados en el cuadro 1 donde CR1E3 no difiere estadísticamente ($p \leq 0,05$) de CR1I2 ni de CR1I3, y la parcela CR1I1 es similar estadísticamente a CR1L1, CR1L2 y CR1L3.

Sí se consideran los coeficientes de similitud de Jaccard por parcela calculados por Jiménez-Rodríguez (2010), se tiene que CR1E3 comparte el 23% de las especies con CR1I2 y el 36% con CR1I3. Mas similares son las especies de la parcela intermedia CR1I1 con las 3 parcelas tardías: 44%(CR1L1), 40%(CR1L2) y 38%(CR1L3) respectivamente, cabe señalar que la similitud entre parcelas tardías no es mayor al 30% por lo que son más afines las especies de CR1I1 a las de cualquier parcela tardía que estas últimas entre si. Otro dato que ayuda a explicar la similitud entre la parcela CR1I1 y las parcelas tardías es que entre ambos estadios no existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre la altura dominante de ambos estadios. Entonces se puede deducir que el corte entre estadios no es tan radical y más bien, con un mayor análisis se podrían realizar otras subdivisiones de los mismos, también esto da pie para pensar que las parcelas aunque pertenezcan a un mismo estadio, sus edades desde que se dio el abandono de la ganadería son diferentes.

En el estadio temprano los mayores incrementos diamétricos se concentran entre los 15 y 20 cm de diámetro, únicamente existen diferencias significativas ($p=0,0000$) entre las clases 5-10 cm y 15-20 cm. Al igual que el anterior, el estadio intermedio tiene el máximo incremento entre los 20 y 25 cm de diámetro y nuevamente presenta otro pico de incremento en la clase 40-45 cm. Sin embargo este último dato es estadísticamente diferente al de la clase 20-25 cm, aunque ambos incrementos sean iguales. Por último el estadio tardío concentra el mayor incremento entre los 30 y 45 cm de diámetro y el valor más bajo al igual que en los demás estadios en la clase entre los 5 y 10 cm (figura 3).

Con la cantidad actual de parcelas permanentes de muestreo para cada estadio y el tamaño de las mismas se hace difícil poder contar con un número adecuado de individuos en todas las clases diamétricas y así poder tener un dato de incremento confiable. Parcelas de mayor tamaño o mayor número de estas permitirían contar con más individuos en las diferentes clases diamétricas.

En este estudio se encontraron incrementos entre los 0 y 14,17 mm/año para 63 especies analizadas. Las especies *Rehdera trinervis* y *Swietenia microphylla* son las que mayor incremento presentan, ambas se encuentran en el dosel superior del estadio intermedio: *R. trinervis* ($12,33\pm 0,58$ m), *S. microphylla* ($13,50\pm 0,71$ m), altura dominante del estadio ($15,47\pm 2,67$ m) y pertenecen al gremio ecológico de las heliófitas durables (cuadro 2).

De las 10 especies con menor incremento corriente anual, todas se encuentran en los estadios intermedio y tardío y ninguna de las especies tiene individuos en el dosel superior. Vieira *et al.* (2005) encontraron en Manaos Brasil, incrementos similares a los presentados en el cuadro 3 donde algunas de las especies más longevas (hasta 1000 años, datados por radiocarbono) tienen incrementos anuales de 0,1-0,3mm.

Los estudios de crecimiento de bosques tropicales explican cuál es el grado de regeneración de los mismos, como se conservan y se recuperan esos ecosistemas (Finegan, 1996), su importancia en la repoblación de especies, corredores biológicos y los beneficios ambientales que los bosques conllevan (Arroyo-Mora, 2005), y relacionar estos incrementos en el ciclo de carbono de un bosque (Ordoñez *et al.* 2001), sobretodo sabiendo que los bosques del futuro son los bosques secundarios tropicales (Quesada *et al.* 2009).

Conclusiones

En los estadios evaluados en el bosque seco tropical del PNSR, los mayores incrementos se encontraron en los estadios temprano e intermedio. Además se encontró una alta variación entre las parcelas evaluadas de un mismo estadio en cuanto a incrementos, número de especies y su composición. Algunas parcelas tienden a tener una mayor similitud con las parcelas del siguiente estadio.

