

## **CAPITULO VI**

### **DISCUSION**

Los distintos parámetros encontrados en la simulación han permitido hacer un análisis comparativo y evaluar el grado de similitud con los valores que se reportan en otros estudios sobre estructura y composición de bosques naturales tropicales; a partir de ese análisis se discutió el papel del modelo como herramienta de estudio y gestión.

#### **Composición florística**

En las diversas etapas de la simulación, la composición florística mostró distintos comportamientos, caracterizandose por la permanente presencia de cuatro especies (BOqu, CEod, SPmo y TAro) y el constante ingreso y salida de otras, sin llegar a tener la regularidad de las ya mencionadas.

En el período inicial, además de la predominancia de las cuatro especies (pertenecientes al grupo de nómadas grandes), es frecuente la presencia de los grupos de las pioneras pequeñas y grandes, y esporádicamente ingresaron las especies de los grupos de las nómadas medianas y grandes. Este proceso de sucesión no coincide plenamente con lo descrito por Martínez-Ramos (1985), quien indica que en los bosques tropicales, se producen una serie de períodos influenciados por sus componentes u organismos que tienen rasgos adaptativos muy especiales, pudiendo reunirse en tres grandes grupos: pioneras, nómadas y tolerantes, los que se suceden unos a continuación de otros. Las primeras etapas son dominadas por las especies pioneras, las cuales se caracterizan por su rápido crecimiento. Este grupo se puede subdividir en pioneros tempranos, los que tienen una longevidad menor de 30 años, y los tardíos, especies que tienen una edad máxima de 50 años.

En el segundo período de la simulación, además de la dominancia de las cuatro especies ya mencionadas, se observa un mejoramiento de la composición florística, debido al ingreso de casi la totalidad de especies consideradas en el estudio, no obstante éstas no llegaron a tener una importancia significativa ni tampoco una permanencia prolongada. Estas particularidades de la dinámica florística, tampoco coinciden con las etapas de sucesión descritas por Martínez-Ramos (1985), que indica que debería estar dominada por las nómadas de dosel superior o emergentes, los que se caracterizan por no tener una estructura diamétrica regular, debido a la ausencia de individuos en los tamaños intermedios.

Durante el proceso de simulación, los grupos de tolerantes casi no aparecieron y si lo hicieron también salieron inmediatamente de la composición, debido a los pocos individuos con que contaban en las categorías de tamaño muy pequeños. Este comportamiento difiere de lo mencionado por Martínez-Ramos

(1985), que indica que este grupo conformado por especies de larga vida, pueden crecer por periodos largos en condiciones de sombra.

La composición florística en la simulación fue el parámetro que menor relación mostró con otros estudios de dinámica de bosques. Con dichas deficiencias, el modelo no podría ayudar el estudio de la riqueza de especies vegetales, por lo que es necesario ajustar previamente algunos parámetros de los grupos y de las especies individuales para tratar de mejorar las salidas de la composición.

El número de especies tampoco mostró valores aceptables; al final de la simulación, el bosque natural contaba con 21 especies. Esta cantidad representa el 33% del total de especies simuladas para el Bosque "El Calmital". Ese resultado no guarda similitud con lo reportado por Dobzhansky (1950) para Belem (60 a 100 especies) y Terra Firme (87 especies). La diferencia es todavía mucho más notoria respecto a lo encontrado por Foster y Hubbell(1990) en Barro Colorado (157 especies >1 cm de dap y 93 especies >10 cm de dap), Manaus (126 especies > 20 cm de dap) y Bukit Lagong en Malasia (150 especies >10 cm de dap).

Asimismo, Abdulhadi *et al.* (1981) reportan que en los bosques de Kalimantan se encontraron 205 especies en 1,6 ha. González y Chaves (1994) señalan que en bosques naturales de Costa Rica se inventariaron 125 especies/ha; y Foster y Brokaw (1990) hallaron más de 110 especies (mayores de 2,5 cm de dap) en un lote de una hectárea de bosque secundario.

### **Densidad y número de árboles**

Al final de la simulación del bosque natural se encontraron 245,38 árboles/ha, valor que se encuentra en el rango de 208 - 336 individuos mayores de 10 cm de dap, hallados en el Bosque "El Calmital" por Veillon (1985). Así mismo, es muy similar a los reportes de abundancia de especies suministrados por González y Chaves (1994) para bosques de Costa Rica, donde encontraron 286 árboles/ha; y los de Ola-Adamas(1987) que halló 190,9 árboles/ha en bosques semidecíduos imperturbados, 108,7 árboles /ha en bosques deciduos perturbados y 104,9 árboles/ha en bosques semidecíduos secundarios.

La densidad y el número de árboles en otros tipos de bosques mostraron valores mucho mayores, por ejemplo, considerando todos los árboles mayores de 10 cm de dap, Leigh (1990) encontró en bosques viejos de Barro Colorado 417 árboles, en bosques maduros de Bukit Lagong (Malasia) hallaron 401 árboles en 0,81 ha y 561 árboles/ha en bosques jóvenes; en San Carlos (Venezuela) se reportó 786 árboles/ha; en Manaus identificaron 214 árboles/ha mayores de 20 cm de dap. Foster y Hubbell(1990) indican que en bosques secundarios de Malasia encontraron de 625 a 701 árboles con más de 10 cm de dap y 453 árboles/ha en bosques primarios de

Sungel Menlaya; y finalmente, Dobzhansky (1950) encontró de 423 a 564 árboles por hectárea en Belem y Terra Firme.

La distribución de árboles por categorías diamétricas, en los diferentes periodos de la simulación, mostró una distribución regular, muy parecida a la forma "J invertida" que se reporta para bosques naturales. Esta característica ha permitido la recuperación de los individuos en los diferentes escenarios de aprovechamiento.

### **Area Basal**

Este parámetro ha sido ampliamente estudiado, por su relación con el tamaño y la ocupación del espacio que tienen los árboles. En la simulación se obtuvo 24,69 m<sup>2</sup>/ha, valor que consideramos muy aproximado al de 25 m<sup>2</sup>/ha encontrado por Vellon (1985) para en el Bosque "El Calmital" y muy cercano al valor propuesto por Lamprecht (1986) citado por Pionczak (1993), que considera "normal" valores de 29 m<sup>2</sup>/ha para bosques similares de los llanos occidentales.

En relación a otros reportes, se puede indicar que dicho parámetro muestra mucha similitud. Por ejemplo, Ola-Adamas (1987), evaluando la estructura de bosques de Nigeria, encontró 28,9 m<sup>2</sup>/ha de área basal en bosques semidecíduos primarios sin perturbación, 14,0 en bosques decíduos perturbados y 11,7 en bosques semidecíduos secundarios. Abdulhadi *et al.* (1981) halló 22,5 m<sup>2</sup> en bosques primarios malayos. Gonzáles y Chaves (1994) reportan que el área basal alcanzada en los bosques de Sarapiquí es de 25 m<sup>2</sup>/ha, cantidad inferior a lo encontrado en la estación biológica La Selva de Costa Rica (28 m<sup>2</sup>/ha). Andrew (1988) reporta que los bosques del oeste de Malasia tienen 35 m<sup>2</sup>/ha; Uhl *et al.* (1991) encontraron 24,9 m<sup>2</sup>/ha de área basal en bosques naturales de Tailandia-Pará, evaluando árboles mayores de 10 cm de dap.

### **Biomasa**

El aumento de la biomasa en la simulación llegó hasta 255 Mg/ha a los 230 años de simulación, valor muy cercano al reportado por Uhl y Saldarriaga (1986) en San Carlos de Río Negro (Venezuela), quienes encontraron que la biomasa (considerando todos los árboles mayores de 1 cm de diámetro y alturas superiores a los dos metros) aumentaba linealmente en los primeros años de recuperación, pasando de 15 (a los dos años) a 150 T/ha a los 60 años; ésta constituía el 59% de la biomasa del bosque maduro, que calculaban en 255 toneladas.

Según Uhl y Saldarriaga (1986), la acumulación de la biomasa total (aérea y subterránea) en superficies utilizadas en agricultura de tala y quema se acumula lentamente. Los autores calculan que una parcela recién abandonada necesita de 140 a 200 años para alcanzar una biomasa comparable a la del bosque maduro no perturbado. Ese período puede alargarse debido al nivel de perturbación que puede realizarse. A perturbaciones fuertes (eliminación total de la capa superficial del suelo)

el período de recuperación puede necesitar más de 1000 años para alcanzar los valores del bosque natural. Estos períodos indicados muestran mucha relación con el período de simulación; en este caso, se necesitó de 230 años para llegar a los 255 Mg/ha.

La cantidad de biomasa encontrada en la simulación, es comparable a otros valores reportados por Vitousek y Sandorf (1986) para algunas zonas tropicales, como Ghana donde encontraron 233 T/ha de biomasa, 209 en Jamaica, 197 en Puerto Rico, y entre 180 a 185 en Venezuela (Alto Bana y Caatinga); mientras que resultó mucho menor a algunas zonas de moderada y baja fertilidad de suelos como en los bosques de Panamá (316), zona central del Amazonas Brasileño (406), estado Amazonas de Venezuela (335) y los Andes occidentales de Venezuela (348 T/ha).

El incremento de la biomasa aérea, según Gomez-Pompa y Vasquez-Yanez (1985) es muy rápido y puede llegar a 42 T/ha a los 6 años de edad, cantidad mucho mayor que la obtenida a los 10 años de simulación del bosque natural (11,75 Mg/ha). A pesar de ello, las tasas de biomasa alcanzadas al final de la simulación se acercan al bosque natural, como se indicó anteriormente.

