

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 37

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1987

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 37(1)1-136

Encalado de ultisoles en Costa Rica. I Metodología, pH, acidez extraíble y cationes (K, Ca, Mg) M. Chavarría, A. Cordero	1
Bioproduction and leaf area development (<i>Helianthus annuus</i> L.) J.J. San José, M. Cabrera	9
Efecto de la aplicación de fertilizantes en dos momentos del desarrollo del cultivo sobre la composición proteínica del grano en dos cultivares de <i>Triticum aestivum</i> L. M.C. Gianibelli; S.J. Sarandon	17
The action of methyl-methanesulfonate on Triticale hexaploid A. Rubluo	25
El envejecimiento de las pasturas implantadas: su efecto sobre la productividad primaria M. Oosterheld; R.J. León	29
Eyespot (<i>Kabatiella zea</i> Narita and Hiratsuka) disease progression curves in ten maize hybrids. C.M. Chinchilla	37
Especies gramínicas de los géneros <i>Drechslera</i> , <i>Bipolaris</i> y <i>Exserohilum</i> en Argentina M.N. Sisterna	45
The Isabela fire: Galapagos Islands R.I. Gara; P. Arnold; J. Peters; J. Montesdeoca	53
Encalado de ultisoles en Costa Rica. II Aniones (P, B, S) y elementos menores catiónicos (Fe, Cu, Zn, Mn) A. Cordero; A. Chavarría	59
Some observations on <i>Ischaemum indicum</i> (Poaceae: Panicoideae: Andropogoneae), a recent aggressive introduction to Costa Rican pasture lands J.R. Hunter	71
Nematodos asociados al arroz (<i>Oriza sativa</i> L.) en Costa Rica. III. Microscopía electrónica de rastreo de <i>Meloidogyne salasi</i> y <i>Tylenchorhynchus annulatus</i> R. López; L. Salazar	77
Evaluación y validación del sistema del policultivo de tomate y frijol como parte de un programa de manejo integrado de tomate, en Nicaragua P. Rosset; I. Díaz; R. Ambrose; P. Cano; G. Varrelá; A. Snook	85
Preservación de semilla de maíz tratada con fungicidas, almacenada con diferentes contenidos de humedad. E. Moreno Martínez; J. Ramírez González; H. Plata Barrios	93
Análisis agroclimático para determinar la fecha óptima de siembra de los cultivos anuales en los países de la zona intertropical O.E. Rojas	101
Algunos aspectos epidemícos del jaíl (<i>Alnus acuminata</i> (HBK) O. Ktze) en Costa Rica E. Gutiérrez; O. Murillo; P. Camacho	105
Estimación de la densidad poblacional de guanacos (<i>Lama guanicoe</i> Muller) mediante recuentos por transecta S.L. Saba; P. Battro	113
Reseña de libros	119
Notas y Comentarios	125



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Encalado de Ultisoles en Costa Rica. I. Metodología, pH, Acidez Extraíble y Cationes (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++})¹

A. Chavarría*
A. Cordero**

ABSTRACT

The effect of increasing $CaCO_3$ rates on soil pH, exchangeable Al and K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} availability was studied in five acid soils, classified as Ultisols, from the following locations in Costa Rica: Sarapiquí, La Rita (Pital, San Carlos), Puerto Viejo (Limon), Los Angeles (Pital, San Carlos) and Juntas de Pacuare (Perez Zeledon). The extraction and determination of soil elements was made with the methods described by Díaz-Romeu and Hunter. The $CaCO_3$ rates were 0, 1, 2, 3, and 4 times the exchangeable acidity, extracted with 1N KCl. The availability of K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} was not affected by increasing lime rates. The application of high rates of $CaCO_3$ caused an increase in pH, up to two units in some cases. Relatively low $CaCO_3$ rates caused a drastic decrease in exchangeable Al concentration and in Al saturation. The optimum neutralization level did not differ significantly among soils, and it was two times the neutralization of the exchangeable acidity. It is concluded that soils with similar characteristics should be studied individually to find an adequate liming level, since the diversity of environmental conditions will define different management practices for each soil.

COMPENDIO

Se estudió el efecto de la aplicación de dosis crecientes de $CaCO_3$ sobre la reacción del suelo (pH), aluminio intercambiable y comportamiento y disponibilidad de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} en cinco suelos ácidos de Costa Rica, clasificados como Ultisoles, provenientes de las siguientes localidades: Sarapiquí, La Rita (Pital de San Carlos), Puerto Viejo (Limón), Los Angeles (Pital de San Carlos) y Juntas de Pacuare (Pérez Zeledón). Se siguieron los procedimientos descritos por Díaz-Romeu y Hunter para extracción y determinación de elementos en el suelo. Las dosis crecientes de $CaCO_3$ utilizadas fueron 0, 1, 2, 3 y 4 veces la acidez intercambiable extraída con KCl 1N. La disponibilidad de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} no fue notoriamente afectada por los incrementos en las dosis de cal. La aplicación de $CaCO_3$ provocó un aumento en el pH hasta de dos unidades, en algunos casos, bajo las dosis máximas de cal, y una drástica disminución en la concentración de aluminio intercambiable y porcentaje de saturación de aluminio con cantidades relativamente pequeñas de cal. El nivel óptimo de neutralización no difirió significativamente para los suelos evaluados, siendo éste de dos veces la neutralización de la acidez intercambiable. Se deberán estudiar suelos con características similares para encontrar el nivel de encalado adecuado, pues, dadas las diversas condiciones ambientales en que cada uno se encuentra, las condiciones de manejo de los mismos van a diferir.

INTRODUCCION

En general, los suelos de las regiones tropicales húmedas son ácidos y los resultados obtenidos para mejorar su productividad casi siempre resultan contradictorios (11)

¹ Recibido para publicación el 24 de julio de 1986

Este trabajo es parte de la tesis presentada por la primera autora a la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciada en Ingeniería Agronómica; para su publicación, recibió apoyo financiero de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, a través del proyecto VI-733-83-146

Los autores le agradecen al Ing. Pedro Guzmán su colaboración en el trabajo de investigación y a la Unidad de Suelos del MAG, las facilidades brindadas para efectuar los análisis químicos.

* Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. Dirección permanente: Apartado 3212-1000 San José, Costa Rica

** Convenio MAG-UCR, Dirección de Investigaciones Agrícolas MAG y Centro de Investigaciones Agronómicas UCR.

Estos suelos son altamente meteorizados y lavados por lo que la acidificación progresiva que ocurre se debe al reemplazo paulatino de las bases cambiables K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} por hidrógeno y aluminio. Este reemplazo resulta de la pérdida de cationes por percolación profunda de agua, extracción de cationes básicos por las plantas y por el uso de fertilizantes de carácter ácido (1, 2, 6).