En general las especies que poseen mayores incrementos en su mayoría se encuentran en el estadio intermedio, y todos son individuos del dosel superior. Por su parte las especies que poseen menores incrementos se encuentran en el estrato bajo de los estadios intermedio y tardío.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a TROPI-DRY: “Dimensiones Humanas, Ecológicas y Biofísicas de los Bosques Secos Tropicales”; proyecto desarrollado por una red de investigación respaldada por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN II # 021, y financiada por el US National Science Foundation (Grant GEO-0452325) y a la Vicerrectoría de Investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica por su financiamiento.

Bibliografía

- Arroyo-Mora, JP; Sánchez-Azofeifa, GA; Rivard, B; Calvo JC; Janzen, DH. 2005. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment* . Vol 106(1): 27-39.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 11(3): 119-124.
- Gillespie, TW; Grijalva, A; Farris CN. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147: 37–47.
- Holdridge, L.R., 1967. *Life Zone Ecology*, Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Kalacska, M.; Sánchez-Azofeifa, A.; Calvo-Alvarado J.; Quesada M.; Janzen, D. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* (200): 227–247.
- Jiménez Rodríguez, CD. 2010. Intercepción de lluvia en tres estadios sucesionales del Bosque seco Tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, CR. 59 p.
- Murphy, P.G; Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 67-88.
- Ordoñez, JA; de Jong, BHJ; Masera, O.2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. *Madera y Bosques*. Vol.7(2): 27-47.
- Powers, JS; Becknell, JM; Irving, J; Pérez-Aviles, D. 2009. Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest ecology and management*. 285:6. 959-970.
- Quesada, M; Sanchez-Azofeifa, GA; Alvarez-Anorve, M; Stoner, KE; Avila-Cabadilla, L; Calvo-Alvarado, J; Castillo, A; Espírito-Santo, MM; Fagundes, M; Fernandes, GW; Gamon, J; Lopezaraiza-Mikel, M; Lawrence, D; Morellato, P; Powers, J; Neves, FS; Rosas-Guerrero, V; Sayago, R; Sanchez-Montoya, G. 2009. Succession and Management of Tropical Dry Forests in the Americas: review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258: 1014–1024.
- Vieira, S; Trumbore, S; Camargo, PB; Selhorst, D; Chambers, JQ; Higuchi, N; Martinelli, LA. 2005. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 102(51): 18502-18507

