

corteza, respectivamente. La extracción promedio anual en estas fincas osciló entre 2-10 m³/ha/yr (Figura 1). En términos generales, el modelo predice que en su condición de equilibrio, se puede esperar cosechar 1 árbol/ha/yr por cada 25 árboles/ha utilizados como sombra. Esto equivale a 2.15 o 1.37 m³/ha/yr de V y Vc, respectivamente por cada 25 árboles/ha de sombra.

Ninguna de las distribuciones diamétricas actuales (datos de 1980) se encuentra en su condición de equilibrio (Cuadro 4). La distribución diamétrica estable esperada en estos rodales debe ser prácticamente uniforme en todas las clases no comerciales (DBH <40 cm) y una ligera acumulación de árboles en la última clase (34 % de los árboles). Suponiendo que los finqueros replantan los árboles que cosechan, los rodales actuales requerirán entre 28 (sitio 8) y 43 yr (sitio 5) para alcanzar una distribución diamétrica estable.

Para evaluar con mayor generalidad el número de años requerido por un rodal para alcanzar su condición de equilibrio, se hicieron simulaciones utilizando distribuciones diamétricas iniciales extremas. En todas las simulaciones se utilizó una densidad de población de 250 árboles/ha (Cuadro 5). La estabilidad del rodal se alcanzó entre 10-51 años dependiendo de la distribución inicial (Figura 2). De este análisis se pueden obtener

recomendaciones prácticas inmediatas. Si los finqueros desean contar con una cosecha estable en el menor tiempo posible, la reposición de los árboles cosechados debe distribuirse uniformemente durante todo el ciclo de vida del cultivo. Se deben evitar los periodos sin replantación.

5 DISCUSION

La aparición de la roya del café en Costa Rica 1982 ha dado impulso adicional a la promoción de la producción intensiva del café. La cosecha de árboles de sombra parece haber aumentado desde esa fecha (Cuadro 3). Sin embargo todavía se necesita demostrar que existe una relación estrecha entre el uso de árboles de sombra y la severidad o probabilidad de ocurrencia de la infestación por roya. También debe demostrarse que la intensificación del cultivo es una mejor alternativa que los sistemas tradicionales bajo estos escenarios.

El modelo aquí presentado permite obtener estimaciones cuantitativas de la producción anual de madera proveniente de los rodales de sombra. Esta información se puede utilizar para determinar el valor económico de las alternativas tradicionales de producción de café en términos de ingresos totales, estabilidad y riesgo, o ambas. Las alternativas de producción intensiva de café deben

compararse contra estos escenarios tradicionales antes de promover la adopción de nuevas tecnologías.

6. CONCLUSIONES

Rodales de *Cordia alliodora* con densidades entre 120-290 árboles/ha usados como sombra en cafetales pueden producir en forma sostenida entre 9-24 o 6-15 m³/ha/yr de volumen total o comercial con corteza, respectivamente. Las cosechas de madera registradas en fincas cafetaleras seleccionadas son menores que estas cifras.

Las distribuciones diamétricas en las fincas seleccionadas no han alcanzado un estado estable. Suponiendo que se reponen los árboles cosechados, los rodales actuales requieren entre 28-43 años para alcanzar equilibrio. Las diferencias dependen de las características de la distribución diamétrica inicial. Los agricultores deberían tratar de replantar, tan uniformemente como sea posible, a lo largo del ciclo de vida del cultivo.

7. REFERENCIAS CITADAS

Beer, JW (1987) Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cocoa and tea. *Agroforestry Systems* 5:3-13.

Budowski, G (1982). The socioeconomic effects of forest management on lives of people living in the area. The case of Central America and some Caribbean countries. In: *Socioeconomic effects and constraints in forest management*. E.G. Hallsworth (editor). John Wiley & Sons, New York. pp. 87-102.

Carrad, B (1982) Economic aspects of smallholder practices: mixed cropping of food and coffee. In: *2nd Papua New Guinea Food and crops Conference*. Bourke, RM & Kesavan, V (editors). Procc. Port Moresby, Papua New Guinea. pp. 294-302.

Ford, L (1979) An estimate of the yield of *Cedrela odorata* (syn. *C. mexicana*) grown in association with coffee. In: *Agroforestry systems in Latin America*. G. de Las Salas, editor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 177-183.

Glover, N (1981) Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var caturra, shaded by *Erythrina poeppigiana* with and without *Cordia alliodora*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Tecnica, Informe Tecnico N°17. 26 p.