Dos factores fundamentales limitan la fertilidad en suelos ácidos: el nivel deficiente de nutrientes y la presencia de sustancias tóxicas, principalmente, Al y Mn (10).

Las plantas tropicales de importancia agrícola no son inmunes a todos los factores que causan la baja fertilidad de los suelos ácidos; la aplicación de cal, aún en pequeñas cantidades, está reconocida como uno de los primeros requerimientos para el uso efectivo de los suelos de muchas áreas del trópico húmedo (6, 10, 11, 13, 14).

Se han propuesto diversos métodos para medir las necesidades de encalado del suelo. Puesto que

en suelos ácidos, el ión aluminio es el catión más abundante y el más responsable por la acidez del suelo, muchos investigadores han sugerido que la cal debe ser añadida a suelos ácidos en cantidades equivalentes para neutralizar el aluminio intercambiable determinado en KCl 1N (1, 9, 10, 13).

El mecanismo de encalado en suelos ácidos consiste en la neutralización de iones hidronio de la solución del suelo, lo mismo que los iones aluminio e hidronio adsorbidos en el complejo coloidal, con un aumento de iones calcio intercambiables (8).

El objetivo de este trabajo es tener un conocimiento más amplio sobre el comportamiento y disponibilidad de los diferentes elementos nutritivos, en suelos ácidos provenientes de cinco regiones que son de mucho interés agropecuario de Costa Rica. Además, se pretende encontrar un nivel adecuado de neutralización del aluminio intercambiable en estos suelos y el efecto que ejercen dosis crecientes de CaCO_3 sobre los nutrimentos y otras propiedades químicas del suelo.

En la primera parte de este estudio se presenta la metodología empleada, el comportamiento del pH, acidez extraíble y las bases K, Ca y Mg. La segunda parte comprende el comportamiento de los nutrimentos aniónicos (P, B, S) y los elementos menores catiónicos (Fe, Cu, Zn, Mn).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cinco suelos provenientes de las siguientes regiones agropecuarias de Costa Rica (lugar y provincia) (Fig. 1):

1. Sarapiquí, Heredia
2. La Rita, Pital de San Carlos, Alajuela
3. Puerto Viejo, Talamanca, Limón
4. Los Angeles, Pital de San Carlos, Alajuela
5. Juntas de Pacuare, Pérez Zeledón, San José

Estos suelos clasifican como Ultisoles, encontrándose en zonas de alta precipitación pluvial y de altas temperaturas. Se seleccionaron por presentar la mayor acidez intercambiable y el menor porcentaje de saturación de bases

Las muestras se tomaron a una profundidad de 0-30 cm, se secaron al aire, se trituraron y fueron tamizados con una malla de 2 mm. Las propiedades físicas y químicas de los suelos usados se presentan en el Cuadro 1.



Fig. 1. Ubicación de las zonas muestreadas para el estudio del efecto del encalado sobre las propiedades químicas del suelo.

Análisis químico de suelos

Los porcentajes de arena, limo y arcilla fueron determinados por el método de Bouyoucos (3).

La materia orgánica se determinó por el método de combustión húmeda de Walkley y Black, modificado por Saiz del Río y Bornemisza (12).

El pH se determinó potenciométricamente en KCl 1N, utilizando una relación suelo-solución de 1:2.5.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva se expresó como la suma de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} más el aluminio intercambiable.

Los cationes se analizaron según la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (5). El aluminio, calcio y magnesio se extrajeron en solución de KCl 1N. Para determinar la acidez, se tituló con NaOH 0.01 N en presencia de fenolftaleína. Las concentraciones de calcio y magnesio se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica. El K, Fe, Cu, Zn y Mn se extrajeron con solución Olsen modificada (NaHCO_3 0.5 N, EDTA 0.01 M) y las concentraciones de estos elementos se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica. El P fue extraído con solución Olsen modificada y se determinó siguiendo el procedimiento del azul de molibdeno, usando soluciones diluidas de cloruro estañoso y molibdato de amonio.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de cinco suelos ácidos de Costa Rica.

Características	Localidades				
	Sarapiquí	La Rita	Puerto Viejo	Los Angeles	Juntas de Pacuare
Textura:					
arena (%)	18	14	42	25	34
limo (%)	19	11	11	60	50
arcilla (%)	63	75	47	15	16
M.O. (%)	5.4	5.4	4.3	4.6	3.1
CICE ¹	4.6	5.1	14.6	6.1	6.7
Sat. Al (%)	46.5	63.7	48.0	54.0	37.0
pH KCl 1N	4.6	4.3	4.5	4.5	4.6
P (mg kg ⁻¹) ^d	5	2	7	2	2
K (cmol kg ⁻¹) ^d	0.27	0.15	0.31	0.21	0.23
Ca (cmol (+) kg ⁻¹) ^b	1.5	1.0	5.5	2.0	3.0
Mg (cmol (+) kg ⁻¹) ^b	0.7	0.7	2.3	0.6	1.0
Al (cmol (+) kg ⁻¹) ^b	2.15	3.25	7.0	3.3	2.5
Fe (mg kg ⁻¹) ^d	240	130	500	106	94
Cu (mg kg ⁻¹) ^d	16	15	9	18	6
Zn (mg kg ⁻¹) ^a	2.2	3.4	5.2	3.6	2.2
Mn (mg kg ⁻¹) ^d	15	66	60	74	64

1 Suma de cationes (K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) + aluminio intercambiable (Al⁺)

a Extraídos con solución Olsen modificada

b Extraídos con solución KCl 1N

Cuadro 2. Tratamientos con CaCO₃ (ton ha⁻¹) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable.

Tratamiento	Localidades				
	Sarapiquí	La Rita	Puerto Viejo	Los Angeles	Juntas de Pacuare
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.3	3.5	7.6	3.4	2.7
2	4.6	7.0	15.2	6.8	5.4
3	6.9	10.5	22.8	10.2	8.1
4	9.2	14.0	30.4	13.6	10.8

El B y el S se extrajeron con una solución de CaH₄(PO₄)₂ 0.02 N. El B se determinó por colorimetría usando curcumina. Para el S se usó el procedimiento turbidimétrico a base de BaCl₂ con floculante PVP (polyvinil pyrrolidone)

Los suelos fueron incubados por un período de ocho semanas en el invernadero, manteniéndose a capacidad de campo, con dosis crecientes de carbonato de calcio (tipo comercial, 92.54% en CaCO₃), calculadas con base en los miliequivalentes de Al extraídos con KCl 1N (9). En el Cuadro 2, se presentan los tratamientos de cal empleados para neutralizar 0, 1, 2, 3 y 4 veces la acidez presente

Curvas de sorción de elementos

Luego de incubados los suelos, se hizo un nuevo análisis químico de las muestras y se estableció un estudio de sorción para los elementos P, K, Cu, Zn, Mn, B y S, el cual se llevó a cabo agregando al suelo concentraciones crecientes de cada elemento; las muestras se incubaron por ocho días y se dejaron secar al aire. Una vez secas las muestras, se procedió a extraer y determinar las concentraciones no retenidas de cada nutriente, utilizando los procedimientos anteriormente descritos.