### **Altura**

El comportamiento general del parámetro altura en la simulación, ha sido de dos maneras totalmente distintas. Por una parte, la altura comercial no reportó respuestas satisfactorias a nivel de especies, a veces mostrando relaciones incongruentes con otros parámetros, lo que limitó el análisis del volumen obtenido en cada escenario, consecuentemente imposibilitando el cálculo del rendimiento económico para cada uno de los tratamientos, por lo que se hace urgente investigar las causas de dicha deficiencia.

Por otra parte, la altura promedio del rodal ha tenido diferente comportamiento, habiéndose obtenido valores similares a los encontrados en bosques tropicales. Según Bennett (1963), citado por Foster y Brokaw (1990), el estrato superior del bosque maduro tiene un promedio de altura entre 23 y 30 metros (la cifra inferior probablemente se refiere al promedio de altura donde comienzan las copas de los árboles del dosel), mientras que el dosel de un bosque joven tiene un promedio de altura de 18 a 24 metros.

Según los diagramas de Knight (1963), casi todos los árboles del dosel de un bosque maduro tienen entre 30 y 40 metros de altura, algunos emergentes pueden llegar hasta 45-50 metros, y casi todos los árboles del dosel del bosque joven tiene entre 20 y 30 metros, con algunos individuos que pueden llegar a 40 metros.

Para Gómez-Pompa y Vásquez-Yanes (1985) la altura en el proceso de regeneración de los ecosistemas selváticos tiene cinco etapas: la primera es dominada por herbáceas y algunas especies arbustivas y dura muy pocos meses. La segunda está dominada por especies secundarias y es un periodo de crecimiento acelerado, la altura promedio que alcanzan es de 1,5 a 3 m de altura con una duración que puede ser hasta de 18 meses. La tercera etapa puede durar de 3 a 10 años, se caracteriza por la dominancia de especies arbóreas secundarias de baja estatura y pueden llegar a tener hasta 10 m de altura. La cuarta etapa dura de 10 a 40 años, incluso puede ser más, está dominada por especies arbóreas secundarias de mayor tamaño, pudiendo llegar el dosel de 10 a 25 m de altura. Finalmente, la quinta etapa es dominada por árboles primarios que tienen más de 25 m de altura. Comparando los valores de altura de estas etapas descritas con las de la simulación, se puede tener una marcada coincidencia, ya que a los 10 años de simulación el promedio de altura alcanzada fue de 16 m, para luego llegar a los 40 años de simulación con 28,1 m.

La tasa de crecimiento, en los primeros 30 años de simulación fue de 0,84 m/año. A pesar de estar fuertemente influenciada por las especies pioneras pequeñas y grandes, esta tasa de crecimiento promedio es mucho menor a los valores de crecimiento de algunas especies pioneras que varían de 1,04 (*Cecropia peltata*) a 6.75 m (*Trema micrantha*) según reportes de Bazzaz (1991).

### **Simulación de los efectos del aprovechamiento forestal**

El modelo permitió analizar los efectos del aprovechamiento de los nueve escenarios, a través de algunos parámetros de salida y a partir de ello, se determinaron aquellos tratamientos que garantizaban una recuperación del bosque a los niveles iniciales. Luego fueron incorporados tres nuevos escenarios que simulaban el aprovechamiento del 50% de todas las especies mayores de 40 cm de dap, extracción de las especies comerciales, incluyendo el daño causado por las actividades de explotación.

Chaves (1994) citando a Dawkins (1958) y Graff (1986), indica que para lograr una reacción satisfactoria del bosque, se debe extraer la mitad o los dos quintos del área basal existente. En los diferentes escenarios simulados en este trabajo, se removieron entre 89, 58 y 4% del área basal inicial, cuando se cortaban árboles mayores de 30, 60 y 80 cm de dap, respectivamente. Ello significó que el primero y el tercero afectan severa y levemente el proceso de recuperación del bosque, mientras que el segundo se encontraba entre los márgenes recomendados.

En uno de los escenarios adicionales, se simuló el aprovechamiento de las especies comerciales incluyendo los daños ocasionados a la vegetación remanente. Debido a la extracción de 39,2 árboles/ha las pérdidas asumidas fue aproximadamente del 68%, valor que fue calculado tomando como referencia las

evaluaciones de Uhl y Guimaraes (1989) y Plonczack (1993). Su efecto sobre la composición florística fue favorable, porque permitió incorporar nuevas especies, así como elevar notoriamente el número de árboles en las primeras categorías de tamaño.

Los mejores porcentajes de recuperación del área basal, con respecto al valor inicial, se obtuvieron en los escenarios 3 (98%), 6 (93%), 7 (98%), 8 (más del 100%) y 9 (más del 100%) (Tabla 16). En otros casos, como en el escenario 1 se obtuvo el máximo promedio de 0,53 m<sup>2</sup>/ha durante los primeros 30 años de simulación. Dichos valores no son similares a los obtenidos por Plonczak (1993) en los bosques de Ticoporo (en los primeros años creció hasta llegar a 24 m<sup>2</sup>/ha). Asimismo, no coinciden con los reportados por Chaves (1994), que indica que el incremento anual del diámetro, dos años después del aprovechamiento, fue de 0,99 cm, el área basal creció 1,68 m<sup>2</sup>/ha/año y al cabo de seis años el área basal se duplicó pasando de 7,30 a 14,773 m<sup>2</sup>/ha.

Tabla 16. Resumen de los valores del comportamiento del área basal en los nueve escenarios

Diámetro mínimo	CICLOS DE CORTA		
	30 años	60 años	100 años
30 cm	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>ESCENARIO 3</b>
	0,53 (1)	0,33	0,23
	16,50 (2) 67% (3)	20,64 83,6%	22,81 88%
60 cm	<b>ESCENARIO 4</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	<b>ESCENARIO 6</b>
	0,28	0,19	0,13
	18,7 76%	21,56 87%	88% 93%
80 cm	<b>ESCENARIO 7</b>	<b>ESCENARIO 8</b>	<b>ESCENARIO 9</b>
	0,004	0,004	muy pequeño
	24,02 98%	24,20 + 100%	24,87 96%

(1) Incremento promedio anual en m<sup>2</sup>/ha/año

(2) Área basal al final de la simulación en m<sup>2</sup>/ha.

(3) Porcentaje de recuperación en relación al área basal inicial.

Con respecto a la cantidad de árboles recuperados, para cada escenario se resume en la Tabla 17. De ellos los escenarios que muestran mejor recuperación son los escenarios 3, 7, 8 y 9, los que se pueden definir, desde el punto de vista de recuperación del número de árboles, como sistemas que garantizan una densidad de árboles para futuras cosechas.

Los escenarios que mostraron mejores procesos de recuperación con respecto a los 4 diferentes parámetros (número de árboles, área basal, biomasa)

fueron el 3, 6, 7, 8 y 9, lo que permite identificar algunas opciones de manejo, considerando la intensidad de aprovechamiento y el ciclo de corta (Tabla 18).

Tabla 17. Resumen de los valores del comportamiento del número de árboles recuperados en los nueve escenarios.

Diámetro mínimo	CICLOS DE CORTA		
	30 años	60 años	100 años
30 cm	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>ESCENARIO 3</b>
	90,8 (1)	90,8	90,8
	1,5 (2)	38,8	147,2
	0,02% (3)	43%	+ 100%
60 cm	<b>ESCENARIO 4</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	<b>ESCENARIO 6</b>
	39,1	39,1	39,1
	18,1	22,9	22,2
	46%	59%	57%
80 cm	<b>ESCENARIO 7</b>	<b>ESCENARIO 8</b>	<b>ESCENARIO 9</b>
	1,9	1,9	1,9
	7,7	14,50	20,2
	+ 100%	+ 100%	+100%

(1) Cantidad total de árboles/ha extraídos.

(2) Cantidad de árboles/ha recuperados que superaron el diámetro mínimo.

(3) Porcentaje de recuperación en relación al total de árboles removidos.

Tabla 18. Resumen de los valores del comportamiento de la biomasa en los nueve escenarios

Diámetro mínimo	CICLOS DE CORTA		
	30 años	60 años	100 años
30 cm	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>ESCENARIO 3</b>
	2,29 (1)	1,90	1,57
	73,64 (2)	118,09	159,34
	28% (3)	42,5%	54%
60 cm	<b>ESCENARIO 4</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	<b>ESCENARIO 6</b>
	1,57	1,37	1,14
	138,94	173,92	206,08
	52%	63%	70%
80 cm	<b>ESCENARIO 7</b>	<b>ESCENARIO 8</b>	<b>ESCENARIO 9</b>
	0,46	0,08	0,37
	256,83	267,84	280,15
	96,5%	+ 100%	95%

(1) Incremento promedio anual en Mg/ha/año

(2) Biomasa maderable al final de la simulación en Mg/ha.

(3) Porcentaje de recuperación en relación a la biomasa inicial.

De los tres escenarios adicionales, las tasas de recuperación de los diferentes parámetros fueron aceptables (Tabla 19), lo que permite ratificar que el período de 60 años de ciclo de corta podría garantizar la recuperación del bosque, inclusive cuando se incorpora un efecto de daño muy severo.

Tabla 19. Resumen del comportamiento de los principales parámetros en los tres escenarios adicionales experimentados.

Parámetro	Escenario 10		Escenario 11		Escenario 12		Bosque Natural
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Densidad (árboles/ha)	204,3	582,3 (1) 6,3 (2) +100% (3)	219,1	620,2 6,69 + 100%	78,4	599,3 8,68 + 100%	424,9
Densidad árboles >10cm	65,4	369,4 5,07 + 100%	80,3	346,3 4,44 +100	34,4	481,1 7,45 +100%	127,5
Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	13,18	22,20 0,15 90%	14,54	21,95 0,12 89%	7,50	21,53 0,23 87%	24,67
Biomasa (Mg/ha)	132,00	205,40 1,22 74%	136,83	197,20 1,01 71%	74,12	165,16 1,52 59%	277,84
Altura promedio (m)	36,6	37,3 0,012 90%	37,0	37,3 0,005 92%	27,6	34,0 0,11 83%	40,5

(1) Número de unidades recuperadas.

