

EL CRECIMIENTO DEL NOGAL (*Cordia alliodora*) RUIZ & PAVON)
OKEN EN RELACION CON ALGUNOS FACTORES CLIMATICOS,
EDAFICOS Y FISIOGRAFICOS EN EL SUROESTE DE
ANTIOQUIA (COLOMBIA)

L. G. GIRALDO*
J.I. DEL VALLE*
M. ESCOBAR**

RESUMEN

Este estudio, realizado en zona cafetera de Antioquia, Colombia, presenta relaciones entre el índice de sitio (S) para *Cordia alliodora*, de regeneración natural cultivado en asocio con el café y algunas propiedades edáficas, climáticas y fisiográficas. La información se obtuvo de trece parcelas distribuidas en un amplio rango de índices de sitio. No se encontró ninguna correlación significativa entre el S y las propiedades físicas de los suelos, tampoco para la temperatura media y la pendiente. Las únicas propiedades químicas de los suelos que correlacionaron significativamente con el S fueron el pH ($R^2 = 0.466$) y la CIC ($R^2 = 0.525$), encontrando que la función gama explicaba mejor la asociación entre las variables. Una regresión múltiple usando como variables independientes la CIC y el pH y como modelo la función gama correlacionó significativamente con el S ($R^2 = 0.750$); según este modelo el máximo crecimiento ($S = 28$ m) se alcanza para un pH = 5.5 y CIC = 40 meq/100 gr. de suelo.

INTRODUCCION

El guácimo nogal es una especie nativa de muy promisorias cualidades silviculturales y de excelentes características madereras. Actualmente se utiliza su madera para la construcción incluyendo la naval y, también, muy especialmente para la ebanistería de lujo en madera sólida y chapas. Por tan señaladas características los campesinos han favorecido su propagación natural y el crecimiento dentro de los cafetales: tal es el germen de lo que ahora se ha dado en llamar agrosilvicultura.

* Universidad Nacional, Departamento de Recursos Forestales; Apartado Aéreo 568
Medellín, Colombia.

** Ing. Forestal, Medellín.

En este estudio se tratan de encontrar factores que limitan el crecimiento del guáximo nogal, en la zona de estudio, los suelos en los cuales alcanza mayor desarrollo y algunos factores del medio ambiente que mejor determinan su comportamiento fisiológico. Más concretamente se establecerán correlaciones simples y múltiples entre el rendimiento expresado como índice de sitio (S) actuando como variable dependiente, y varias propiedades edáficas y de los medios fisiográficos y climáticos que actuarán como variables independientes. El conocimiento así adquirido ayudará a fomentar el cultivo de esta especie en la zona cafetera con bases más firmes, toda vez que permitirá tener una mejor idea de los rendimientos esperados antes de plantar y servirá de base para seleccionar áreas potenciales de cultivo.

La presente investigación hace parte del "PROGRAMA CORDIA ALLIODORA" que se adelanta en el Departamento de Recursos Forestales, Sección de Silvicultura, de la Universidad Nacional de Medellín.

METODOLOGIA

Zona de estudio

Se llevó a cabo en la región del suroeste del Departamento de Antioquia. Su localización en las coordenadas geográficas es $5^{\circ} 30'$ y $6^{\circ} 30'$ de latitud norte y $75^{\circ} 40'$ y $76^{\circ} 00'$ de longitud oeste aproximadamente. Según el Censo Cafetero de 1970 (FEDECAFE, 1978) la región abarca una extensión de 5099 Km cuadrados.

Según el sistema de clasificación ecológica de las zonas de vida del mundo de HOLDRIDGE (1967), el área estudiada corresponde casi en su totalidad a la formación bosque muy húmedo premontano. La precipitación promedio en siete estaciones meteorológicas varía entre 2225 mm y 2807 mm por año, con un promedio de 2436 mm; la temperatura media anual es de aproximadamente 20.3°C con variaciones que dependen fundamentalmente de la altura sobre el nivel del mar. Ver cuadro No. 4. Los datos climáticos muestran claramente los siguientes aspectos: a) la temperatura es notablemente constante durante el año, b) hay dos períodos más lluviosos durante los meses abril a junio y septiembre a diciembre y dos períodos menos lluviosos o veranos durante los meses enero a marzo y julio y agosto siendo más seco el primer período, c) no se presentan meses con precipitaciones menores de aproximadamente 100 mm al año.