Con los resultados obtenidos mediante las curvas de fijación, se prepararon las soluciones nutritivas

utilizadas en cada tratamiento (Cuadro 3). Se utilizó el principio del nivel crítico para establecer los nutrientes que debían aplicarse prioritariamente, según los criterios que se presentan en el Cuadro 4.

Los resultados de las variaciones químicas, en función de las dosis de cal, se presentan:

- Con base en diferencias entre el valor después del encalado y el valor original; por ejemplo: pH, acidez intercambiable
- Con base en valores absolutos; por ejemplo: concentración de cationes.

Se utilizó un diseño de experimento irrestricto al azar con tres repeticiones. Se aplicó la prueba de

Tukey para analizar diferencias entre suelos y regresiones por polinomios ortogonales para evaluar el efecto de las dosis de cal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Reacción del suelo (pH)

Se obtuvo un incremento significativo en el valor pH al aumentarse la cantidad de CaCO_3 aplicada, observándose variaciones en un ámbito de 1 a 2 unidades en los suelos estudiados (Fig. 2), debido probablemente al incremento en el porcentaje de saturación de bases ya que el contenido de Ca y Mg aumentó de acuerdo a la cantidad de cal aplicada. Este incremento fue menor en el suelo de Sarapiquí. Cabe señalar que, para el tratamiento OX, se observó una disminución

Cuadro 3. Cantidad de elemento agregado a cada tratamiento, en cinco suelos ácidos de Costa Rica.

Localidades**	Tratamiento	Elemento agregado por tratamiento (mg kg ⁻¹)											
		N	P*	K*	Ca	Mg	Fe	Cu*	Zn*	Mn*	S*	B*	Mo
1	0	75	340	—		122			—				2
	1	75	340			122		0.5	—				2
	2	75	380			122		1.5	—				2
	3	75	450			183		8.0	29				2
	4	75	430			305		7.5	20				2
2	0	75	440	—		122		3.0	—				2
	1	75	430	50		122		3.5	—				2
	2	75	480	35		244		2.0	—				2
	3	75	490	75		305		5.0	—				2
	4	75	500	75		427		9.0	—				2
3	0	75	220	—		—		—	—				2
	1	75	240	—		122		—	—				2
	2	75	250	—		122		6.0	—				2
	3	75	340	—		305		11.5	5				2
	4	75	300	—		305		16.0	43				2
4	0	75	350	—		122		—	—				2
	1	75	375	—		122		1.0	—				2
	2	75	410	—		183		2.5	—				2
	3	75	590	—		305		—	—				2
	4	75	550	—		366		—	—				2
5	0	75	520	—		61		—	—				2
	1	75	435	—		61		4.5	—				2
	2	75	410	—		122		6.5	—				2
	3	75	430	—		244		11.0	—				2
	4	75	480	—		244		13.0	—				2

* Valores obtenidos mediante curvas de sorción en cada tratamiento.

** Localidades:

1 = Sarapiquí

2 = La Rita

3 = Puerto Viejo

4 = Los Angeles

5 = Junta de Pacuare

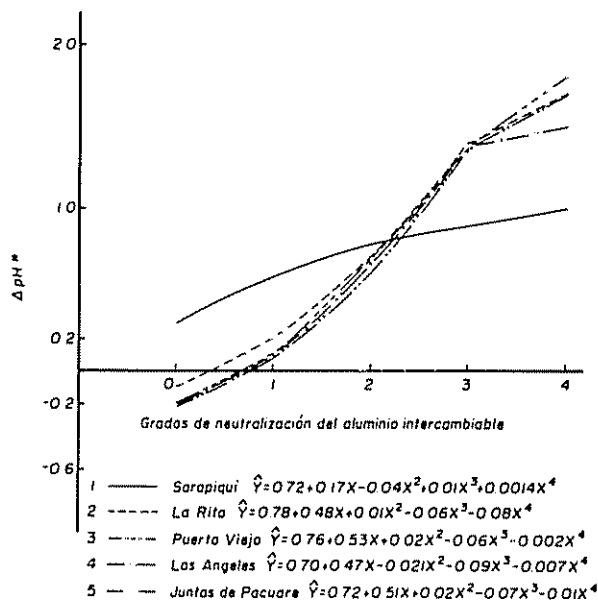


Fig. 2. Variación del pH por efecto de dosis crecientes de CaCO₃ aplicadas en cinco suelos ácidos de Costa Rica.
 * Δ pH = (pH después de incubación/tratamiento) – pH inicial.

en el valor pH luego del período de incubación (Cuadro 5).

La variación en el pH fue de 0.3 a 0.7 unidades entre niveles de encalado ya que, en general, los suelos de las regiones húmedas tropicales, según lo expuesto por Pearson (11), son resistentes al cambio de pH inducido por el encalado, debido en parte a la alta carga dependiente del pH que presentan.

Acidez intercambiable

Se obtuvo una disminución en la acidez intercambiable al incrementarse las dosis de CaCO₃ (Fig 3), llegando a valores entre 0.32 y 0.18 cmol (+) kg⁻¹ en el tratamiento 2X, no encontrándose diferencias

Cuadro 4. Niveles críticos de suelo empleados, modificados de Díaz-Romeu y Hunter (5).