(2) Tasa anual de recuperación.

(3) Nivel de recuperación con respecto al valor del bosque natural.

A pesar de las pocas experiencias de aplicación de modelos de simulación en la evaluación de efectos de las actividades de aprovechamiento, este trabajo ha permitido visualizar la aplicabilidad de éstos y puede ser usado para evaluar las consecuencias de un determinado sistema silvicultural, como el caso de Bossel y Krieger (1991) que aplicando el modelo FORMIX en bosques de dipterocarpáceas llegaron a determinar que ni el actual Sistema Malayo Uniforme (MUS) con 70 años de ciclo de corta, ni el anterior Sistema de Manejo Selectivo (SMS) con ciclos de 35 años, se acercan a la frecuencia de la regeneración natural del bosque tropical de la península. Ambos sistemas fueron considerados como no sustentables para la producción de madera y recomendaban la adopción de periodos de 100 y 200 años de ciclo para los bosques con abundancia de árboles de copa altas o emergentes, respectivamente.

Según dichos autores, la conclusión realizada para estos dos sistemas silviculturales, es valdera para similares sistemas de manejo que se realizan en otras zonas tropicales y subtropicales del mundo.

### **El modelo de simulación como herramienta de estudio y gestión**

Como indica Vanclay (1994), para el cálculo de la sustentabilidad de la producción de un bosque se requiere de una serie de operaciones básicas, entre las que se encuentran el conocimiento previo del crecimiento diamétrico, volumétrico, nivel de mortalidad, reclutamiento (incorporación de nuevos individuos) e intervalos de aprovechamiento; los que se pueden obtener utilizando herramientas de predicción como los modelos de simulación. Dichos modelos deben ser validados formalmente, y sus resultados se deben tomar como indicativos. No obstante, el modelo puede servir para ilustrar las diferencias de las numerosas opciones y de esa manera ser utilizado por el planificador para escoger la mejor.

A pesar de los problemas encontrados con algunos parámetros, se puede indicar que el modelo ha constituido una valiosa herramienta para el estudio de la dinámica del bosque y explorar sus posibles aplicaciones cuando se somete a diferentes escenarios de aprovechamiento. Los problemas encontrados pueden ser superados en la medida que se generen nuevos estudios para el mejoramiento y afinamiento de los parámetros o se propongan algunas modificaciones en el modelo para adecuarlo a las condiciones de bosques tropicales, como las alometrías determinadas por "forma del árbol", el que considera a todas las especies de un solo tipo de arquitectura.

Una limitación muy fuerte en la ejecución del modelo fue la dificultad de realizar la simulación con más de 20 especies (debido a que el modelo ZELIG fue desarrollado para bosques templados). Ello llevó a realizar el agrupamiento de las especies de acuerdo a su características ecológicas predominantes, a pesar de que de ello no se puede considerar que todas las especies sean iguales, ni tampoco considerar dicha clasificación como absoluta, porque como indica Martínez-Ramos (1985) existen especies que no pueden estar consideradas totalmente en un grupo, al tener adicionalmente otras características que lo podrían ubicar en otros intermedios.

Incluir todas las especies puede generar dos situaciones antagónicas, una positiva, porque permitiría contar con mayores detalles del comportamiento de cada una de las especies, el que se pierde cuando se utiliza el criterio de agrupamiento; otra, relativamente negativa, sería el estancamiento de la formulación de nuevos modelos o el mejoramiento de otros, debido a que no se encuentra disponible la información que se requiere de cada una de las especies. Este constituye un serio problema para los países que tienen bosques tropicales (Liu y Asthon, 1995), por la falta de investigaciones y la poca disponibilidad de personal para elaborar modelos de simulación. Por estas razones, en la medida que se generen nuevas investigaciones



conducentes a los modelos de simulación, se podrá contar en el futuro con herramientas más confiables. Es importante remarcar que no solamente es necesario contar con la cantidad de datos, sino también es importante la calidad de la base de datos.

### **El modelo como herramienta para el manejo sustentable**

El criterio de sustentabilidad, no es aplicado para la evaluación de los diferentes escenarios, debido a la amplitud del estudio a realizar, el que incluiría necesariamente el análisis ecológico, económico, técnico y social de las distintas propuestas.

En la parte ecológica, se limitó al análisis de pocos parámetros, debido a la dificultad de simular las condiciones de alta variedad y abundancia de los bosques; la imposibilidad del estudio de la composición, estructura y sus implicancias en la fauna silvestre, el hábitat y los diversos ecosistemas. Consecuentemente, los pocos parámetros estudiados, no pueden permitir definir el grado de sustentabilidad ecológica.

La evaluación económica ha sido más difícil, debido a la ausencia de los valores de altura comercial de las especies simuladas, lo que no permitió analizar los volúmenes de producción de madera y llegar a valorizar las diferentes intensidades de aprovechamiento propuestos.

En el aspecto técnico, se ha limitado a explorar las implicancias del diámetro mínimo de corta asociado con tres tipos de ciclos de corta, los que necesariamente deben complementarse con la inclusión de otros factores como tratamientos silviculturales para el mejoramiento del crecimiento y sobrevivencia; y el fomento de la regeneración natural de especies deseables.

Finalmente, los escenarios diseñados no se han enmarcado a una realidad social específica, dejándose de lado todas las implicancias de orden social, legal y política.

Para tratar de analizar todos los factores señalados, se requiere de la suma de muchos esfuerzos, y la conformación de grupos interdisciplinarios que puedan generar modelos mucho más complejos y versátiles.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

Uno de los grandes problemas de la gestión del recurso forestal es la toma de decisiones, Ello ha llevado a la búsqueda de nuevas técnicas, que reduzcan el grado de incertidumbre en el manejo de los bosques. Entre éstas, los modelos de simulación constituyen una novedosa herramienta y de mucha utilidad, debido a que permiten tener una visión anticipada de las distintas alternativas de gestión y sus respectivas consecuencias o efectos que pueden derivarse al decidir intervenir el ecosistema boscoso.

La dificultad de contar con una herramienta confiable y aplicable para los bosques tropicales, se ha debido a una serie de deficiencias y factores que podemos indicar : a) poca o nula base de datos, tanto en cantidad como en calidad adecuada; b) poca disponibilidad de modelos desarrollados para las condiciones de bosques tropicales; c) necesidad de adoptar muchos valores supuestos, cuando la información no existe; d) dificultad de ejecutar el modelo considerando la totalidad de las especies del bosque; e) manejo difícil para personas que no tienen conocimiento previo de computación; y f) carestía de personal capacitado para la formulación de modelos aplicables a bosques tropicales.

El modelo utilizado todavía mantiene algunas deficiencias identificadas por estudios anteriores, las cuales posiblemente han influido en la calidad de los resultados, por lo tanto es necesario revisar las variables que interactúan dentro del sistema, sus restricciones, las interrelaciones y estudiar su efectividad.

A pesar de las deficiencias, el modelo ha permitido realizar una serie de ejercicios de simulación de los efectos posibles en los distintos escenarios de aprovechamiento forestal, que combinan el ciclo de corta con los diámetros mínimos de corta. Los resultados obtenidos para algunos parámetros se pueden considerar aceptables; para otros se hace necesario profundizar la investigación.

Los parámetros de área basal, biomasa y altura promedio del rodal han tomado valores muy cercanos a los esperados, en algunos casos son muy similares a los valores reportados para el Bosque "El Calmital". Los parámetros de incremento de diámetro, altura comercial y la composición florística necesitan una revisión y un análisis más profundo para su mejoramiento a fin de tener una herramienta que permita estudiar la dinámica sucesional del bosque.

Debido a la dificultad de contar con los valores de la altura comercial de cada uno de los árboles, no ha sido posible determinar los volúmenes extraídos por cada escenario, limitando el análisis de la rentabilidad y su relación con la sustentabilidad del bosque.

De los distintos escenarios simulados, se pueden considerar como sistemas que garantizan la recuperación del bosque, aquellos que combinan los altos diámetros de corta con periodos de 60 o más años de ciclo de corta. Dichas condiciones, no deben considerarse como escenarios definitivos que pueden solucionar el problema del manejo forestal, sino como una prueba ilustrativa de la aplicabilidad y las posibilidades que se pueden tener en el futuro con los modelos de base individual, y específicamente del modelo ZELIG versión 2.

### **Recomendaciones**

Incluir en los nuevos programas de investigación, de las diversas instituciones ligadas a la gestión del recurso forestal, el mejoramiento de los modelos existentes y aplicados a los bosques venezolanos, y promover un programa de generación de nuevos modelos aplicables para la realidad específica de los bosques llaneros.

Continuar con los trabajos de mejoramiento de la parametrización de las especies individuales y de los grupos de especies.

Es necesario mejorar las salidas que nos permitan tener valores de volumen de madera, y de esa forma poder relacionar, la recuperación ecológica con el rendimiento económico de cada escenario.

Ampliar la capacidad de generación de la base de datos, la que debe involucrar el componente ambiental en general y no solamente al componente forestal.

Plantear la modificación de la formulación del modelo, el cual fue diseñado para bosques templados, considerando las condiciones de biodiversidad y complejidad de los bosques tropicales.

Considerar este estudio, como el inicio de una serie de estudios posteriores, que permitan simular los efectos de otros escenarios de aprovechamiento considerando otras variables ambientales.

Recopilar toda la información posible sobre otros modelos aplicados en bosques tropicales y someterlos a pruebas de validación, que se han iniciado con el modelo ZELIG.