En general los suelos de la zona estudiada se originan de diferentes materiales parentales tales como: cenizas volcánicas, rocas ígneas, rocas metamórficas y materiales sedimentarios. Los suelos correspondientes a la parcela PP15 son los únicos típicos de cenizas volcánicas; también presentan mucha influencia de ceniza volcánica las parcelas PP4 y PP5; el material de partida de los suelos de las parcelas siguientes fue clasificado por GROSSE (1926) así: los suelos de la parcela PP6 provienen de un coluvio de roca diorito-anfibolítica, los suelos de la parcela PP13 provienen de una roca granítica, el material parental de los suelos de la parcela PP7 lo constituye una arenisca de color gris y arcillas pizarrosas grises y verdosas, la parcela PP3 está ubicada en una terraza en cuya base se encuentran abundantes piedras y pedregones de material rodado de cuarzdiorita, los suelos de la parcela PP5 presentan material parental de origen aluvial.

Selección de parcelas

Los datos se tomaron de 13 parcelas incluídas también en el estudio de curvas de índices de sitio de Cordia alliodora realizado simultáneamente con éste. Las parcelas se seleccionaron teniendo en cuenta el hecho de que representarían una amplia variación en el crecimiento de la especie dentro de la zona. Todas estas parcelas provienen de regeneración natural dentro de los cafetales. Las características más destacadas de las parcelas se suministran en el cuadro No. 1.

Determinación del índice de sitio

La potencialidad de la estación o sitio se determinó acudiendo a la ecuación calculada para esta especie y zona por ESCOBAR (1979), la cual se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Log } S = \log h + 4.9630 (1/t - 1/t_i)$$

donde:

S = índice de sitio; o sea altura en metros de los árboles dominantes a los 50 años de edad.

h = altura de los árboles dominantes en metros.

t = edad en años.

t_i = 50; edad indicadora.

La determinación de la edad se hizo por medio de anillos de crecimiento. La edad y el índice de sitio de cada una de las parcelas se encuentran en el cuadro No. 1.

CUADRO 1.
DATOS BASICOS DE LAS PARCELAS PERMANENTES Y TEMPORALES DEL NOGAL
EN EL SUROESTE DE ANTIOQUIA (1)

Parcela	Localidad	Finca	Altura	Area	Número de árboles		Edad	Índice de	Pendiente
			s.n.m. m		(m ²)	Parcela			
PP1	Andes	Bosque	1190	500	17	340	30	25.7	70
PP2	Andes	Bosque	1220	500	8	160	35	26.4	48
PP3	Andes	Villasares	1240	798	16	200	34	25.4	14
PP4	Andes	San Fco.	1220	800	16	187	40	24.7	7
PP5	Andes	La Playa	1210	572	11	192	29	24.1	2
PP6	Amagá	San Fco.	1550	600	14	233	35	21.3	19
PP7	Andes	La Bodega	1390	484	6	100	46	28.5	52
PP13	Amagá	La Yolanda	1730	400	6	150	16	18.5	20
PP15	Amagá	San José	1600	336	12	357	16	28.5	5
PP16	Betania	San Carlos	1400	580	9	155	42	24.1	70
PT2	Palermo	La Palestina	1380	1019	13	126	36	30.0	30
PT3	Palermo	La Palestina	1380	1019	11	110	34	26.8	35
PT7	Fredonia	Gualanday	1470	1018	10	98	23.5	25.1	40

(1) PP: Parcela permanente.

PT: Parcela temporal.