Elemento	(Unidades)	Nivel crítico
Fósforo	mg kg ⁻¹	16
Potasio	cmol kg ⁻¹	0.2
Calcio	cmol (+) kg ⁻¹	2.2
Magnesio	cmol (+) kg ⁻¹	0.8
Cobre	mg kg ⁻¹	2
Zinc	mg kg ⁻¹	4
Manganeso	mg kg ⁻¹	5
Azulfre	mg kg ⁻¹	20
Boro	mg kg ⁻¹	2

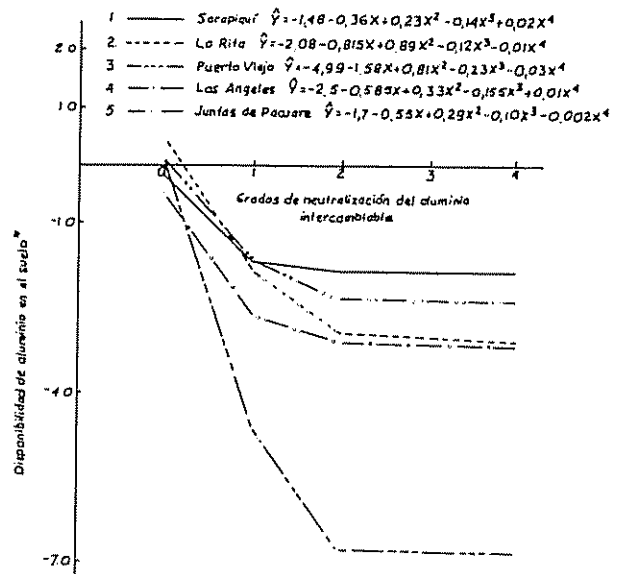


Fig. 3. Variación en el contenido de aluminio en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO₃ aplicadas.
 * [Al³⁺] determinada luego período incubación – [Al³⁺] inicial.

significativas con respecto a los niveles 3X y 4X; el suelo 3 presentó el máximo descenso de este valor (Cuadro 5).

Esta marcada disminución en la acidez extraíble está relacionada, en forma directa, con el aumento en pH lo que concuerda con lo citado por varios autores (4, 6, 7, 8, 10, 13).

Los cambios encontrados en el contenido de aluminio ocurren con dosis relativamente pequeñas ya que, al neutralizarse dos veces la acidez intercambiable, la cantidad de aluminio bajó considerablemente en los cinco suelos, encontrándose una neutralización del 94% del total del aluminio de intercambio.

Directamente relacionado con el descenso en la acidez intercambiable, se encontró que el porcentaje de saturación de aluminio disminuyó drásticamente al incrementarse la cantidad de CaCO₃ aplicada, llegando a valores entre 5.90 y 1.84% en el nivel 2X de encalado. No se encontraron diferencias significativas con respecto a los niveles 3X y 4X de encalado (Cuadro 5).

Potasio

Con respecto al comportamiento del potasio, luego de la aplicación de CaCO₃ (Cuadro 5), se obtuvo un aumento en el contenido de elemento con respecto al valor inicial (Cuadro 1) en el suelo 1, en tanto que los suelos 3, 4 y 5 mostraron una disminución en el

Cuadro 5. Variación de las características químicas de cinco suelos ácidos, por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas.

Localidad	Tratamiento	pH	K	Ca	Mg	Al	Sat. Al
		KCl 1N		cmol (+) kg^{-1}			(%)
Sarapiquí	0	4.9	0.41	1.5	0.7	2.00	43.38
	1	5.2	0.37	2.0	0.4	0.45	13.97
	2	5.4	0.28	4.0	0.5	0.30	5.91
	3	5.5	0.35	4.5	0.4	0.30	5.41
	4	5.6	0.34	8.0	0.5	0.30	3.28
La Rita	0	4.2	0.31	1.0	0.3	3.70	69.68
	1	4.5	0.26	4.0	0.4	1.40	23.10
	2	5.0	0.13	6.5	0.4	0.32	4.35
	3	5.7	0.12	10.0	0.4	0.25	2.32
	4	6.0	0.09	11.5	0.3	0.20	1.65
Puerto Viejo	0	4.3	0.26	5.0	2.3	7.00	48.08
	1	4.6	0.26	8.0	2.0	2.45	19.28
	2	5.2	0.26	8.5	1.5	0.22	2.10
	3	5.9	0.26	16.0	2.1	0.20	1.08
	4	6.3	0.27	12.5	1.2	0.20	1.41
Los Angeles	0	4.3	0.19	1.5	0.5	2.80	56.11
	1	4.6	0.19	5.0	0.7	0.70	10.62
	2	5.2	0.18	7.0	0.6	0.20	2.50
	3	5.9	0.18	11.5	0.8	0.15	1.19
	4	6.0	0.16	11.5	0.5	0.15	1.22
Juntas de Pacuare	0	4.4	0.21	3.0	0.9	2.60	38.75
	1	4.7	0.21	3.5	0.8	0.85	15.86
	2	5.2	0.22	8.2	1.2	0.18	1.84
	3	5.6	0.19	9.5	0.9	0.15	1.40
	4	5.9	0.19	11.0	1.0	0.15	1.22

contenido de este elemento; el suelo 2 presentó un descenso a partir del nivel 2X. En los suelos 1 y 2 se obtuvo la máxima concentración de K^+ , 0.41 y 0.31 cmol kg^{-1} en el tratamiento 0X; no se apreciaron variaciones significativas por efecto de los niveles de encalado en el contenido de este elemento en los suelos 3, 4 y 5 (Fig. 4).

La Fig 4. presenta el efecto de las dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas sobre la disponibilidad del K^+ en los cinco suelos, mostrando las diferencias entre el contenido del elemento, luego del encalado, y el valor inicial. Con excepción del suelo La Rita, donde fue necesario agregar cerca de 50 cmol kg^{-1} del elemento para obtener 0.2 cmol kg^{-1} en los niveles 1X, 2X, 3X y 4X, en el resto de los suelos los diferentes valores de encalado no afectaron la disponibilidad del elemento puesto que en todos los tratamientos se superó el nivel crítico de 0.2 cmol kg^{-1} (Fig. 4).

No se encontraron variaciones significativas en la disponibilidad del elemento puesto que el mecanismo

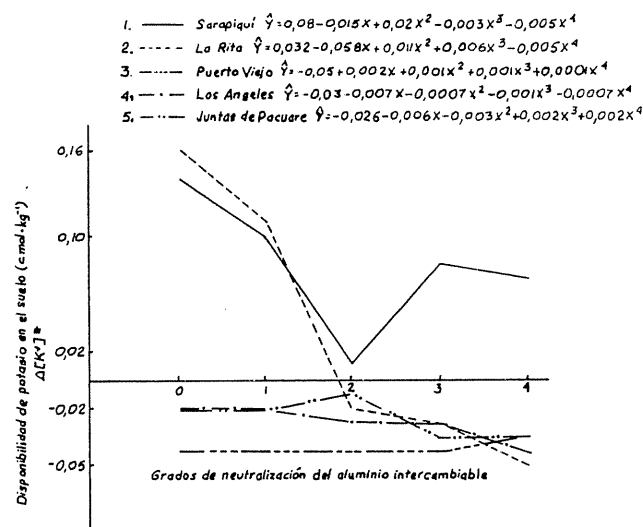


Fig. 4. Variación en el contenido de potasio por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas en cinco suelos ácidos de Costa Rica.