## BIBLIOGRAFIA

- Abaza, H. 1995. *Aprovechando el bosque*. Revista Nuestro Planeta (PNUMA) 1:25-27.
- Aber, J.D. y Melillo J.M. 1982. *FORNITE: A computer model of organic matter and nitrogen dynamics in forest ecosystems*. University of Wisconsin Research Bulletin, R3130.
- Abdulhadi, R.; Kartawinata, K. y Sukardjo, S. 1981. *Effects of mechanized logging in the lowland dipterocarp forest at Lempake, East Kalimantan*. The Malaysian Forester 44(2):407-418.
- Acevedo, M.F.; Urban, D.L. y Shugart H.H. 1995. *Models of forest dynamics based on roles of tree species*. Ecological Modelling (en prensa).
- Andrew, J.D. 1988. *Effects of "selective" timber extraction on rain forest structure and composition and some consequences for frugivores and folivores*. Biotropica 20(1):31-37.
- Banco Mundial, 1994. *Libro de consulta para evaluación ambiental. Lineamientos sectoriales*. Trabajo técnico No 140 del Departamento de Medio Ambiente. Washington, D.C.
- Bazzaz, F. A. 1984. *Dynamics of wet tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species*. En: Medina, R. and Vásquez-Yanez (eds.) *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. Tasks for Vegetation Science 12. The Hague: Dr. W. Junk Publ.
- Bazzaz, F. A. 1991. *Regeneration of tropical forests: physiological response of pioneer and secondary species*. En: *Rain forest regeneration and management*. Gómez-Pompa, A.; Whitmore, T.C. and Hadley, M. (eds.) Man and the Biosphere Series Vol 6. Paris: UNESCO and the Parthenon Publishing Group
- Beard, J. S. 1946. *Los climax de vegetación en la América Tropical*. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 4(23).
- Bello, N. Q. 1996. *Relación entre la productividad del bosque y el contenido de nitrógeno y la textura del suelo en varias zonas de vida de Venezuela*. Tesis Mag.Sc. Centros de Estudios de Postgrado. Mérida: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

- Bernal, J. 1967. *Estudio ecológico del Bosque "El Caimital"*. Revista Forestal Venezolana. 10(5):47-82.
- Bolea, M. 1977. *Las evaluaciones de impacto ambiental*. Cuadernos del CIFCA No 2. Madrid: CIFCA
- Bonan, G. B. 1989. *A computer model of the solar radiation, soil moisture, and soil thermal regimes in boreal forests*. Ecological Modelling 45:275-306.
- Borhan, M.; Johari, B. y Quah, E.S. 1987. *Studies on logging damage due to different methods and intensities of harvesting in a hill dipterocarp forest of Peninsular Malaysia*. The Malaysian Forester 50(2):135-147.
- Bossel, H. y Krieger, H. 1991. *Simulation model of natural tropical forest dynamics*. Ecological Modelling 59:37-71.
- Bossel, H. y Krieger, H. 1994. *Simulation of multi-species tropical forest dynamics using a vertically and horizontally structured model*. Forest Ecology and Management 69:123-144.
- Botkin, D.B. 1993. *Forest dynamics: An ecological model*. Oxford: Oxford University Press.
- Botkin, D.B.; Janak, J. F. y Wallis J. R. 1972. *Some ecological consequences of a computer model of forest growth*. Journal of Ecology 60:849-873.
- Busing, R. T. 1991. *A spatial model of forest dynamics*. Vegetatio 92:167-179.
- Cabeza, M. 1987. *Manual de evaluación de impactos ambientales en proyectos hidráulicos* (borrador preliminar). Mérida: CIDIAT-OEA.
- Canham, C.D. 1988. *An index for understory light levels in and around canopy gaps*. Ecology 60:1634-1638.
- Castilla, G. y Prieto, A. 1992. *Desarrollo y utilización de un simulador de producción de madera para masas de Pinus radiata D. Don en el País Vasco*. Investigación Agraria. Sistemas Recursos Forestales 1(2):189-210.
- Castillo, J.B. 1966. *Estudio de suelos, Bosque experimental ULA-Caimital. Distrito Obispos, edo. Barinas*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes (mimeo.)
- Chaves, E. 1994. *Crecimiento y dinámica del bosque húmedo tropical después del aprovechamiento*. Ciencias Ambientales 11:12-22.

- Delgado, F. 1987. *Prácticas agronómicas de conservación de suelos*. Mérida: CIDIAT.
- Doyle, T.W. 1981. The role of disturbance in the gap dynamics of a montane rain forest: An application of a tropical forest succession model. En: West, D.C.; Shugart, H.H. and Botkin D.B. (eds.), *Forest succession: Concepts an application*. New York: Springer Verlag.
- Dobzhansky, T. 1950. *Evolution in the tropics*. *American Scientist* 38:209-221.
- Duek, J. 1979. *Métodos para la evaluación de impactos ambientales incluyendo programas computacionales*. Mérida:CIDIAT.
- FAO. 1995. *Evaluación de los recursos forestales, países tropicales*. Estudio FAO Montes 112 . Roma: FAO
- Ferguson, D.E.; Stage, A.R. y Boyd, R.J. 1986. *Predicting regeneration in the grand fir-cedarhemlock ecosystem of the northern rocky mountains*. Forest Science Monograph 26.
- Fernández Y. 1995. *Aplicación de modelos de base individual a bosques tropicales americanos: Un caso de la Guayana Venezolana*. Trabajo de grado de Maestría. Postgrado de Ecología Tropical. Mérida: Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes.
- Finol, H. 1964. *Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el Bosque Universitario "El Caimita"*, edo. Barinas. *Revista Forestal Venezolana* 7(10-11):17-63.
- Foster, R. y Hubbell, S. 1990. Estructura de la vegetación y composición de especies de un lote de cincuenta hectáreas en la Isla de barro Colorado. En: *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Leigh E.; Stanley, A. and Windsor, D. (eds.) Panamá: Smithsonian Press.
- Foster, R. y Brokaw, N. 1990. Estructura e historia de la vegetación de la Isla de Barro Colorado. En: *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Leigh E.; Stanley, A. and Windsor, D. (eds.) Panamá: Smithsonian Press.
- Gallopín, G. 1977. GSM: Qualitative simulator. En: *Adaptative impact assessment techniques*. Apendix II. 521-535. IASA Workshop pre-prints.
- García, O. 1988. *Growth modelling - a (Re)view*. *New Zealand Forestry* 33(3):14-17.

- Gómez, O. D. 1988. *Evaluación de impacto ambiental. Ciudad y Territorio*. Vol. 1. Cuadernos del CIFCA No. 75. Madrid : CIFCA
- Gómez-Pompa, A. y Vásquez-Yanes, C. 1985. Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. En *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Gómez-Pompa, A. y Del Amo, S. (eds.). Vol I. México: Editorial Alhambra Mexicana S.A.
- Gonzales, E.J. y Chaves E. 1994. *Estructura y composición de un bosque húmedo tropical explotado*. Ciencias Ambientales 11:36-57.
- Gullison, R.E. y Hardner, J.J. 1993. *The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: empirical results and a simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia*. Forest Ecology and Management 59:1-14.
- Haight, R. G. y Monserud R. A. 1990. Optimizing any-aged management of mixed-species stands. En: *Performance of a coordinate-search process*. Canadian Journal of Forest Research 20:15-25.
- Hamilton, D.A. 1990. *Extending the range of applicability of an individual tree mortality model*. Canadian Journal of Forest Research 20:1212-1218.
- Hartshorn, G.S. 1975. A matrix model of tree population dynamics. En: *Tropical ecological systems*. Golley, F.B., and Medina, E. (eds.) New York: Springer-Verlang.
- Holdridge, L. R. 1967. *Life zone ecology*. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center
- Howard, A. F. y Valero, J. 1992. *A diameter class growth model for assessing the sustainability of silvicultural prescriptions in natural tropical forest*. Commonwealth Forestry Review 71:171:177.
- Huston, M.; DeAngelis, D. y Post, W. 1988. *New computer models unify ecological theory*. BioScience 38:682-691.
- Kammesheldt, L. 1994. *Bestandesstruktur und artendiversität in selektiv genutzten feuchtwäldern der westlichen llanos Venezuelas, unter besonderer berücksichtigung einiger antökologischer merkmale wichtiger baumarten*. No 100. Göttingen: Göttinger Beiträge Zur Lan-Und Forstwirtschaft In Den Tropen Und Subtropen

- Kane, J.; Vertinsky, Y. y Thompson, W. 1973. *KSIM: A methodology for interactive resource policy simulation*. Water Resource Research. 9:65-79
- Ker, J.W. y Smith, J.H. 1957. *Advantages of the parabolic expression of height-diameter relationships*. Forestry Chronicle 31:235-246.
- Kercher, J.R. y Axetrod, M.C. 1984. *A process model of fire ecology and succession in a mixed-conifer forest*. Ecology 65:1725-1742.
- Knight, D. H. 1963. *A distance method for constructing forest profile diagrams and obtaining structural data*. Tropical Ecology 4:89-94.
- Koepfen, W. 1948. *Climatología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Konrad, V. 1961. *Plan de ordenación del Bosque Experimental "Caimital" propiedad de la Universidad de los Andes*. Trabajo especial. Mérida: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes. (mimeo).
- Lamprecht, H. 1964. *Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario "El Caimital", edo. Barinas*. Revista Forestal Venezolana 7(10-11):77-119.
- Leak, W.B. 1968. *Birch regeneration: A stochastic model*. USDA Forest Service Research. Note EN-85.
- Leigh, E. 1990. *¿Por qué hay tantos tipos de árboles tropicales?* En: *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Leigh E.; Stanley, A. and Windsor, D. (eds.) Panamá: Smithsonian Press.
- Liu, J. y Asthon, P.S. 1995. *Individual-based simulation models for forest succession and management*. Forest Ecology and Management 73:157-175.
- Macedo, D. y Anderson, A. 1993. *Early ecological changes associated with logging in an Amazon floodplain*. Biotropica 25(2):151-163.
- Marcano-Berti, L. 1964. *Estudio dendrológico del Bosque Experimental "Caimital", estado Barinas*. Mérida: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes
- Martín, G. L. y Ek A. R. 1984. *A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth*. Forest Science 30:731-743.

- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: Gómez-Pompa, A. y del Amo S. (eds.) *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas de Veracruz*. Vol. II. México: Editorial Alhambra Mexicana S.A.
- Mielke, D.L.; Shugart, H.H. y West, D.C. 1978. *A stand model for upland forests of southern Arkansas*. ORNL/TM-6225. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.
- Miller, T. 1981. *Growth and yield of logged-over mixed dipterocarp forest in east Kalimantan*. The Malaysian Forester 44(2):419-424.
- Mohren, G. M. J. y Burkhart H. E. 1994. *Contrasts between biologically-based process models and management-oriented growth and yield models*. Forest Ecology and Management. 69:1-5.
- Munro, D. D. 1974. Forest growth models: A prognosis. In: Fries, J. (editor). *Growth models for tree and stand simulation*. Res. Notes 30. Stockholm: Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry.
- Ola-Adams, B. A. 1987. *Effects of logging on the residual stands of a lowland rainforest at Omo Forest Reserve, Nigeria*. The Malaysian Forester 50(4):403-413.
- Pacala, S.W., Canham, C.D. y Silander, Jr., J.A. 1993. Forest models defined by field measurements. En: *The design of a northeastern forest simulator*. Canadian Journal of Forest Research 23:1980-1988.
- Payen, J. 1985. *Simulación del drenaje subterráneo*. Mérida: CIDIAT.
- Pérez, J. 1993. *Estudio evolutivo de la salinidad y medidas de conservación del acuífero de Coro*. Mérida: CIDIAT.
- Phipps, R.L., 1979. *Simulation of wetlands forest vegetation dynamics*. Ecological Modelling 7:257-288.
- Pittier, H. 1948. *Clasificación de los bosques venezolanos*. Caracas: Imprenta López.
- Plonczak, M. 1993. *Estructura y dinámica de desarrollo de bosques naturales manejados bajo la modalidad de concesiones en los llanos occidentales de Venezuela*. Mérida: Instituto Forestal Latinoamericano.
- Ramírez, H. 1995. *Aplicación de un modelo de simulación a la dinámica del bosque seco tropical: un caso de los llanos occidentales venezolanos*. Trabajo de

grado de Maestría. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida:  
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes.

- Shugart, H. H. 1984. *A theory of forest dynamics*. New York: Springer-Verlag.
- Shugart, H. H. 1987. *Dynamic ecosystem consequences of tree birth and death patterns*. *BioScience* 37:596-607.
- Shugart, H. H. y Noble, I.R. 1981. *A computer model of succession and fire response of the high-altitude Eucalyptus forest of the Brindabella Range, Australian Capital Territory*. *Australian Journal of Ecology* 6:149-164.
- Shugart, H. H. y West, D. C.. 1977. *Development of an appalachian deciduous forest succession model and its application to assessment of the impact of the chestnut blight*. *Journal of Environmental Management* 5:161-179.
- Shugart, H. H. y West D.C. 1980. *Forest sucesion models*. *BioScience* 30:308-313.
- Shugart, H. y Smith, T.M. 1992. *Modelos para predecir la dinámica de los bosques boreales en respuesta al cambio ambiental*. *Unasyva* 43:30-38.
- Shugart, H. M. y Urban D. L. 1989. Factors affecting the relative abundance of forest tree species. En: Grubb, P. T. and Whittaker J. B. (eds.) *Toward a more exact ecology*. Blackwell Scientific Publications.
- Shugart H.H.; Hopkins, M.S.; Burgess, P. y Mortlock, A.T. 1981. *The development of a succession model for sub-tropical rain forest and its application to assess the effects of timber harvest at Wiangaroo State Forest, New South Wales*. *Journal of Environmental Management* 11:243-265.
- Smith, T. y D.L. Urban. 1988. *Scale and resolution of forest structural patterns*. *Vegetatio* 74:143-150.
- Stiles, D. 1995. *Una nueva función para la evaluación ambiental*. *Revista Nuestro Planeta (PNUMA)*. 4:33-34.
- Swaine, M. D. y Whitmore T. C. 1988. *On the definition of ecological species groups in tropical rain forests*. *Vegetatio* 75:81-86.
- Tome, M. y Burkhart, H. E. 1989. *Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees*. *Forest Science* 35:816-831.

- Uhl, C. y Guimaraes, I.C. 1989. *Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas Region of the state of Pará*. *Biotropica* 21(2):98-106.
- Uhl, C. y Saldarriaga, J. 1986. *Fragilidad de la pluviselva amazónica*. *Investigación y Ciencia*. 121:72-81
- Uhl, C.; Veríssimo, A.; Mattos, M.; Brandino, Z. y Guimaraes, I.C. 1991. *Social, economic and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: The case of Tailandia*. *Forest Ecology and Management* 46:243-173.
- Urban, D.L. 1993. *A User's Guide to ZELIG version 2*. Department of Forest Sciences. Colorado State University. Fort Collins. USA.
- Urban, D.L y Shugart H. 1992. Individual-based models of forest succession. En: Glenn-Lewin, D. C.; Peet, R. K. and Veblen T.T. (eds.) *Plant Succession: Theory and prediction*. Londres: Chapman and Hill.
- Urban, D.L.; Bonnan G.B.; Smith T.M. y Shugart H. 1991. *Spatial applications of GAP models*. *Forest Ecology Management*. 42:95-100.
- Usher, M. B. 1992. Statistical models of succession. En : Glenn-Lewin, D. C.; Peet, R. K. and Veblen T.T. (eds.) *Plant Succession: Theory and prediction*. Londres: Chapman and Hill.
- Uzcátegui A. 1993. *Modelos de simulación en el manejo de los bosques altos tropicales*. *Seforven* 9:42-43.
- Vanclay, J. K. 1990. *Effects of selection logging on rainforest productivity*. *Australian Forestry* 53:200-214.
- Vanclay, J. K. 1992. *Assessing site productivity in tropical moist forests*. *Forest Ecology and Management*. 54:257-287.
- Vanclay, J. K. 1994. *Sustainable timber harvesting: simulation studies in the tropical rainforests of north Queensland*. *Forest Ecology and Management* 69:299-320.
- Vanclay, J. K. 1995. *Growth models for tropical forests: A synthesis of models and methods*. *Forest Science* 41:7-42.
- Veillón J. P. 1985. *El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente*. *Revista Forestal Venezolana*. 29:5-120.



- Verissimo, A.; Barreto, P.; Mattos, M.; Tarifa, R. y Uhl, C. 1992. *Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old amazonian frontier: the case of Paragominas*. Forest Ecology and Management 55:169-199.
- Vitousek, P.M. y Sanford, L. 1986. *Nutrient cycling in moist tropical forest*. Annual Review of Ecology and Systematics 17:137-176.
- Walter, H. y Leith, H. 1960. *Klimadiagramm-Weltatlas*. VEB Fisher, Verlag, Jena.
- Weinstein, D.A.; Shugart, H.H. and West, D.C. 1982. *The long-term nutrient retention properties of forest ecosystems: A simulation investigation*. ORNL/TM-8472. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.
- Weitzenfeld, H. 1990. *Evaluación de impacto ambiental en el medio ambiente y la salud*. México: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Williams, J. 1983. *Assessing the effect of soil erosion on productivity with EPIC*. Proceedings of the National Symposium on Soil Productivity. Michigan: American Society of Agricultural Engineers.
- Woods, P. 1989. *Effects of logging, drought and fire on structure and composition of tropical forests in Sabah, Malaysia*. Biotropica 21(4):290-298.
- Wyatt-Smith, J. y Foerster, E.C. 1962. *Damage to regeneration as a result of logging*. The Malaysian Forester 25:40-44.
- Zimmermann, R. 1992. *Impactos ambientales de las actividades forestales*. Gula FAO de Conservación No. 7, Roma: FAO.

**APENDICE A**  
**INDICE DE VALOR PARA CADA ESPECIE DEL BOSQUE "EL CAIMITAL"**

## APENDICE A

**Tabla A.1 Índice de valor para cada una de las especies encontradas en las parcelas permanentes del bosque experimental "el caimital".**