CUADRO 2.
PROPIEDADES QUIMICAS EN UNIDADES RELATIVAS Y ABSOLUTAS
DE LOS SUELOS DE LAS TRECE PARCELAS ESTUDIADAS

Perfil	Hori- zonte	Prof. cm.	pH 1:1	MO o/o	N Total		N Mineralizado		P		
					o/o	Kg/Ha	ppm	Kg/Ha	ppm	Kg/Ha	meq. 100 gr
PP1	1	55	5.3	1.5	0.22	13.2	8.49	50.86	3.7	22.2	0.34
	2	27	5.6	0.4	0.15	4.6			4.8	16.1	0.19
PP2	1	18	5.7	5.6	0.38	8.0	9.70	20.43	12.5	26.3	0.41
	2	28	5.8	1.8	0.14	5.0			8.7	31.2	0.23
PP3	AP	20	4.8	5.8	0.39	10.4	14.24	37.88	5.3	14.1	0.16
	A	21	4.9	4.3	0.42	11.3	3.28	9.23	6.2	17.4	0.11
	C1	22	5.1	2.3	0.23	6.4			12.6	35.2	0.06
	C2	33	5.1	1.9	0.23	9.6			13.7	57.4	0.05
PP4	AP	17	4.9	5.7	0.42	6.5	3.41	1163	7.8	13.0	0.51
	A	26	4.7	4.8	0.21	5.8	1.32	3.64	2.7	7.4	0.49
	B	26	5.0	1.8	0.19	5.3			2.3	6.5	0.36
	C	31	5.2	1.3	0.21	7.6			2.8	10.2	0.64
PP5	A	43	5.1	4.8	0.35	15.7	1.17	5.23	39.6	177.1	0.38
	C1	24	5.6	1.6	0.30	8.4			18.8	52.8	0.32
	C2	33	5.7	1.1	0.21	8.8			7.1	29.8	0.21
PP6	A	42	4.8	5.8	0.43	17.3	6.05	24.39	17.5	70.6	0.16
	C	58	5.4	0.5	0.17	9.5			13.3	74.1	0.06
PP7	AP	25	5.4	7.3	0.24	6.2	3.26	8.39	1.8	4.6	0.13
	B	33	5.4	5.6	0.64	23.2			2.5	9.1	0.45
	C	42	5.3	5.9	0.90	47.6			2.3	12.2	1.10
PP13	1	27	4.3	6.2	0.42	14.2	4.76	16.1	2.3	7.8	0.26
	2	13	4.6	2.7	0.23	4.4			2.8	5.4	0.11
	3	40	4.7	1.3	0.10	6.3			2.6	16.3	0.10
PP15	1	20	5.0	14.7	0.60	10.3	3.30	6.17	3.7	6.4	0.17
	2	12	5.1	9.5	0.56	4.2			3.5	2.6	0.10
	3	32	5.7	5.3	0.42	6.0			3.5	5.0	0.07
PP16	1	22	5.1	1.8	1.17	29.1	1.76	4.37	3.2	8.0	0.11
	2	36	5.1	1.4	0.29	11.8			3.0	12.2	0.70
	3	38	5.0	0.2	0.28	12.0			2.5	10.7	0.10
PT7	1	30	4.8	11.8	0.62	14.7	4.28	10.14	4.3	10.2	0.72
	2	28	4.8	7.2	0.34	7.5	1.87	4.14	5.1	11.3	0.84
	3	40	4.7	2.6	0.29	15.5			6.9	37.0	0.11
PT2	1	56	5.0	2.2	0.31	22.2	1.66	11.89	4.2	30.1	0.16
	2	28	5.2	1.2	0.26	9.1	0.20	0.70	16.9	59.2	0.13
	3	84	5.3	1.5	0.19	17.2			6.9	62.6	0.15
PT3	1	30	4.8	4.0	0.30	9.9	2.12	6.99	3.8	12.5	0.27
	2	37	4.9	1.6	0.26	10.6	0.98	3.99	4.8	19.5	0.13
	3	67	5.1	1.3	0.21	17.9			5.4	45.9	0.15

K	Ca		Mg		Al	Suma	bases	% Sat.	CIC
	Kg/Ha	meq. 100 gr	Kg/Ha	meq. 100 gr	Kg/Ha	meq. 100 gr	Kg/Ha	bases	meq. 100 gr
795	4.41	5288	0.90	647	1.26	5.65	6730	10.0	56.6
228	46.35	28533	11.86	4381	1.34	58.40	33142	96.5	60.5
337	28.25	11899	5.35	1352	0.37	34.01	13588	73.1	46.5
321	36.91	26457	9.25	3978	0.68	46.39	30756	86.9	53.4
166	6.77	3602	2.77	884	0.60	9.70	4652	32.10	30.2
121	6.00	3377	0.49	165	1.27	6.60	3663	21.30	31.0
65	4.32	2414	0.70	235	0.81	5.08	2714	17.70	28.7
82	2.77	2322	0.42	211	0.51	3.24	2615	13.20	24.6
331	5.52	1839	2.15	430	0.71	8.18	2600	24.10	33.9
527	5.67	3125	2.50	827	0.51	8.66	4479	25.20	34.4
394	5.51	3094	2.21	745	0.30	0.08	4233	25.70	31.4
905	6.29	4563	2.34	1018	0.21	9.27	6486	28.90	32.1
663	6.00	5366	1.24	665	0.36	7.62	6694	33.10	23.0
350	2.17	1219	0.47	158	0.28	2.96	1727	20.80	14.2
343	0.17	143	0.82	412	0.21	1.20	898	9.4	12.7
252	13.00	10483	2.70	1306	0.61	15.86	12041	59.6	26.6
130	14.1	1570	5.68	3795	0.87	19.84	5495	123.2	16.1
131	11.93	6144	5.49	1696	0.25	17.55	7971	49.70	35.8
637	12.2	886	0.27	118	0.20	1.94	1641	5.20	37.5
2270	13.10	13865	3.71	2356	0.27	17.91	18491	44.40	40.3
342	0.61	412	0.20	81	3.68	1.07	835	6.00	17.9
82	0.62	237	0.21	48	2.98	0.94	367	8.20	11.5
245	0.71	892	0.28	211	3.00	1.09	1348	8.30	13.1
114	1.13	389	0.21	43	2.36	1.51	546	3.80	40.2
29	0.45	670	0.22	20	0.87	0.77	719	1.70	45.8
39	0.51	147	0.22	38	0.30	0.80	224	1.80	45.5
107	2.72	1352	2.10	626	1.44	4.93	2085	33.50	14.7
1111	1.50	1220	1.29	630	4.20	3.49	2961	23.70	14.7
168	1.50	1288	1.90	979	2.35	3.50	2435	23.50	14.9
666	0.80	379	0.30	85	3.80	1.82	1130	4.10	44.6
725	0.72	319	0.22	58	2.87	1.78	1102	4.30	41.5
230	1.10	1179	0.35	225	2.90	1.56	1634	8.20	19.1
447	15.14	21705	3.13	2692	1.71	18.43	24844	56.40	32.7
177	16.17	23181	4.15	1743	1.60	20.45	25101	66.20	30.9
531	16.68	30264	4.79	5215	1.37	21.62	36010	64.00	33.8
348	12.34	8144	1.82	721	1.57	14.43	9213	38.70	37.3
206	11.00	8954	2.47	1206	3.60	13.6	10366	39.70	34.3
498	13.44	22872	3.83	3911	2.27	17.42	27281	49.60	35.1