* $\Delta [\text{K}^+] = ([\text{K}^+] \text{ luego período incubación} - [\text{K}^+] \text{ inicial})$

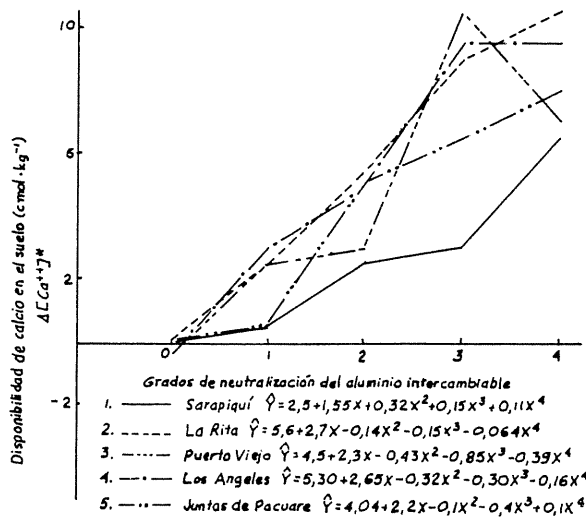


Fig. 5. Variación en el contenido de calcio en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas.
 $\Delta [\text{Ca}^{++}] = ([\text{Ca}^{++}] \text{ luego incubación} - [\text{Ca}^{++}] \text{ inicial})$

de fijación del K^+ es independiente de la acidez presente en el suelo (11, 13). El comportamiento de este elemento fue similar en los cinco suelos debido probablemente a una composición mineralógica similar (13).

Calcio

Se obtuvo un aumento, con respecto al valor inicial del elemento (Cuadro 1), en el contenido de calcio al incrementarse el grado de neutralización del aluminio intercambiable (Fig. 5); la máxima concentración de este elemento se encontró en el tratamiento 4X siendo los valores de 8.0 , 11.5; 11.5; 11.0 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$ para los suelos 1, 2, 4 y 5, respectivamente, y en el tratamiento 3X, 16.0 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$ para el suelo 3 (Cuadro 5).

En todos los suelos se encontraron valores superiores al nivel crítico del elemento en el suelo 2.2 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$ a partir del nivel 1X de encalado, por lo que no se presentaron problemas de disponibilidad del elemento.

Magnesio

En todos los suelos se determinó un descenso en el contenido de Mg^{++} luego de la aplicación de CaCO_3 , con respecto al valor inicial (Cuadro 1) de este elemento en el suelo (Fig. 6). No se encontraron diferencias significativas en el contenido de este elemento entre los niveles de encalado. Las mayores concentraciones de Mg^{++} se observaron en el tratamiento 0X 0.7 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$ y en el nivel 2X 2.3 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$ en el suelo 5. No se apreciaron variaciones significati-

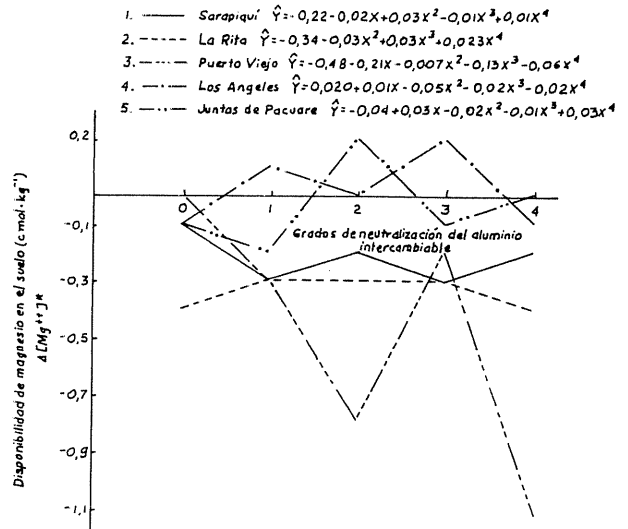


Fig. 6. Variación en el contenido de magnesio en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas.
 $\Delta [\text{Mg}^{++}] = ([\text{Mg}^{++}] \text{ luego incubación} - [\text{Mg}^{++}] \text{ inicial})$

vas en el suelo 2 por efecto de las diferentes dosis de cal aplicadas (Cuadro 5).

En los suelos 1, 2 y 4 se determinó, en todos los niveles de encalado, valores de Mg^{++} inferiores al nivel crítico del elemento en el suelo 0.8 $\text{cmol} (+) \text{kg}^{-1}$.

CONCLUSIONES

Los suelos estudiados presentaron valores entre 37 y 63% de saturación de aluminio, clasificándolos en la categoría de los Ultisoles, según lo señalado en la literatura.

El elevado porcentaje de saturación de aluminio encontrado inicialmente (49.8%, en promedio, para los cinco suelos), decreció en forma notable, hasta estabilizarse al aplicar dos veces la cantidad de aluminio intercambiable (3.3% en promedio para los cinco suelos). Aún con la primera dosis de CaCO_3 aplicada (nivel 1X de encalado) se obtuvo 16.6% de saturación de aluminio en promedio de los 5 suelos, lo que indica el alto poder neutralizante que presenta el CaCO_3 .

El aumento en la cantidad de cal aplicada no influyó en el comportamiento del potasio en lo referente a la capacidad de sorción, puesto que los mecanismos de fijación de K son independientes de la acidez presente en el suelo.

Las variaciones provocadas por efecto de la aplicación de cal, tales como aumento en el pH, neutralización efectiva del aluminio intercambiable y aumento

en el contenido de Ca^{++} principalmente, representan cambios químicos en los suelos que mejoran su fertilidad.

LITERATURA CITADA

- 1 AMEDEE, G ; PLECH, M 1976. The significance of KCl-extractable Al (III) as an index to lime requirements of soil of the humid tropics. *Soil Science* 121:227-233
- 2 BHUMBLA, D.R ; McLELLAN, E.O. 1965. Aluminium in soils. VI Changes in pH dependent acidity, cation-exchange capacity and extractable aluminium with additions of lime to acid surface soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 29:370-374
- 3 BOUYOUCOS, G.L. 1961. The hydrometer method for studying soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 25:365-369.
- 4 BRAGA, J.M ; BRAGA, L.J. ; FONTES, L.N. 1971. Efeito da aplicação de calcário sobre níveis de pH, cálcio, magnésio, fósforo e potássio do solo. *Ceres (Brasil)* 18:279-293
- 5 DIAZ-ROMLU, R ; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejidos vegetales e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p
- 6 FASSBLENDER, H.W. 1978. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. p 168-198 (Serie de libros y materiales educativos No. 24)
- 7 GOEDERT, W.J. ; COREY, R.B. ; SYERS, J.K. 1975. Lime effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande Do Sul, Brazil. *Soil Science* 120:107-111
- 8 GONZALEZ, L.G. ; GONZALEZ, M.A. 1981. Neutralización del aluminio intercambiable en diez suelos de San Carlos y Sarapiquí. *Agronomía Costarricense* 5(1/2):37-48.
- 9 KAMPRAITH, E.J. 1970. Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 34:252-254
- 10 KAMPRAITH, E.J. 1971. Potential detrimental effects from liming weathered soils to neutrality. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 31:200-203.
- 11 PEARSON, R.W. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. *Cornell International Agriculture Bulletin* No. 30. 66 p
- 12 SAIZ DEL RIO, J.F. ; BORNEMISZA, E. 1962. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, Departamento de Energía Nuclear, C.A.I.I. IICA-OEA, 2da ed. 197 p
- 13 SANCHEZ, P. 1976. Properties and management of soils in the tropics. *John Wiley Inc*, New York, p 135-155, 223-253.
- 14 SERPA, R. ; GONZALEZ, M.A. 1979. Estudio de la necesidad de cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3(2):101-108.