Cuadros y Figuras

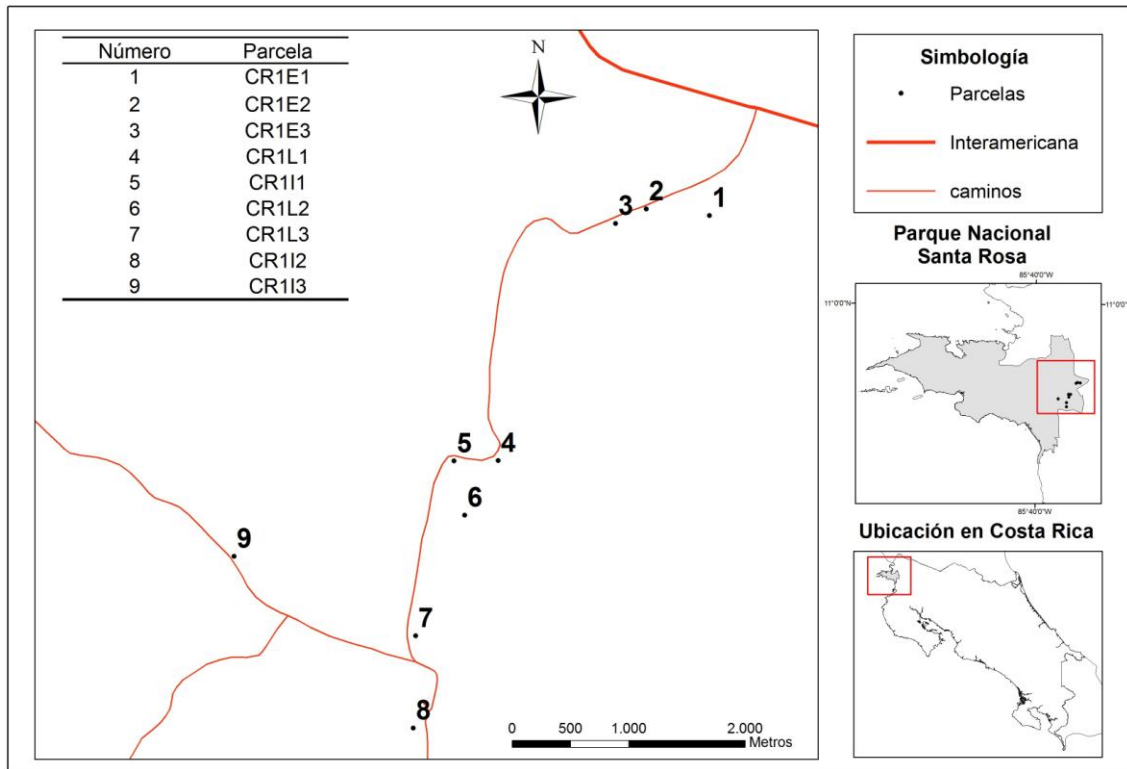


Figura 1. Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

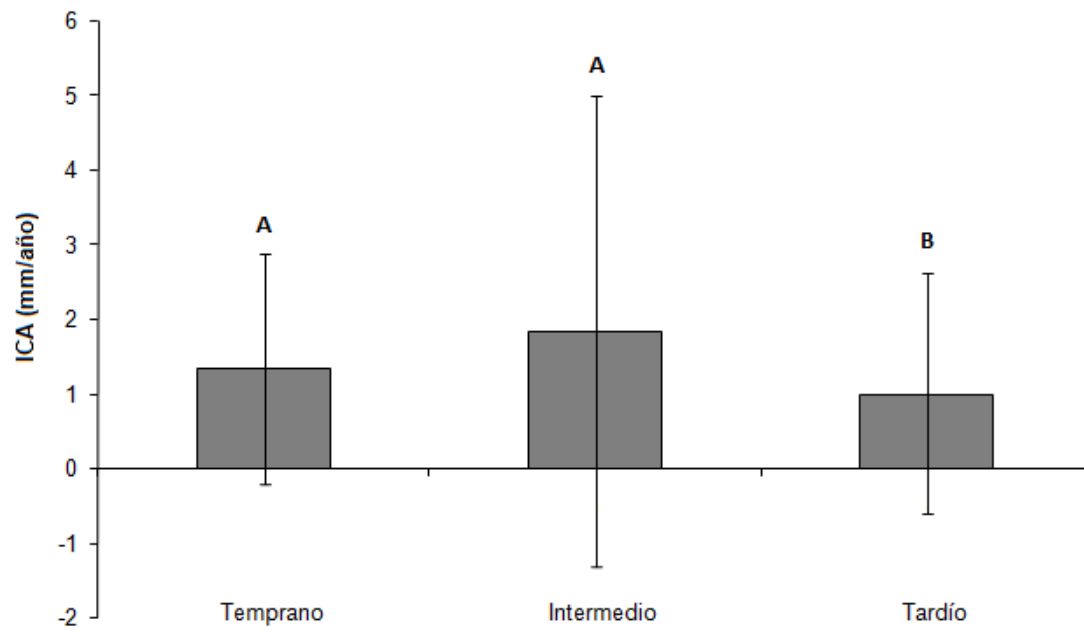


Figura 2. Incremento corriente anual (mm/año) con sus desviaciones estándar para tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Nota: las letras iguales representan similitudes ($p=0,05$)

Cuadro 1. Incrementos corrientes anuales (mm/año) en nueve parcelas permanentes de muestreo ubicadas en tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Estadio	Parcela	ICA (mm/año)	desv std
Temprano	CR1E1	0,83 (b)	0,88
	CR1E2	1,79 (a)	1,64
	CR1E3	2,17 (a)	1,72
Intermedio	CR1I1	1,50 (b)	2,06
	CR1I2	1,58 (a)	2,76
	CR1I3	3,19 (a)	3,86
Tardío	CR1L1	1,00 (b)	1,32
	CR1L2	0,83 (b)	1,80
	CR1L3	1,00 (b)	1,72

Nota: las letras iguales representan similitudes ($p=0,05$)