Factores edáficos

La información edáfica se obtuvo con base en muestras de suelo tomadas de calicatas abiertas en cada una de las parcelas y para cada uno de los horizontes o capas identificables, asimilando las capas de transición o muy delgadas a la capa vecina más semejante.

Para los análisis físicos se siguió la metodología de FORSYTHE (1975); la tensión de humedad se determinó por el método de papel de filtro (McQUEEN y MILLER, 1968), para cada horizonte se construyeron curvas de retención de humedad. Los análisis químicos se determinaron así: pH en agua con relación 1:1, materia orgánica (Mohr Normal), nitrógeno total por el método semi-microkjeldahl, nitrógeno mineralizado por el método de BREMNER (1965) (las muestras de suelo se incubaron frescas a 30°C durante 15 días); el fósforo disponible en ppm por el método de Bray II, las bases intercambiables (K, Ca, Mg) por el método complexométrico, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método del acetato de amonio 1 N a pH 7.0. Los resultados de los análisis químicos se registran en el cuadro No. 2 y los físicos en el cuadro No. 3.

Factores climáticos

El único factor climático empleado como variable independiente para correlacionarlo con el crecimiento fue la temperatura promedio anual, estimada con una tasa de cambio de 0.62°C por cada cien metros de altura para las parcelas que están por encima de 1230 m snm y de 0.46°C por cada 100 metros para aquellas parcelas localizadas por debajo de dicha cota, siempre tomando como referencia la estación meteorológica más cercana. Estas tasas fueron calculadas por PEREZ (1976). No se empleó la precipitación por falta de suficiente información dentro del área de estudio para la construcción de isoyetas confiables.

Factores fisiográficos

Sólo se incluyó el porcentaje de pendiente como factor fisiográfico. Esta información se muestra en el cuadro No. 1.

Selección de variables

Para las variables edáficas, climáticas y fisiográficas se procedió a hacerles análisis gráfico, estableciendo una "nube de puntos" entre el índice de sitio y cada una de las variables consideradas. De éstas se seleccionaron diez variables que parecieron mostrar una mejor correlación con el S y se procedió a hacerles un análisis de regresión empleando seis modelos lineales o linearizables, y como criterio de ajuste el coeficiente de determinación (R²). Estas variables se muestran en el cuadro No. 4. Los modelos son los que a continuación se enuncian:

Nombre	Modelo	Modelo linearizado
1. Lineal	$Y = B_0 + B_1X$	$Y = B_0 + B_1X$
2. Logarítmico	$Y = B_0X^{B_1}$	$\log Y = \log B_0 + B_1 \log X$
3. Geométrico	$Y = B_0B_1^X$	$\log Y = \log B_0 + X \log B_1$
4. Cuadrático	$Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$	$Y = B_0 + B_1Z_1 + B_2Z_2$
5. Gamma	$Y = B_0X^{B_1}e^{-B_2X}$	$\log Y = \log B_0 + B_1 \log X - B_2X \log e$

donde: Y = índice de sitio; X = variable empleada.