No	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	IV	IV%	IV acum.
1	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	11,44	14,62	14,62
2	<i>Parinari pachyphylla</i>	Merecure	7,42	9,48	24,11
3	<i>Pterocarpus acapulcensis</i>	Drago	7,07	9,04	33,15
4	<i>Leuhea cymulosa</i>	Guácimo cimarrón	6,14	7,85	41,00
5	<i>Bombacopsis quinata</i>	Saqui-saqui	4,60	5,88	46,87
6	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	3,61	4,61	51,49
7	<i>Pithecellobium saman</i>	Samán	3,48	4,44	55,93
8	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	3,42	4,37	60,30
9	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Mora	2,71	3,46	63,76
10	<i>Albizia colombiana</i>	Carabell	2,28	2,91	66,68
11	<i>Sloanea terniflora</i>	Pica pico	1,76	2,25	68,93
12	<i>Cordia collococca</i>	Candilero	1,52	1,94	70,87
13	<i>Chrysophyllum caracasenum</i>	Chupón	1,45	1,85	72,72
14	<i>Tabebuia rosea</i>	Apamate	1,36	1,74	74,46
15	<i>Brosimum alicastrum</i>	Charo	1,28	1,61	76,07
16	<i>Astronium graveolens</i>	Gateado	1,21	1,55	77,62
17	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	1,15	1,47	79,09
18	<i>Inga spp.</i>	Guamo	1,10	1,41	80,50
19	<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	Jebe	1,03	1,32	81,82
20	<i>Terminalia guyanensis</i>	Guayabón	1,02	1,30	83,12
21	<i>Couropita guianensis</i>	Taparo chuco	0,95	1,21	84,33
22	<i>Pithecellobium guachapele</i>	Ureoro macho	0,94	1,21	85,54
23	<i>Chrysophyllum sericeum</i>	Caimito	0,87	1,12	86,66
24	<i>Sapindus saponaria</i>	Para paro	0,75	0,96	87,62
25	<i>Sapium aubletianum</i>	Lechoso	0,74	0,94	88,56
26	<i>Cecropia peltata</i>	Yagrumo	0,71	0,91	89,47
27	<i>Trichilia martiana</i>	Cedro dulce	0,71	0,91	90,38
28	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Araguato	0,69	0,88	91,26
29	<i>Fissicalyx fendleri</i>	Tasajo blanco	0,63	0,81	92,07
30	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototo	0,52	0,67	92,74
31	<i>Licania octandra</i>	Mamoncillo	0,48	0,62	93,35
32	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	0,38	0,48	93,83
33	<i>Torrubia pacurero</i>	Casabe	0,37	0,48	94,31
34	<i>Trichilia hirta</i>	Tasajo negro	0,34	0,44	94,75
35	<i>Nectandra rigida</i>	Laurel blanco	0,30	0,38	95,13
36	<i>Dendropanax arboreum</i>	Carne de gallina	0,29	0,38	95,50
37	<i>Crataeva tapia</i>	Zorrocloco	0,26	0,33	95,84
38	<i>Annona montan</i>	Guanábano de monte	0,26	0,33	96,17
39	<i>Citharexylum sp.</i>	Oreja de mula	0,24	0,30	96,47
40	<i>Casearia spinescens</i>	Espinito colorado	0,23	0,29	96,76
41	<i>Porcelia venezuelensis</i>	Anoncillo	0,21	0,27	97,03
42	<i>Sorocea sprucei</i>	Charo negro	0,21	0,27	97,31
43	<i>Protium heptaphyllum</i>	Tacamajaco	0,21	0,27	97,57
44	<i>Protium tenuifolium</i>	Anime rosado	0,20	0,25	97,82
45	<i>Trichilia triflora</i>	Hallito	0,18	0,23	98,06
46	<i>Picramnia aff. macrostachya</i>	Bocachico	0,17	0,21	98,27

47	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Bucare	0,16	0,21	98,48
48	<i>Triplaris caracasana</i>	Palo maría	0,15	0,20	98,68
49	<i>Chomelia spinosa</i>	Espinito	0,15	0,19	98,87
50	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	Cojón de verraco	0,12	0,15	99,01
51	<i>Coccoloba caracasana</i>	Uvero	0,11	0,14	99,16
52	<i>Inga cf. edulis</i>	Guamo rabo de mono	0,10	0,13	99,29
53	<i>Banara guianensis</i>	Marfilito	0,08	0,08	99,37
54	<i>Adelia ricinella</i>	Espinito blanco	0,08	0,08	99,45
55	<i>Trophis racemosa</i>	Charo morado	0,08	0,08	99,53
56	<i>Myrcia splendens</i>	Guayabito	0,08	0,08	99,61
57	<i>Faramea occidentalis</i>	Cafecito	0,05	0,07	99,67
58	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	0,05	0,07	99,74
59	<i>Symmeria paniculata</i>	Palo de agua	0,05	0,07	99,81
60	<i>Inga punctata</i>	Guamo gambi	0,05	0,07	99,87
61	<i>Hirtella triandra</i>	Perhuétamo	0,05	0,06	99,94
62	<i>Allophylus occidentalis</i>	Caneñilo	0,02	0,03	99,97
63	<i>Urera sp.</i>	Ortigo	0,02	0,02	99,99
64	<i>Myrospermum frutescens</i>	Macagua	0,00	0,01	100,00

Fuente: Ramírez (1995)

**APENDICE B**

**AGRUPAMIENTO DE LAS ESPECIES ARBOREAS EN GRUPOS ECOLOGICOS**

## **APENDICE B**

### **AGRUPAMIENTO DE LAS ESPECIES ARBOREAS EN GRUPOS ECOLOGICOS**

Debido a que el modelo fue desarrollado para bosques templados caracterizados por tener pocas especies, su aplicabilidad en bosques húmedos tropicales tienen ciertos obstáculos, uno de ellos lo constituye la alta diversidad de especies arbóreas, tanto por su variedad, abundancia, patrones de reproducción, forma de crecimiento, requerimientos de luz y suelos.

Por una parte, no es conveniente descartar un gran número de especies con el solo hecho de conseguir el modelado, porque ello permitiría perder detalles importantes que son de nuestro interés, como el comportamiento del mayor número de especies, por otro lado no se podría incluir a todas las especies por las limitaciones que tiene el modelo al respecto. Para ello, se adoptó el criterio recomendado por Acevedo *et al.* (1995) para el modelado de bosques ricos en especies como es el caso de los bosques tropicales, los que pueden ser agrupados de acuerdo a ciertos criterios, lo cual permite simplificar o disminuir las operaciones requeridas en las simulaciones.

La metodología propuesta por Acevedo *et al.* (1995) permite estimar los parámetros de modelos de transición de dinámica de bosques a partir de modelos de base individual. En el modelo de transición generado, se pueden utilizar tipos funcionales en lugar de especies, estos tipos funcionales se pueden definir de varias formas, para ese caso se realizó con base a su papel en los procesos de regeneración y mortalidad.

#### **Criterios utilizados para el agrupamiento de especies**

Shugart (1984, 1987) se basó en las características de la regeneración y la mortalidad de las especies, específicamente, utilizó los requerimientos de claros en el dosel para la regeneración y la capacidad de crear claros en el dosel con su caída.

Swaine y Whitmore (1988) proponen una clasificación muy similar a la propuesta por Shugart, pero ellos utilizan los criterios de requerimiento de luz y tamaño de las especies. Con respecto al requerimiento de luz, agrupan las especies en dos grupos ecológicos relativamente homogéneos, cuyos miembros comparten características similares. Los grupos propuestos son las pioneras y no pioneras (o climax). La primera de ellas involucra a todas las especies que requieren de condiciones de claros o ambientes a pleno sol para germinar, sobrevivir y crecer; la segunda incluye a las especies que germinan en la sombra o raramente a pleno sol, y las plántulas pueden sobrevivir y crecer en la sombra. Con respecto a la altura, proponen varias alturas en la madurez.

Dentro de los dos grupos de especies, algunas especies poseen atributos fisiológicos y demográficos muy característicos. Algunos requieren altas intensidades de radiación diferentes para germinar, establecerse y crecer, otros requieren de mínimas cantidades de radiación solar para liberarse, por lo que es necesario aclarar que no son grupos totalmente homogéneos.

Algunos autores (e. g. Budoswki, 1955 citado por Swaine y Whitmore, 1988) han identificado un tercer grupo denominado especies secundarias tardías y se refiere a especies que son dominantes en los bosques secundarios. Ellas aparecen después de las especies pioneras, pero antes que empiecen a dominar las especies climax (características de ellos se muestran en Tabla B.1). Estas especies son consideradas como pioneras grandes de mayor longevidad que las pioneras pequeñas, entre las que se encuentran las especies *Cedrela* sp. y la *Swietenia macrophylla*.

Fernández (1995), para las especies de los bosques de Guayana, consideró los mismos criterios propuestos por Swaine y Whitmore (1988) y las agrupó en seis grupos, combinando los criterios de especies pioneras y no-pioneras con tres categorías de altura máxima que alcanzan las especies en la madurez: especies con <10m de altura, especies entre 15-30 m de altura máxima y aquellas que tiene más de 30m.

Ramírez (1995), para las especies forestales del Bosque "El caimital", consideró los criterios de requerimientos de luz y de crecimiento, reflejado en la altura máxima que pueden alcanzar los individuos.



**Tabla B.1. Características fisiológicas y demográficas resaltantes de las especies pioneras y no pioneras.**

---

#### **PIONERAS**

- Semillas pequeñas con características favorables para la dispersión biótica o abiótica.
- Larga latencia de las semillas
- La germinación se produce en condiciones de altos niveles de radiación, relación alta de RL/R (rojo lejano/rojo) y grandes fluctuaciones en la temperatura y nutrientes.
- Canalizan sus recursos hacia el crecimiento y reproducción abundante.
- Vida corta y gran susceptibilidad a la herbivoría y a los agentes patógenos.
- Tasas altas de fotosíntesis, respiración, transpiración, alta conductividad foliar y alto contenido de N.
- Crecimiento rápido, densidad de la madera baja y de color claro, hojas grandes.
- La floración ocurre rápidamente, al tiempo de establecerse la planta, prolongándose esta etapa por un largo periodo.
- La fructificación es prolongada, los frutos son pequeños y livianos, con una tasa de maduración muy lenta.
- Amplio rango ecológico y fenotípicamente plásticas.

---

#### **NOMADAS**

- Producen semillas de viabilidad corta y germinación rápida.
- La germinación parece no estar regulada por mecanismos foto o termobásticos.
- Crecimiento favorecido por pequeños claros.
- Asignación de energía dirigida a un crecimiento lento de sus tejidos vegetativos y de defensa.
- Periodo de vida más largo que el de las pioneras. Alcanzan grandes tamaños.
- Madera de color más oscura que el de las pioneras, generalmente con densidad media.
- Largo tiempo antes de la primera reproducción. Patrón de fructificación con tendencia a ser supra-anual.
- Producción de frutos carnosos.