Bioproduction and Leaf Area Development in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) I. Quantitative Relationship in a Savanna Wet Season¹

M. Cabrera*, J.J. San José*

ABSTRACT

Growth characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) were determined for the varieties Manfredi, Local Kenia and Record, cultivated during the wet season in a savanna climate. Plant adaptations to prevailing conditions were studied, and growth indexes for the Manfredi variety were established by using conventional growth analysis and functional approach techniques. Crop growth rate (CGR) of the Manfredi variety was mainly proportional to leaf area index (LAI) development until it reached a maximum (29 g/m²/day) at the beginning of the growth season (0-48 days after planting). Thereafter, the rapid senescence of leaf biomass was offset by an increase in net assimilation rate (NAR) in such a way that the CGR remained within similar values. Thus NAR (assimilate source) might be controlled by the sink strength of the inflorescences: "a continuous inflorescence partitioning priority." Furthermore, this partitioning strategy appears to be associated with an exponential decrease of the relative growth rate according to the Gompertz function fitted to the data.

INTRODUCTION

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a plant native to the temperate regions of North America; it has also been introduced to Europe, the USSR, Argentina and Turkey, which are now main producers (29). Nevertheless, in the last two decades, sunflower has been recognized as a potential commercial crop in the American tropics (6). In African (40) and Asian countries, (5), it is already grown on a commercial scale with varying degrees of success.

In tropical countries, the potential of sunflower for food production has recently gained new prominence because of a huge shortage in the supply of groundnuts. In Venezuela, sunflower has been used

COMPENDIO

Las características de crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) fueron determinadas en las variedades Manfredi, Local de Kenia y Record, cultivadas durante la temporada de sequía de un clima de sabana. Las adaptaciones de las plantas a las condiciones prevalecientes fueron estudiadas, y los índices de crecimiento de la variedad Manfredi establecidos mediante el análisis convencional de crecimiento y las técnicas funcionales. Los resultados indican que la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la variedad Manfredi fue proporcional al desarrollo de índice de área foliar, hasta que la TAC alcanzó un máximo (29 g/m²/día) al comienzo del período de crecimiento (0-48 días después de la siembra). Luego ocurrió una rápida senescencia de la biomasa foliar, la cual fue compensada por un aumento en la tasa neta de asimilación (TNA); en tal forma que la TAC permaneció dentro de similares valores. Así, la TNA (fuente de asimilados) es aparentemente controlada por la "fuerza de sumidero" de la inflorescencia mediante una "prioridad caracterizada por una partición continua hacia la inflorescencia". Esta estrategia de partición parece estar asociada con una disminución exponencial de la tasa relativa de crecimiento, de acuerdo a la función Gompertz.

for ornamental purposes and cultivated on a small scale for birdfeed (35). Newly established and selected cultivars now seem to be well adapted to prevailing agroclimatic conditions (15, 16, 36, 37), with a potential yield of up to 4 t/ha and oil content ranging from 52 to 64 percent. This high primary production potential makes sunflower a valid alternative in the environmental conditions of the tropics. They are of particular interest in the vast areas of the Orinoco Llanos covered by *Trachypogon* savannas (28) and traditionally used for extensive cattle grazing, despite a low carrying capacity, estimated between 0.2 and 0.5 AU/ha. These ecological constraints on primary productivity (28) suggest that sunflower, a plant which is adaptable to different environments (22), is a valid option as a source of raw material for the production of vegetable oil (38). It is also promising for animal feed, due to high forage yield (7.1-9.2 t/ha of dry matter) with more than 19% protein (30, 43).

The purpose of this paper is to study growth and dry matter production of sunflower, planted in the *Trachypogon* savannas during the wet season, in order to determine plant adaptations to prevailing savanna conditions. Sunflower yield is evaluated on the basis of production of its achene and seasonal biomass, both of which are considered sources of protein and fuel.

¹ Received for publication 28 August, 1986.

We are grateful to Dr. Justiniano Velázquez for his challenging ideas and suggestions. We also wish to thank M. Sc. Marta Barrios and Miss Jane Meehan for their help in the preparation of this manuscript. The work was carried out during the term of a "Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas Grant" (CONICIT-Venezuela SIDI-DC-FORT-1-EBLL).

* Centro de Ecología Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas Apartado 1827, Caracas 1010-A, Venezuela.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was set up at the Calabozo Biological Station (8°56'N; 67°36'W), from June to September. Site altitude was 98 m, average daily temperature 27.4°C, and annual precipitation 1234 mm. Soil analyses were made on level terrain with an upper layer of fine sediment (sandy-clay-loam 1 m thick), underlain by a hardpan horizon defined as lithoplinthic by Smith *et al.* (31). The experimental site (1 ha) was fertilized with 1 t/ha of NPK 12:12:17/2 (IVP) and divided into two plots (50 x 50 m²).

On June 23rd, certified seeds of the Manfredi Sel. 10 and Local Kenia varieties (FONAIAP) were planted separately in each plot at 0.25 m intervals and spaced in rows of 0.80 m (62000 plants ha⁻¹). One week after planting, five samples (1 m long and 0.8 m between rows) of the aboveground crop biomass of the Manfredi variety were harvested at random and samples separated into stems, petioles, assimilatory and non-assimilatory leaves and inflorescens. Using the flotation method (17), the below-ground biomass of each sample was separated from soils dug up to a depth of 0.5 m, and all samples of plant biomass were oven-dried at 80°C to a constant dry weight. Leaf area was measured with a portable photoelectric planimeter (Lambda Mod. 3050A). This process was repeated approximately every two weeks.