CUADRO 3
PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS DE LAS TRECE PARCELAS ESTUDIADAS

Perfil	Horizonte	Prof. cm.	Dens. Aparent. gr/cm ³	Dens. Real gr/cm ³	Porosidad total %	Poros capilar. %	Peso Suelo Ton/Ha	Agua Disponible			Distrib. de Partículas			Clase text. *	
								Vol. %	Hrte. mm.	Accum. mm.	Arena %	Limo %	Arcilla %		
PP1	1	55	1.09	2.59	57.90	10.80	5995	16.2	17.7	338.7	338.7	50.5	21.5	28.0	f-A-Ar
	2	27	1.14	2.59	55.98	4.88	3078	11.2	12.8	240.5	579.2	44.8	26.2	29.0	f-A
PP2	1	18	1.17	2.44	59.04	2.54	2106	18.7	21.9	96.2	96.2	40.7	34.2	25.1	f
	2	28	1.22	2.52	49.20	16.60	3584	8.0	10.2	351.4	447.6	45.0	28.8	26.2	f
PP3	AP	20	1.33	2.54	49.63	10.53	2660	4.2	5.6	475.0	475.0	43.2	24.8	32.0	f-A
	A	21	1.34	2.51	46.61	9.51	2914	4.2	5.6	502.5	977.5	44.2	18.6	37.2	f
	C1	22	1.27	2.58	50.77	21.57	2794	8.5	10.8	256.7	1236.2	73.0	17.8	9.2	f-Ar
PP4	C2	33	1.27	2.58	50.77	21.57	4191	8.5	10.8	388.1	1624.3	74.4	19.2	6.4	f-Ar
	AP	17	0.98	2.52	61.11	22.41	1666	7.6	7.4	225.1	225.1	29.0	26.0	45.0	A
PP5	A	26	1.06	2.46	56.91	18.21	2756	7.6	8.1	340.2	565.3	21.2	12.4	66.4	A
	B	36	1.08	2.61	58.62	9.12	2808	11.8	12.7	221.1	786.4	33.0	22.8	44.2	A
	C	31	1.17	2.52	57.34	36.27	7.0	7.0	518.4	1304.8	21.5	13.9	64.6	A	
PP6	A	43	1.04	2.57	59.53	37.33	4472	8.2	8.5	526.1	526.1	68.2	15.9	15.9	f-Ar
	C1	24	1.17	2.53	55.51	34.81	2808	11.5	13.5	208.0	734.1	85.2	11.0	3.8	f-Ar
	C2	33	1.27	2.52	51.52	30.82	4191	11.5	14.5	287.1	1021.2	52.1	22.9	25.0	f-A-Ar
PP7	A	42	0.96	2.66	63.90	36.10	4032	11.0	10.6	380.4	380.4	57.0	30.8	12.2	f-Ar
	C	58	0.96	2.80	65.71	52.11	5568	6.7	6.4	870.0	1250.4	64.4	26.6	9.0	f-Ar
PP8	AP	25	1.03	2.63	60.83	21.73	2575	11.0	11.3	227.9	227.9	30.0	35.2	34.8	f-A
	B	33	1.10	2.54	53.93	17.73	3630	7.5	8.3	437.3	665.2	91.2	6.9	1.9	Ar
	C	42	1.26	2.51	49.80	13.60	5292	7.5	9.5	557.1	1222.3	25.2	31.6	43.2	A
PP9	1	27	1.25	2.44	48.77	19.87	3375	8.5	10.6	318.4	318.4	48.6	20.4	31.0	f-A-Ar
	2	13	1.47	2.51	41.43	9.43	1911	10.0	14.7	130.0	448.4	49.7	29.6	20.7	f
	3	40	1.55	2.55	38.43	6.280	6280	13.1	20.6	304.9	753.3	23.2	40.1	36.7	f-A
PP10	1	20	0.86	2.07	58.45	5.65	1720	41.0	35.3	48.7	48.7	74.5	13.0	12.5	f-Ar
	2	12	0.62	2.11	70.61	31.51	744	29.0	18.0	41.3	90.0	72.9	24.9	2.2	Ar-f
	3	32	0.45	1.97	77.50	38.60	1440	21.0	9.5	151.6	241.6	79.0	21.0	0.0	Ar-f
PP11	1	22	1.13	2.61	56.70	25.40	2486	11.7	13.2	188.3	188.3	53.0	32.2	14.8	f-Ar
	2	36	1.13	2.65	57.35	31.15	4068	9.5	10.7	380.2	568.5	58.0	29.5	12.5	f-Ar
	3	38	1.13	2.65	57.35	37.55	4294	9.2	10.4	412.9	981.4	69.6	18.2	12.2	f-Ar
PP12	1	30	0.79	2.38	66.80	26.40	2370	14.5	11.5	206.1	206.1	33.6	29.5	36.9	f-A
	2	28	0.79	2.02	60.89	21.59	2212	16.5	13.0	170.2	376.3	10.1	30.9	59.0	A
	3	40	1.34	2.59	48.26	53.60	5360	11.0	14.7	364.6	740.9	48.0	28.0	24.0	f-A-Ar
PP13	1	56	1.28	2.53	49.40	8.80	7168	6.0	7.7	930.9	930.9	44.1	38.8	17.1	f
	2	28	1.25	2.55	50.90	10.30	3607	6.0	7.5	466.7	1397.6	46.2	32.8	21.0	f
	3	84	1.08	2.54	57.48	18.88	9072	8.0	8.6	1054.9	2452.4	40.5	34.2	27.1	f-A
PP14	1	30	1.10	2.56	57.03	9.93	3300	8.3	9.1	382.6	382.6	27.8	35.8	36.4	f-A
	2	37	1.10	2.57	57.19	7.99	4070	8.0	8.8	462.5	825.1	34.3	30.0	35.7	f-A
	3	67	1.27	2.58	50.77	8509	8.0	10.2	834.2	1659.3	37.0	29.4	33.6	f-A	