Gonzalez, LE (1980a) Efecto de la asociación de laurel ;*Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken; sobre la producción de café (*Coffea arabica* L.) con y sin sombra de poro ;*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook;. M.S. Thesis, UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Gonzalez, R (1980b) Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 4:99-109.

Haarer, AE (1962) *Modern coffee production*. Leonard Hill, London. 495 p.

Johnson, P & Morales, R (1972) A review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken. Turrialba 22:210-220.

Lagemann, J & Heuvelop, J (1983) Characterization and evaluation of agroforestry systems: The case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry systems* 1(2):101-115.

Lefkovich, LP (1965) The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrics* 21:1-18.

Norman, DW (1977) The rationalization of intercropping. *African Environment* 2/3(4/1):97-109.

Rodriguez, LE (1982) El análisis financiero de fincas cafetaleras con sombra de guacimo nogal (*Cordia alliodora*) en el Antioquia, Colombia. Tesis, Economía Agrícola. Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Roughgarden, J (1979) *Theory of population genetics and evolutionary biology: an introduction*. Collier MacMillan, London.

Sabogal, C (1983) Observaciones sobre la combinación de *Cedrela odorata* con café en Tabarcia-Palmichal (Canton Puriscal). In: El componente arboreo en Acosta y Puriscal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 90-101.

Somarriba, E & Beer, JW (1987) Dimensions, volumes, and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. For. Ecol. & Mgmt. 18:113-126.

Steiner, KG (1984) Intercropping in tropical smallholder agriculture with special reference to West Africa. 2 ed., Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Schriftenreihe R 137. Eschborn, West Germany. 304 p.

Vandermeer, JH (1981) Elementary mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York. 291 p.

Cuadro 1. Cultivo asociado, densidad de árboles y el cultivo y estadística de los rodales en las fincas de estudio. Sitios 1-8 se encuentran en la zona de Turrialba; Sitios 9-12 en el area Siquirres-Cahuita-Puerto Viejo (Somarriba & Beer 1987). En parentesis maximos y minimos.

Sitio	cultivo	N/ha		DBH (cm)*	MAI(cm/yr)**
		cultivo	árboles		
1	pastos	-	110	24(10-47)	0.4(0.0-1.3)
2	pastos	-	70	26(8-49)	0.5(0.1-1.4)
3	caña	-	200	24(9-42)	1.0(0.2-2.4)
4	caña	-	160	32(20-43)	0.5(0.1-1.3)
5	café	3700	260	20(4-37)	1.8(0.5-3.6)
6	café	7300	290	23(5-39)	0.9(0.2-1.8)
7	café	2800	120	36(26-40)	0.8(0.2-1.5)
8	café	4119	211	32(18-66)	0.9(0.1-2.9)
9	pastos	-	175	36(15-54)	0.7(0.1-1.7)
10	cacao	393	68	18(6-39)	2.9(1.5-4.7)
11	cacao	483	166	36(18-48)	0.6(0.0-1.9)

* Datos 1980;** Incremento medio anual en DBH (1979-1986)

Cuadro 2. Edad (A) y DBH, DBH crecimiento (cm/yr), y parametros de transición de rodales de *Cordia alliodora* en fincas cafetaleras en Costa Rica. Datos de crecimiento calculados de Somarriba & Beer 1987.

Sitio	A*	DBH*	crecimiento	P	R
1	2.5	4	1.97	0.7780	0.2120
2	4.5	8	2.24	0.5600	0.4400
3	6.0	12	2.31	0.5800	0.4200
4	7.5	16	2.31	0.5775	0.4225
5	9.5	20	2.25	0.5625	0.4375
6	11.5	24	2.16	0.5400	0.4600
7	13.5	28	2.04	0.5100	0.4900
8	15.5	32	1.91	0.4775	0.5225
9	17.5	36	1.76	0.4400	0.5600
10	20.0	40	1.60	0.4000	0.6000
11	25.0	47	1.29	0.1845	0.8155

P = Fracción que pasa = crecimiento/intervalo de clase

R = Fracción que queda = 1-P.

* Limite superior de clase

Cuadro 5. Algunas posibles distribuciones estadísticas iniciales de rodales de *Cordia alliodora* en plantaciones de café. Densidad total es de 250 árboles/ha.