Growth characteristics of the Manfredi variety were processed from dry weight and leaf area data (primary values) of the samples using the classical and functional growth analysis techniques described by Blackman (2), Briggs *et al.* (3), Richards (24), Kvet *et al.* (14), Ondok (20), Evans (8), Causton and Venus (4) and Hunt (12).

Doses of fertilizer were applied as locally recommended for sunflower yield (19), and the nutrient effect was re-examined during the months of September to November, to measure the effect of the extremely poor oxisols of the savannas, using a Latin square design. An NPK 12:12:17/2 (IVP) fertilizer gradient 1-4 t/ha (an increase of 0.5 t/ha; eight treatments) was obtained by treating each plot (10 x 10 m²) separately. Certified seeds of the Record variety (FONAIAP) were planted on July 30 at 0.25 m intervals and spaced in rows of 0.8 m (62000 plants/ha). A single classification analysis of variance (32) was applied to test the differences among observed results; variance homogeneity had been previously tested by Bartlett (33).

Seed oil percentages were determined with a nuclear magnetic resonance technique (11) on a random sample of approximately 10 g of seed expressed as a percentage (10% moisture basis).

RESULTS

Response of the Manfredi variety to the savanna wet season, expressed as a function of biomass dry weight (W) and leaf area development.

Changes in crop dry weight during the season

Data indicate that, in the initial 28 days after planting, W in the Manfredi cultivar accumulated slowly as determined by the differentiation and development of leaf tissue (Fig. 1). The differentiated leaves then contributed substantially to assimilation, and there followed an immediate phase of rapid growth, until total W reached a maximum plateau value of 1004 g/m² between 69 and 76 days after planting (Mann Whitney U Test, 32). Thereafter, the accumulated dry weight rapidly decreased to 75 percent of the maximum value 82 days after sowing.

The dry weight accumulation in plant organs followed a similar pattern to that of total biomass. Assimilatory leaves reached maximum dry weight (158 g/m²) 55 days after sowing, followed by a slow decrease until the end of the season. Stem dry weight was the highest in proportion throughout the growth period, and visual inflorescens (capitula) appeared 48 days after planting, and only two weeks later showed a higher proportion (26%) of total dry weight than roots and leaves. The total percentage distribution of W in the different plant organs at the end of the growth period (the time of maximum dry weight accumulation) showed that most of the W produced was diverted into the stems (45%). A similar proportion of W was accumulated in inflorescens (24%) and stems (17%) combined, whereas less than 11% was found in harvested roots and leaves.

The ratio of stem/root dry weight (S/R) increased to 15 at 48 days after sowing and held steady thereafter at values around 11. The Harvest Index (H) was 24 percent, and yield was 1.8 t/ha ± 1.1 in achenes. In the Local Kenia cultivar, the effect of lodging was apparently due to heavy rains during the season, which hampered sunflower analysis based on continuous sampling at different time intervals.

Analysis of growth characteristics of the Manfredi variety based on dry weight and leaf area

Calculated values of mean Crop Growth Rate (CGR) (Fig. 2e) increased slowly (1.7-4.2 g/m²/

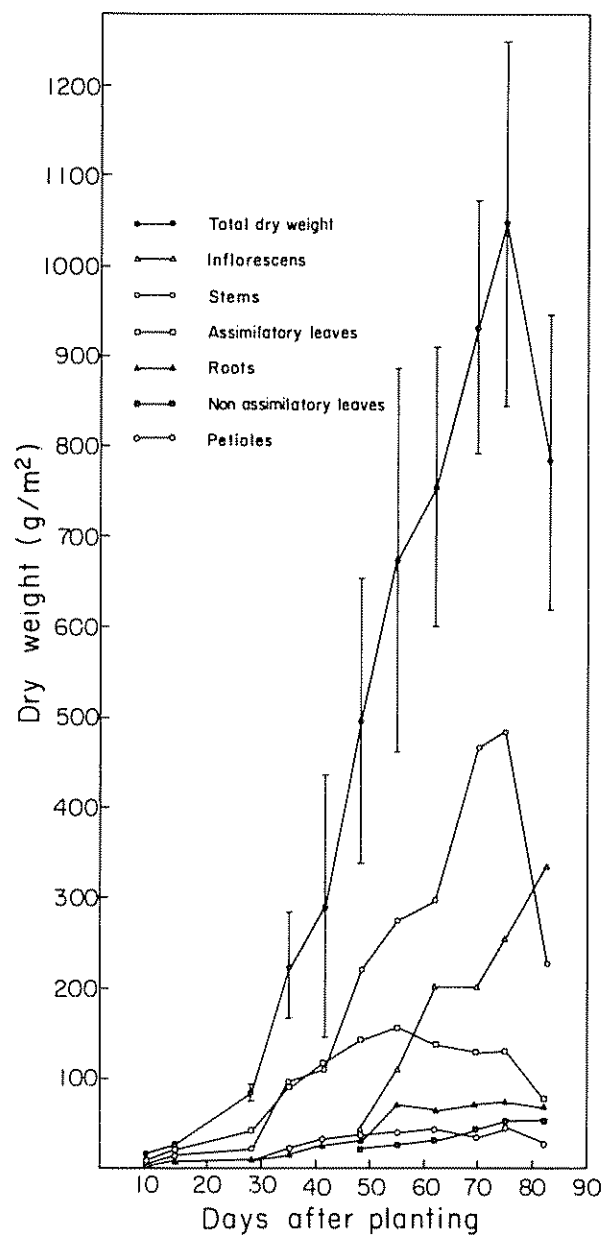


Fig. 1. Dry weight of *Helianthus annuus* L. (var. Manfredi) growing in a savanna wet season in the Orinoco llanos

day) during the first three weeks, with a subsequent period of rapid growth lasting until the end of the growth period, 76 days after sowing. Maximum CGR ($29 \text{ g/m}^2/\text{day}$) was reached 48 days after sowing; however, despite apparent differences in CGR during this period, the data for the 48th, 55th and 69th days coincided (ANOVA with regression, 32) with a linear regression, and the monotonic mean growth was $21 \text{ g/m}^2/\text{day}$ ($r^2 = 0.99$). The assumption of bi-

variate, normally distributed data was tested by Kolmogorov Smirnov (32).