* f: franco Ar: Arena A: Arcilla

RESULTADOS Y DISCUSION

En los cuadros 2, 3 y 4 se resume toda la información obtenida a nivel de campo y de laboratorio. Para los análisis de regresión se utilizaron sólo las unidades absolutas por ser éstas más lógicas y por permitir hacer comparaciones más reales; además parecían mostrar mejores tendencias con el S (Ver cuadro No. 4).

Según los resultados de los análisis químicos, los suelos en general de la zona de estudio oscilan en un rango de pH de fuertemente ácidos a medianamente ácidos. Los valores de CIC son muy variables siendo el promedio ponderado en los primeros 100 cms. desde 14 hasta 58 meq/100 gr. de suelo, predominando los valores medios dentro de este rango, los cuales se pueden considerar satisfactorios. El contenido de materia orgánica de los horizontes orgánicos de los trece perfiles oscila entre 1.5 y 12.8^o/o con un promedio de 4.5^o/o que es superior al de la máxima frecuencia para suelos de América Central (FASSBENDER, 1975, p. 90); este contenido de materia orgánica se puede atribuir muy probablemente a la presencia de alófana. Los contenidos de nitrógeno total varían de ricos a muy ricos y ésto está en concordancia con los altos contenidos de materia orgánica. En términos generales los contenidos de fósforo disponible son bajos, pero no extremadamente bajos como los que usualmente se encuentran en los andosoles de las zonas altas de Antioquia, y en algunas ocasiones llegan a tener cantidades adecuadas e inclusive muy altas de acuerdo con los niveles establecidos por el ICA, por ejemplo en los perfiles PP5 y PP6 que superan las 15 ppm. El ^o/o de saturación de bases varía mucho con los tipos de suelo, lo que hace que algunos caigan dentro del orden de los molisoles (aquellos que superan el 50^o/o de saturación de bases), como es el caso de los perfiles PP2, PP6 y PP7; en los demás la saturación de bases es baja a media y se encuentran dentro del orden de los inceptisoles. De acuerdo con los patrones provisionales de HARDY (1961) y con las normas del ICA para los contenidos limitantes de K, los contenidos en bases cambiables en los horizontes superficiales de los perfiles PP2 y PP7 pueden considerarse como contenidos satisfactorios, los suelos de los perfiles PP6, PT2 y PT3 tienen un contenido medio y los suelos de los demás perfiles tienen contenidos bajos de bases intercambiables en términos generales. El aluminio cambiabile no parece alto sino en los suelos de los perfiles PP13, PT7 y PT3, los cuales evidencian influencia marcada de cenizas volcánicas en sus características químicas y/o físicas.

En cuanto se refiere a las propiedades físicas de estos suelos, la mayoría tienen texturas medias: francas, franco-arcillosas y franco-arenosas; no se evidenciaron problemas de drenaje. Las estructuras predominantes son granulares y blocosas. De acuerdo con lo observado en el campo, todos los suelos son profundos y aparentemente no presentan limitaciones para el desarrollo radicular hasta por lo menos un metro de profundidad. La humedad aprovechable en todos los suelos estudiados puede considerarse como muy alta, pudiéndose asegurar que las plantas, sobre todo las especies arbóreas, no sufren por falta de suministro de agua ni aún en los veranos más rigurosos. En varios perfiles se notan valores bajos de espacio aéreo cuando el suelo se encuentra en la capacidad de campo; tal es el caso de los perfiles PP2, PP3, PP4, PP15, PT2 y PT3, cuya porosidad no capilar está por debajo del límite del 10^o/o, usualmente aceptado como mínimo satisfactorio.

En el cuadro No. 4 se muestran los resultados de las diez variables empleadas en los análisis de regresión con el S.

El cuadro No. 5 muestra el coeficiente de determinación más alto alcanzado por cada una de las variables dentro de los seis modelos ensayados.