---

#### **TOLERANTES**

- Sus semillas pueden germinar bajo la sombra y raramente a pleno sol.
- Tasas de crecimiento lenta.
- Especies de larga vida, que nunca alcanzan el dosel superior.
- Asignación alta de energía a la producción de aparato fotosintético.
- El estrés lumínico, la densidad y la herbivoría tienen un efecto menor que en las nómadas.
- Maderas oscuras y de alta densidad.
- Elevado gasto energético para la reproducción.

---

**Fuente: Bazzaz (1984); Martínez-Ramos (1985) y Swaine y Whitmore (1988).**

**APENDICE C**

**TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LAS ESPECIES DE "EL CAIMITAL"**

APENDICE C

Tabla C.1 tasa de crecimiento anual (cm) para todas las especies encontradas en el bosques experimental "el caimital".

NOMBRE CIENTIFICO	Promedio	Máximo	NOMBRE CIENTIFICO	Promedio	Máximo
<i>Adelia ricinella</i>	0.15	0.50	<i>Licania octandra</i>	0.21	0.50
<i>Albizia colombiana</i>	0.25	0.70	<i>Lonchocarpus margeritensis</i>	0.30	1.20
<i>Allophylus occidentalis</i>	0.30	0.50	<i>Luehea cymulosa</i>	0.74	2.90
<i>Annona montana</i>	0.27	1.10	<i>Melicoccus bijugatus</i>	0.24	1.20
<i>Astronium graveolens</i>	0.04	0.30	<i>Myrcia splendens</i>	0.18	0.70
<i>Banara guianensis</i>	0.27	1.30	<i>Myrospermum frutescens</i>	0.15	0.30
<i>Bombacopsis quinata</i>	0.55	1.70	<i>Nectandra rigida</i>	0.48	0.90
<i>Brosimum elicestrum</i>	0.35	3.60	<i>Parinari pectyphylla</i>	0.03	0.30
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	0.30	2.20	<i>Picramnia aff. macrostachya</i>	0.16	1.00
<i>Casearia spinescens</i>	0.07	0.20	<i>Pithecellobium guechapele</i>	0.29	1.80
<i>Cecropia peltata</i>	0.99	3.50	<i>Pithecellobium saman</i>	0.50	2.40
<i>Cedrela odorata</i>	0.90	4.60	<i>Porcelia venezuelensis</i>	0.25	0.70
<i>Ceiba pentandra</i>	0.19	1.00	<i>Protium heptaphyllum</i>	0.20	0.60
<i>Chlorophora tinctoria</i>	0.15	0.60	<i>Protium tenuifolium</i>	0.18	0.90
<i>Chomelia spinosa</i>	0.07	0.60	<i>Pterocarpus acepucensis</i>	1.17	4.40
<i>Chrysophyllum caracasenum</i>	0.22	1.80	<i>Sapindus saponaria</i>	0.43	1.40
<i>Chrysophyllum sericeum</i>	0.39	1.00	<i>Sapium eubletianum</i>	0.59	2.40
<i>Citharexylum sp.</i>	0.20	1.10	<i>Sloanea tenuiflora</i>	0.26	1.20
<i>Coccoloba caracasana</i>	0.19	0.70	<i>Sorocea sprucei</i>	0.23	1.30
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	0.13	0.30	<i>Spondias mombin</i>	0.12	1.30
<i>Cordia alliodora</i>	0.28	1.10	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	0.10	0.40
<i>Couroupita guianensis</i>	0.18	1.10	<i>Swietenia macrophylla</i>	0.44	0.90
<i>Crateeva tapia</i>	0.36	1.30	<i>Symmenia paniculata</i>	0.08	0.20
<i>Dendropanax arboreum</i>	0.26	1.40	<i>Tabebuia rosea</i>	1.12	3.40
<i>Erythrina poeppigiana</i>	1.05	2.70	<i>Terminalia guyanensis</i>	0.45	2.70
<i>Faremea occidentalis</i>	0.05	0.20	<i>Tourubia pacurero</i>	0.16	1.00
<i>Fissicalyx fendleri</i>	0.24	3.20	<i>Trichilia hirta</i>	0.18	0.60
<i>Guezume ulmifolia</i>	0.42	2.50	<i>Trichilia mertiana</i>	0.22	1.20
<i>Hirtella triandra</i>	0.44	0.90	<i>Trichilia triflora</i>	0.18	0.90
<i>Inga cf. edulis</i>	0.58	1.60	<i>Triplaris caracasana</i>	0.30	2.10
<i>Inga punctata</i>	0.39	1.10	<i>Trophis racemosa</i>	0.21	0.60
<i>Inga spp.</i>	0.65	4.40	<i>Ureva sp.</i>	0.06	0.30
			<i>Promedio general</i>	0.33	

Fuente: Planillas de evaluación- Instituto de Silvicultura-JLA.

**APENDICE D**  
**EJEMPLOS DE LOS ARCHIVOS DE SALIDA DE ZELIG.2**

Tabla D.1. Archivo de salida Z.PRINT ( segmento que muestra solamente los años de simulación) en el escenario 1

Simulation initiated with data from file z1.dum

Simulation year: 0

Stand Structure by Species:

Species Dbh Distribution (#/ha, in 10-cm classes).

Boqu	22.7	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEod	39.8	8.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SPmo	52.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAro	23.8	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
All:	138.8	14.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Species Composition:

Species	Density	Rel. D	BA	Rel. BA	N200	Frequency
Boqu	28.9	17.4	0.1	21.1	19.25	0.47
CEod	48.8	31.5	0.3	51.8	41.58	0.61
SPmo	52.7	34.1	0.1	12.3	23.19	0.61
TAro	26.2	17.0	0.1	14.9	15.92	0.48
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.02	0.00
Plgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.03	0.00

Stand Aggregates:

Total Density: 154.88/ha >10 cm: 15.88/ha  
 Basal Area: 0.547 sq.m/ha  
 Mean Dbh: 5.62 cm, with s.d. 3.68  
 Total woody biomass: 1.939 Mg/ha  
 Leaf-area index: 0.153  
 Average canopy height: 5.2 m

Simulation year: 10

Stand Structure by Species:

Species Dbh Distribution (#/ha, in 10-cm classes).

Boqu	89.3	52.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEod	76.1	177.8	1.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SPmo	261.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAro	116.2	35.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pipe	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plgr	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
All:	556.8	287.4	3.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Species Composition:

Species	Density	Rel. D	BA	Rel. BA	N200	Frequency
Boqu	152.8	18.5	1.1	19.4	18.95	1.00
CEod	258.1	31.0	3.1	56.0	43.47	1.00
SPmo	263.5	31.9	0.5	8.5	20.20	1.00
TAro	152.2	18.4	0.9	16.0	17.19	1.00
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00
Pipe	1.9	0.2	0.0	0.0	0.13	0.06
Plgr	0.7	0.1	0.0	0.0	0.05	0.03

Stand Aggregates:

Total Density: 827.19/ha >10 cm: 271.31/ha  
 Basal Area: 5.562 sq.m/ha  
 Mean Dbh: 8.07 cm, with s.d. 4.52  
 Total woody biomass: 21.132 Mg/ha  
 Leaf-area index: 1.506  
 Average canopy height: 17.8 m

sigue Tabla D.1

Simulation year: 20  
Stand Structure by Species:  
Species Dbh Distribution (#/ha, in 10-cm classes).

ALco	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Boqu	131.3	125.9	7.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEod	154.4	280.9	21.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cepe	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COco	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plsa	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SPmo	431.8	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAro	152.2	96.2	10.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nome	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NOgr	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pipe	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pigr	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
All:	918.6	498.7	39.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Species Composition:  
Species Density, Rel. D; BA, Rel. BA; IV200; Frequency:

ALco	6.1	0.4	0.0	0.0	0.23	0.23
Boqu	265.1	18.2	2.7	22.4	20.31	1.00
CEod	437.2	30.0	5.9	48.6	38.29	1.00
Cepe	4.4	0.3	0.0	0.0	0.18	0.15
COco	8.8	0.6	0.0	0.0	0.32	0.31
Plsa	7.6	0.5	0.0	0.0	0.28	0.27
SPmo	447.4	30.7	1.1	9.4	20.03	1.00
TAro	258.8	17.8	2.3	19.3	18.54	1.00
Nome	5.2	0.4	0.0	0.0	0.19	0.19
NOgr	4.2	0.3	0.0	0.0	0.16	0.15
Pipe	6.1	0.4	0.0	0.0	0.23	0.22
Pigr	6.4	0.4	0.0	0.0	0.24	0.23

Stand Aggregates:  
Total Density: 1457.44/ha >10 cm: 538.81/ha  
Basal Area: 12.158 sq.m/ha  
Mean Dbh: 8.97 cm, with s.d. 5.06  
Total woody biomass: 49.558 Mg/ha  
Leaf-area index: 3.489  
Average canopy height: 22.5 m

Simulation year: 30  
Stand Structure by Species:  
Species Dbh Distribution (#/ha, in 10-cm classes).