DBH	U	N	(1)	(2)	(3)	(4)
4	22	2	0	2	250	50
8	22	4	0	2	0	50
12	22	6	0	1	0	40
16	22	33	0	1	0	30
20	22	40	0	0	0	20
24	22	80	0	0	0	10
28	22	10	0	20	0	6
32	22	32	0	30	0	0
36	22	0	0	40	0	4
40	22	4	0	50	0	0
47	20	2	250	0	0	2

U = cuasi-uniforme; N = cuasi-normal; (1) = asimétrica positiva fuerte; (2) = asimétrica positiva débil; (3) = asimétrica negativa fuerte; (4) = asimétrica negativa débil.

Cuadro 3. Volumen comercial con corteza (m³/ha/yr) de *Cordia alliodora* cosechado en fincas seleccionadas con 4 asociaciones agroforestales tradicionales en Costa Rica.

sitio	1980	1981	1982	1984	1985	1986	total	media
1	0	1.5	0	1.5	19.0	0	22.0	3.7
2	0	0	0	0	2.9	0	2.9	0.5
3	0	0	0	0	4.9	0	4.9	0.8
4	0	0	2.2	0	32.3	4.0	38.5	6.4
5	0	0	5.8	0.8	14.9	0	21.5	3.6
6	0	0	2.5	0	9.3	7.4	19.2	3.2
7	0	0	2.7	2.1	4.4	1.6	10.8	1.8
8	6.8	0	48.4	0	5.5	0	60.7	10.1
9	0	10.2	0	0	29.9	12.2	52.3	8.7
10	0	0	0	0	3.7	0	3.7	0.6
11	0	25.0	0	0	35.1	55.9	116.0	19.3

Cuadro 4. Distribución diamétrica porcentual de rodales de *Cordia alliodora* en fincas cafetaleras seleccionadas en Costa Rica (Cuadro 1). Se incluyen los datos combinados de DBH de todas las fincas y la distribución diamétrica estable.

DBH ¹	global	estable	Sitios			
			5	6	7	8
4	0	4	0	0	0	0
8	1	6	3	0	0	0
12	2	6	3	4	0	0
16	8	6	18	20	0	0
20	12	6	35	14	0	7
24	10	7	19	12	0	10
28	14	7	19	16	8	14
32	19	7	3	11	23	30
36	18	8	0	20	36	19
40	9	9	0	3	26	9
47	7	34	0	0	7	11

1 diametro superior de clase

Cuadro 5. Algunas posibles distribuciones diamétricas iniciales de rodales de *Cordia alliodora* en plantaciones de café. Densidad total es de 250 árboles/ha.

DBH	U	N	-(1)	-(2)	+(1)	+(2)
4	22	2	0	2	250	80
8	22	4	0	3	0	50
12	22	6	0	4	0	40
16	22	33	0	5	0	30
20	22	40	0	6	0	20
24	22	80	0	10	0	10
28	22	40	0	20	0	6
32	22	32	0	30	0	5
36	22	6	0	40	0	4
40	22	4	0	50	0	3
47	30	2	250	80	0	2

U = cuasi-uniforme; N = cuasi-normal; +(1) = asimétrica positiva fuerte; +(2) = asimétrica positiva débil; -(1) = asimétrica negativa fuerte; -(2) = asimétrica negativa débil.