CUADRO 4.
VARIABLES DEL SUELO UTILIZADAS PARA RELACIONARLAS CON EL INDICE DE SITIO
EN LOS ANALISIS DE REGRESION Y CORRELACION

Parcela	S m/50 años	Ca** Ton/Ha	Suma de		CIC *	Saturac. bases o/o *	pH *	N. total		P disponible ppm*	Poros.		Temperatura °C
			bases** Ton/Ha	Ton/Ha				Kg/Ha **	total o/o*		Pendte. o/o		
PP1	25.7	52.843	61.967	58.4	48.9	5.4	20.9	4.2	57	70	21.0		
PP2	26.4	89.380	72.903	52.2	84.4	5.8	22.6	9.4	54	48	20.8		
PP3	25.4	11.996	13.961	28.0	19.7	5.0	38.9	10.2	49	14	21.3		
PP4	24.7	12.621	17.798	32.8	26.3	5.0	25.2	3.5	59	7	20.8		
PP5	24.1	6.728	9.319	17.5	22.3	5.4	32.9	23.9	56	2	20.9		
PP6	21.3	12.053	17.536	20.5	96.5	5.1	26.8	15.1	65	19	19.8		
PP7	28.5	20.895	28.103	38.1	32.8	5.4	77.0	2.2	55	52	20.4		
PP13	16.5	1.987	3.224	14.2	7.7	4.6	28.1	2.5	45	20	19.1		
PP15	26.5	1.371	1.741	44.5	2.2	5.5	27.3	3.5	69	5	19.9		
PP16	24.1	3.996	7.737	14.2	25.8	5.1	54.2	2.8	57	70	20.3		
PT2	30.0	50.651	56.804	28.0	52.1	5.1	34.6	8.2	53	30	19.9		
PT3	26.8	28.363	33.016	29.6	34.4	4.9	29.3	4.7	57	35	19.9		
PT7	25.1	21.540	3.948	33.0	5.9	4.8	38.5	5.0	59	40	19.4		

* Promedio ponderado por el espesor de los horizontes hasta 1 m. de profundidad.

** Suma hasta de 1 m. de profundidad.

CUADRO 5
COEFICIENTE DE DETERMINACION PARA LAS
VARIABLES INDEPENDIENTES

Variable Independiente	Coeficiente Determinación (R ²)	Modelo
Calcio	0.412 n.s.	Gamma
Suma de bases	0.326 n.s.	Cuadrático
C I C	0.525*	Gamma
°/o Saturación bases	0.292 n.s.	Cuadrático
pH	0.466*	Gamma
Nitrógeno total	0.082 n.s.	Gamma
Fósforo disponible	0.116 n.s.	Gamma
Porosidad total	0.416 n.s.	Gamma
Pendiente	0.065 n.s.	Cuadrático
Temperatura	0.412 n.s.	Cuadrático
CIC & pH	0.750*	Gamma

n.s. = no significativo

* = significativo al nivel del 5°/o

No obstante la gran variabilidad en las propiedades químicas de los suelos estudiados, no se detectaron nutrientes que limitaran el crecimiento del guácimo nogal entre los estudiados. Sólo en el Ca^{**} existe la sospecha de que contenidos de 12 ton de Ca/ha/1 metro de profundidad, o como 6 meq/100 gr. de suelo, pueden ya representar un nivel crítico.

Ninguno de los factores de crecimiento físicos correlacionó significativamente con el S. A pesar de que la porosidad no capilar llega a ser inferior al 10°/o en algunos horizontes (ver cuadro No. 3), la razón por la cual este factor no parece influir en el S quizá se deba a que la porosidad promedio en toda la zona de enraizamiento supera en casi todas las parcelas este límite, y además a que probablemente los suelos no permanecen durante mucho tiempo en capacidad de campo, lo cual aumenta la porosidad para el intercambio gaseoso.

Tampoco se encontró correlación significativa entre el S con la temperatura y la pendiente.

La CIC y el pH, que aunque no son factores de crecimiento sí los influyen y en conjunto sirven como un índice de la fertilidad, correlacionaron ambos significativamente con el S cuando se ajustaron a la función gamma. Las ecuaciones resultantes fueron las siguientes:

$$S = 3.60107 (CIC)^{0.74911} e^{-0.01862 (CIC)}$$

$$R^2 = 0.525^*$$

$$S = 1.76 \times 10^{-7} (\text{pH})^{27.29770} e^{-5.03514 (\text{pH})}$$

$$R^2 = 0.466^*$$

Al correlacionar estas dos variables conjuntamente como productos de funciones gamma con el índice de sitio se obtuvo la siguiente ecuación:

$$S = 4.69 \times 10^{-6} [(\text{CIC})^{0.68921} e^{-0.01896 (\text{CIC})}] ((\text{pH})^{19.9205} e^{-3.66074 (\text{pH})})]$$

$$R^2 = 0.750^*$$

La figura 1 muestra la representación gráfica de la ecuación anterior. Dicha figura ilustra una familia de curvas superpuestas, cada una para valores de pH que partiendo de pH = 4.5 y con incremento de media unidad llegan hasta pH = 6.0. Este es el rango aproximado de acidez observado en la investigación. La curva superior de la familia corresponde a un pH = 5.5 y alcanza su máximo a una CIC = 40 meq/100 gr. de suelo; en este punto el índice de sitio es de 28 m. La curva correspondiente a pH = 6.0 da lugar a índices de sitio netamente inferiores a los de la anterior curva. Dado que la curva casi no muestra variación en el S entre el rango de CIC de 35 - 45 meq/100 gr. de suelo, se puede considerar que dentro de la zona de estudio un pH de 5.5 asociado a una CIC de al menos 35 meq/100 gr. de suelo son un índice de buenas condiciones edáficas para la elección de sitio para guácimo nogal. La ecuación anterior se considera de utilidad práctica por la facilidad para determinar estas dos variables en el laboratorio. Utilizándola juiciosamente sirve para la selección de zonas aptas para plantaciones de guácimo nogal dentro de condiciones climáticas y edáficas similares a las de la zona de estudio.

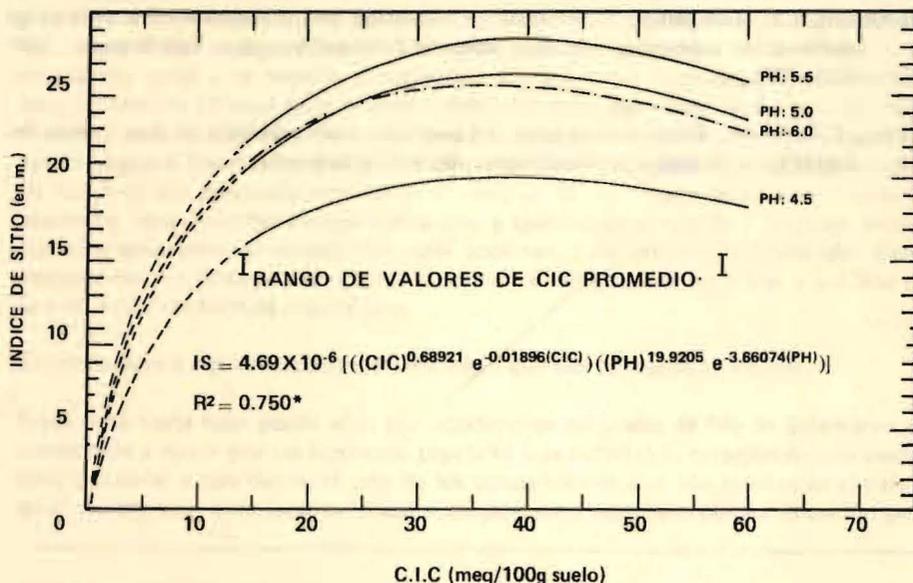


FIG. 1: Relación entre el pH, la CIC y el Índice de Sitio

REFERENCIAS

- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A. et. al. Methods of soils analysis. Part 2. Madison, American Society of Agronomy, pp. 1179 - 1232.
- Escobar, M.L. 1979. El crecimiento y el rendimiento del guácimo nogal *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Sham, asociado con el café en el suroeste de Antioquia. Tesis, Universidad Nacional, Medellín, 167 p.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica, 398 p.
- Federecafé. 1978. Atlas cafetero de Colombia. División de Investigaciones económicas.
- Forsythe, W.M. 1975. Física de suelos. Manual de Laboratorio. IICA. San José, Costa Rica, 212 p.
- Grosse, E. 1926. Estudio geológico del terciario carbonífero de Antioquia. Berlín, Dietrich Reimer, Editores. 361 p.
- Hardy, F. 1961. Manual de cacao. Turrialba, Costa Rica. IICA. 439 p. (IICA Textos y materiales de enseñanza No. 10).
- Holdridge, L.R. y Tosi, J.A. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica. Tropical Science Center. 206 p.
- McQueen, I.S., and Miller, R. F. 1968. Calibration and evaluation of a wide range method for measuring moisture stress in field soil samples. *Soil Science*. 106: 225 - 231 pp.
- Pérez, C.F. 1976. Estudio ecológico del proyecto hidroeléctrico de San Carlos. Integral Ltda. Ingenieros Consultores. Medellín, Colombia.