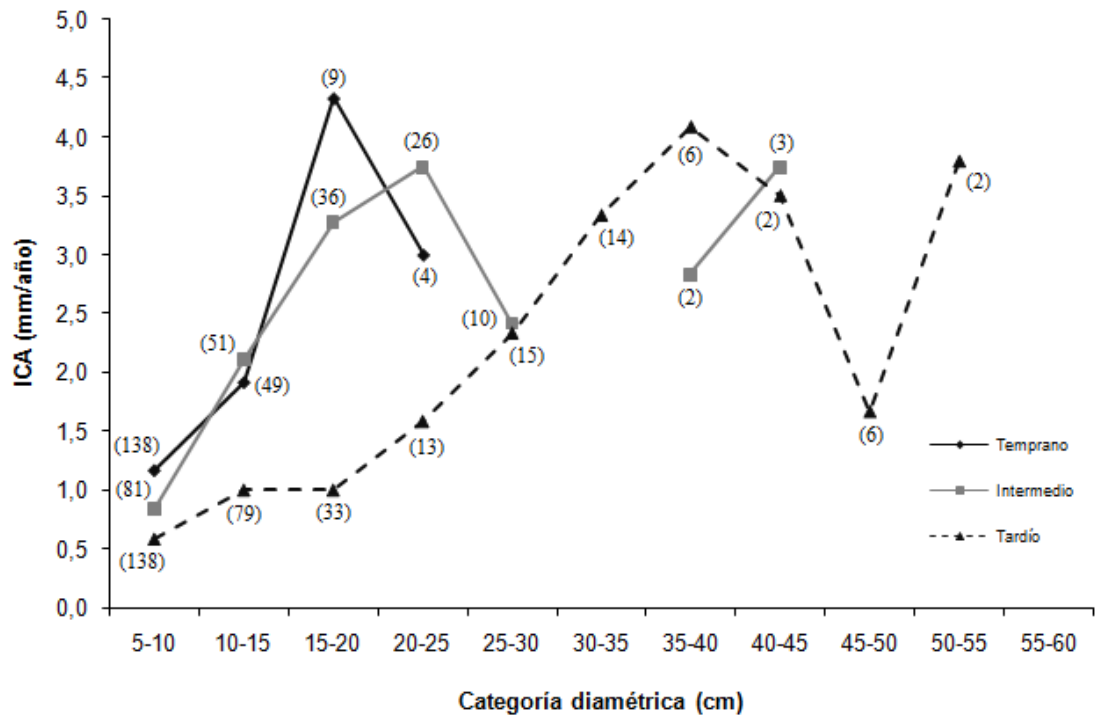


Figura 3. Incrementos corrientes anuales según clases diamétricas para tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Nota: los números entre paréntesis corresponden a la cantidad de individuos por clase diamétrica según estadio.

Cuadro 2. Especies con mayor ICA (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Estadio	Especie	ICA (mm/año)	desv std	n
intermedio	<i>Rehdera trinervis</i>	14,17	2,36	3
	<i>Swietenia</i>			
intermedio	<i>macrophylla</i>	10,17	0,24	2
	<i>Cochlospermum</i>			
intermedio	<i>vitifolium</i>	8,17	2,36	2
intermedio	<i>Trophis racemosa</i>	7,58	3,08	10
intermedio	<i>Byrsonima crassifolia</i>	6,92	3,38	8
	<i>Thouinidium</i>			
tardío	<i>decandrum</i>	6,83	1,18	2
intermedio	<i>Gliricidia sepium</i>	6,50	2,96	6
	<i>Acosmium</i>			
intermedio	<i>panamense</i>	5,75	2,00	2
temprano	<i>Pisonia aculeata</i>	5,00	2,28	6
tardío	<i>Quercus oleoides</i>	3,92	2,47	2

Cuadro 3. Especies con menor ICA (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica.

Estadio	Especie	ICA (mm/año)	desv std	n
intermedio	<i>Cordia panamensis</i>	0,50	0,82	11
intermedio	<i>Annona reticulata</i>	0,42	0,35	2
tardío	<i>Sapranthus palanga</i>	0,33	1,21	3
tardío	<i>Tabebuia ochracea</i>	0,33	1,64	9
intermedio	<i>Sapranthus palanga</i>	0,33	0,80	5
tardío	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	0,25	1,10	12
tardío	<i>Chrysophyllum brenesii</i>	0,25	0,35	2
intermedio	<i>Piptadenia flava</i>	0,25	0,48	4
tardío	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,25	0,12	2
intermedio	<i>Sterculia apetala</i>	0,25	0,12	2