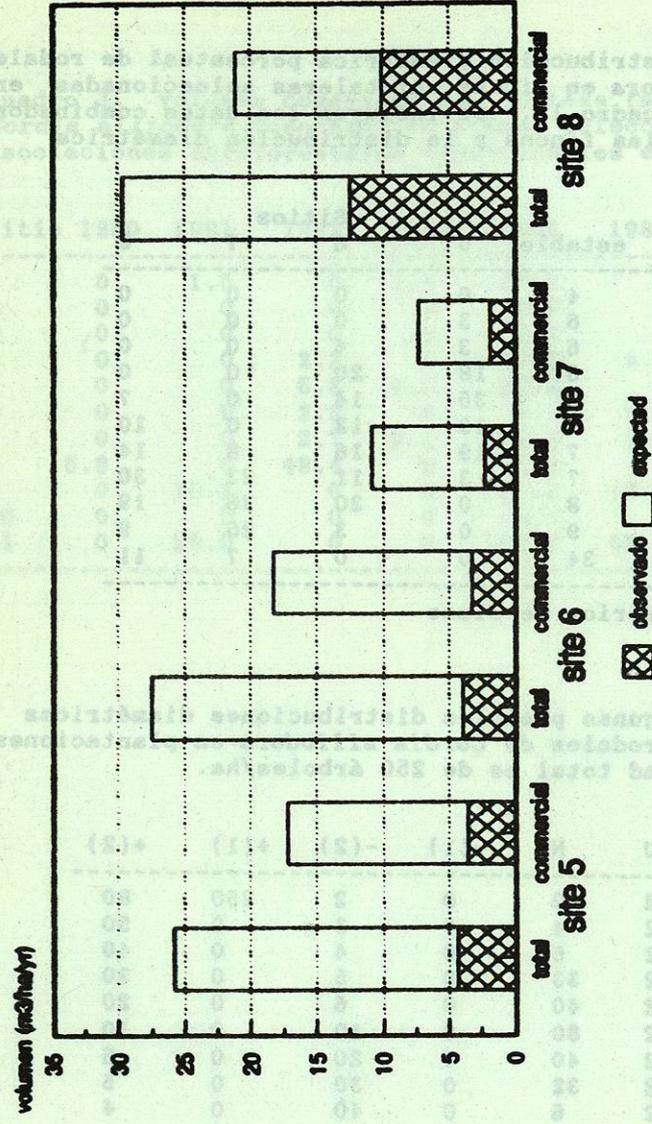


Figura 1. Volúmenes comerciales cosechados y esperados en rodales de *Cordia allodora* usados como sombra en cafetales en Costa Rica

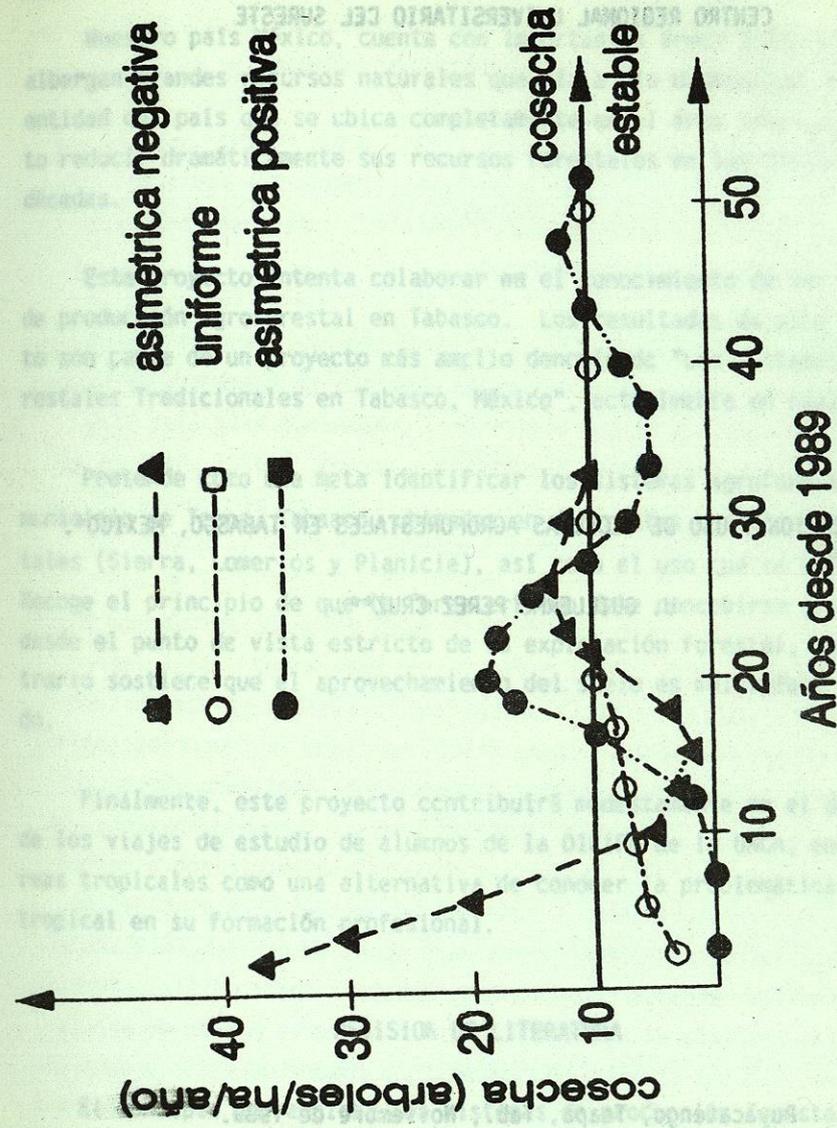


Figura 2. Producción de madera en rodales de laurel con diferentes distribuciones diamétricas, en su ruta al equilibrio