ALco	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Boqu	82.9	147.8	25.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEod	112.1	251.8	64.3	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COco	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plsa	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SPmo	437.9	35.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAro	96.2	123.3	22.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nome	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pipe	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pigr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
All:	731.9	558.2	111.8	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Species Composition:  
Species Density, Rel. D; BA, Rel. BA; IV200; Frequency:

ALco	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Boqu	255.9	18.2	3.9	23.8	21.00	1.00
CEod	428.9	30.6	7.5	45.6	38.10	1.00
COco	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Plsa	0.2	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01
SPmo	473.6	33.7	1.6	9.9	21.83	1.00
TAro	244.2	17.4	3.4	20.7	19.05	1.00
Nome	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
NOgr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Pipe	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
Pigr	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00

Stand Aggregates:  
Total Density: 1403.31/ha >10 cm: 671.44/ha  
Basal Area: 16.497 sq.m/ha  
Mean Dbh: 10.78 cm, with s.d. 5.79  
Total woody biomass: 73.642 Mg/ha  
Leaf-area index: 4.858  
Average canopy height: 25.8 m

Tabla D.2. Archivo de salida Z. LOG, para el escenario 1

<b>Light regime for plot (1,1):</b>																	
<b>Actual LAI and light profile, from top of canopy:</b>																	
2	0.00	1.00															
1	0.02	1.00															
0	0.99																
<b>Simulation year: 30</b>																	
<b>Growing season begins on day 1.0, ends on 365.0</b>																	
<b>and has a total length of 365.0 days.</b>																	
<b>Total growing degree-days: 7592.4</b>																	
<b>Total precipitation: 174.1 cm</b>																	
<b>Total as rain: 174.1 cm</b>																	
<b>and as snow: 0.0 cm</b>																	
<b>Soil water balance for plot (1,1), soil type: 3</b>																	
<b>Total annual PET: 188.4 Annual AET: 93.7</b>																	
<b>Cumulative runoff: 2.7 cm</b>																	
<b>Total interception: 39.9 cm</b>																	
<b>Dry-days over seedling rooting zone: 0.32</b>																	
<b>and integrated over all soil layers: 0.37</b>																	
<b>Dry-days per layer:</b>																	
1	0.30																
2	0.37																
3	0.37																
4	0.39																
5	0.45																
6	0.45																
7	0.45																
8	0.39																
9	0.23																
10	0.00																
<b>Mortality in plot (1,1), by 10-cm size classes:</b>																	
Alive:	32	21	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NDead:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SDead:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total number of trees dead: 1</b>																	
<b>Growth factor trace:</b>																	
plot (1,1)	<b>Number of trees: 57</b>																
1, Spp, Dbh, Ht, Hc;	ALF, SMF, SFF, DDF, GF;	<b>Dinc, NoGro:</b>															
1 Boqu	24.55	24	1	0.71	0.50	1.00	1.00	0.38	0.35	0							
2 Boqu	24.43	24	1	0.71	0.50	1.00	1.00	0.38	0.35	0							
3 Boqu	17.93	17	1	0.61	0.50	1.00	1.00	0.30	0.31	0							
4 CEod	21.66	24	1	0.71	0.50	1.00	1.00	0.38	0.28	0							
5 CEod	23.38	26	1	0.73	0.50	1.00	1.00	0.37	0.27	0							
6 SPmo	8.06	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.14	0							
7 SPmo	8.05	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.14	0							
8 CEod	20.74	23	1	0.70	0.50	1.00	1.00	0.35	0.25	0							
9 CEod	18.23	19	1	0.64	0.50	1.00	1.00	0.32	0.23	0							
10 SPmo	7.33	8	1	0.39	0.50	1.00	1.00	0.19	0.13	0							
11 SPmo	7.25	8	1	0.39	0.50	1.00	1.00	0.19	0.13	0							
12 TAro	15.84	10	1	0.45	0.50	1.00	1.00	0.22	0.30	0							

sigue Tabla D.2

13	Boqu	15.37	13	1	0.53	0.50	1.00	1.00	0.28	0.28	0
14	CEod	19.24	21	1	0.67	0.50	1.00	1.00	0.34	0.24	0
15	TAro	14.58	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.28	0
16	TAro	14.24	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.28	0
17	Boqu	14.05	12	1	0.50	0.50	1.00	1.00	0.25	0.28	0
18	Boqu	14.07	12	1	0.50	0.50	1.00	1.00	0.25	0.28	0
19	CEod	16.25	16	1	0.59	0.50	1.00	1.00	0.29	0.22	0
20	CEod	15.18	14	1	0.55	0.50	1.00	1.00	0.27	0.21	0
21	CEod	16.65	17	1	0.61	0.50	1.00	1.00	0.30	0.23	0
22	CEod	13.23	11	1	0.48	0.50	1.00	1.00	0.24	0.20	0
23	SPmo	5.88	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.11	0
24	SPmo	6.26	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.11	0
25	SPmo	5.54	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.10	0
26	Boqu	11.99	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.25	0
27	Boqu	11.98	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.25	0
28	Boqu	12.09	9	1	0.42	0.50	1.00	1.00	0.21	0.25	0
29	CEod	14.44	13	1	0.53	0.50	1.00	1.00	0.26	0.21	0
30	SPmo	5.16	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.10	0
31	CEod	13.40	11	1	0.48	0.50	1.00	1.00	0.24	0.20	0
32	CEod	12.90	10	1	0.45	0.50	1.00	1.00	0.22	0.19	0
33	SPmo	4.77	6	1	0.33	0.50	1.00	1.00	0.16	0.09	0
34	SPmo	5.29	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.10	0
35	SPmo	4.85	6	1	0.33	0.50	1.00	1.00	0.16	0.09	0
36	SPmo	5.06	6	1	0.33	0.50	1.00	1.00	0.16	0.09	0
37	CEod	11.39	8	1	0.39	0.50	1.00	1.00	0.19	0.18	0
38	CEod	11.14	8	1	0.39	0.50	1.00	1.00	0.19	0.19	0
39	SPmo	5.28	7	1	0.36	0.50	1.00	1.00	0.18	0.10	0
40	CEod	9.63	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.17	0
41	CEod	9.73	6	1	0.33	0.50	1.00	1.00	0.16	0.18	0
42	Boqu	8.05	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.22	0
43	SPmo	4.06	6	1	0.33	0.50	1.00	1.00	0.16	0.09	0
44	TAro	7.76	4	1	0.26	0.50	1.00	1.00	0.13	0.20	0
45	SPmo	3.86	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.07	0
46	Boqu	7.04	4	1	0.26	0.50	1.00	1.00	0.13	0.22	0
47	SPmo	3.58	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.07	0
48	Boqu	6.09	3	1	0.23	0.50	1.00	1.00	0.11	0.22	0
49	TAro	4.66	2	1	0.20	0.50	1.00	1.00	0.10	0.18	1
50	SPmo	2.98	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.07	0
51	TAro	4.14	2	1	0.20	0.50	1.00	1.00	0.10	0.19	1
52	SPmo	2.98	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.07	0
53	SPmo	3.46	5	1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.15	0.07	0
54	TAro	3.26	1	1	0.17	0.50	1.00	1.00	0.08	0.17	2
55	CEod	4.71	1	1	0.17	0.50	1.00	1.00	0.08	0.31	2
56	TAro	3.17	1	1	0.17	0.50	1.00	1.00	0.08	0.18	2
57	SPmo	2.50	4	1	0.26	0.50	1.00	1.00	0.13	0.06	0

Regeneration in plot (1,1):

NPoss: 343 NSStot: 0 NSS: 0

NPoss2: 343 NSStot: 0 NS: 0

sigue Tabla D.2

**Species, RF; Seedling Cohorts; Sprouts; Saplings:**

1 ALco	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
2 Boqu	0.06	0.1	0.1	0.1					0.0	0
3 CEod	0.06	0.2	0.2	0.2					0.0	0
4 Cepe	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
5 CHti	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0
6 CHca	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0
7 COco	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
8 LUCy	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0
9 PAPA	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0
10 Plsa	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
11 PTac	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0				0.0	0
12 SLte	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0
13 SPmo	0.06	0.2	0.2	0.2					0.0	0
14 TAro	0.06	0.1	0.1	0.1					0.0	0
15 Nome	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
16 NOgr	0.00	0.0	0.0	0.0					0.0	0
17 Pipe	0.00	0.0	0.0						0.0	0
18 Plgr	0.00	0.0	0.0						0.0	0
19 TOPe	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
20 TOgr	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Total number of stems planted: 0

**Light regime for plot (1,1):**

**Actual LAI and light profile, from top of canopy:**

26	0.01	1.00
25	0.01	1.00
24	0.05	0.99
23	0.06	0.97
22	0.06	0.95
21	0.07	0.93
20	0.07	0.90
19	0.08	0.88
18	0.08	0.85
17	0.10	0.82
16	0.11	0.79
15	0.12	0.76
14	0.13	0.72
13	0.14	0.69
12	0.17	0.65
11	0.18	0.61
10	0.22	0.57
9	0.26	0.52
8	0.29	0.47
7	0.30	0.42
6	0.33	0.38
5	0.34	0.33
4	0.36	0.29
3	0.37	0.25
2	0.38	0.22







Tabla D.6. Fragmento del archivo de salida Z.DUMP, para los 230 años de simulación

(fila, columna, No de árboles)			
(No de orden de la especie, código de la especie, dap, altura a la copa)			
1	1	4	
1	2	81.12837	8
2	2	47.21320	8
3	2	4.15291	1
4	2	3.18399	1
2	1	8	
1	2	69.81059	10
2	2	66.42601	10
3	2	62.44370	10
4	3	64.56816	10
5	2	51.67355	10
6	3	42.83374	10
7	2	2.96711	1
8	3	3.20191	1
3	1	10	
1	3	71.98197	11
2	3	51.16466	11
3	2	58.37556	11
4	3	30.16528	11
5	14	3.99793	1
6	14	4.13448	1
7	2	3.65016	1
8	13	3.40044	1
9	3	3.86253	1
10	3	2.56999	1
4	1	8	
1	2	74.08477	3
2	2	62.69979	3
3	2	62.57309	3
4	2	58.13136	3
5	2	48.55171	3
6	14	3.42443	1
7	14	2.66041	1
8	14	2.59532	1
5	1	15	
1	3	62.22100	3
2	2	60.60480	3
3	13	10.86427	1
4	3	18.23863	1
5	14	19.25564	1
6	3	17.36787	1
7	2	17.95527	1
8	13	7.93223	1
9	3	15.93863	1
10	2	15.47774	1
11	3	13.61062	1
12	2	11.87009	1
13	14	3.02612	1
14	13	2.56782	1
15	13	2.93745	1