Net Assimilation Rate (NAR) (Fig. 2a) as a function of crop age showed two clearly defined phases. In the first, NAR decreased up to 41 days after planting; thereafter it increased from 7 to $15 \text{ g/m}^2/\text{day}$, 48 days after sowing, when a relatively large amount of dry matter was diverted to the inflorescens. This last change in NAR suggests that, during this interval, the dry weight ratio of assimilatory leaf area to senescent leaves remained similar. NAR then decreased at the end of the growth period

The leaf area ratio (LAR) (Fig. 2b) increased with plant age until 28 days after sowing, when it reached a value of $129 \text{ cm}^2/\text{g}$. Thereafter, it decreased to $6 \text{ cm}^2/\text{g}$, recorded at the end of the growth period

The development of the leaf area index (LAI) (Fig. 2d) over the course of the season indicates that between 48 and 55 days after sowing LAI reached a plateau value (2), followed by a rapid decrease. The mean relative growth rate (RGR) (Fig. 2c) decreased from 0.14 to 0.02 g/day at the end of the season, as a function of the time lapse after planting. The trend of this index was apparently exponential.

Changes in the proportion of assimilatory tissue during crop development, after the visual onset of the inflorescens, were expressed by the allometric relationship (α) between the relative growth rate of reproductive structure biomass (mean RGR = 0.078 g/g/day) and vegetative biomass (mean RGR = 0.061 g/g/day). This measurement showed that the carbohydrate sinks are active simultaneously, beginning early in the growth period. Thus, flowering formation was strongly associated with an $\alpha 1.27$, reflecting a preferential translocation of carbohydrates from the sources to the capitula, the latter acting as stronger carbohydrate sinks than other organs.

Functional approach to sunflower growth analysis

Different growth curves were tested using the functional approach (12, 4), and the Gompertz function (24, 41) appeared to reproduce the course of sunflower growth with considerable accuracy after data was fitted by methods of statistical regression ($Y = 2.22 - 0.6X$, $r^2 = 0.94$; $S(Y/X) = 0.30$ and $F = 117.60$). This approach will be used in the second phase of the study to test the effect of experimental treatments (varieties and seasons) on sunflower growth by comparing numerical values of the

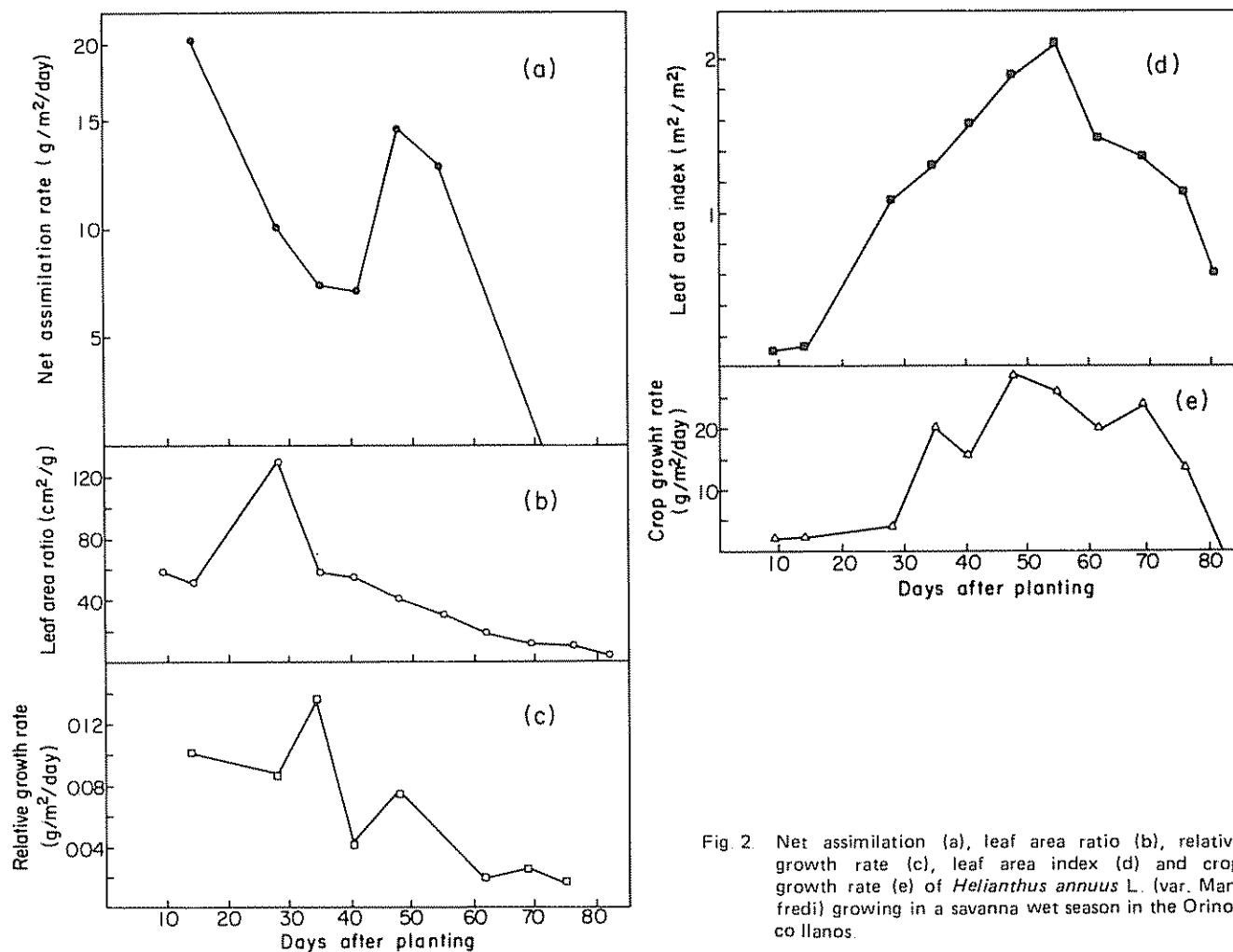


Fig. 2. Net assimilation (a), leaf area ratio (b), relative growth rate (c), leaf area index (d) and crop growth rate (e) of *Helianthus annuus* L. (var. Manfredi) growing in a savanna wet season in the Orinoco llanos.

constant rate. Parameters were calculated from the fitted Gompertz curve ($W = Ae^{be^{-kt}}$) where: A is the asymptotic value (= 976.47 g); b the position of the curve along the time axis (= 9.21); and k the rate constant, inversely determining the spread of the curve along the time axis (= 0.06 day⁻¹).

Effect of fertilizer gradient on sunflower (Var. Record) yield

The ANOVA test for the Latin square design (32) showed that the different fertilizer treatments (1-4 t/ha) did not have a significant effect on the yield of the Record variety (F treatments = 1.46; $F_{0.01} = 3.47$ and $F_{0.05} = 2.42$). The weight of achenes harvested in the fertilized plots ranged from 0.46 to 0.70 kg/m² with a mean value of 0.61 kg/m² and $Sd = 0.14$ kg/m². The homogeneity of variance was previously tested by Bartlett (33) (X^2 calc. = 14.93; $X^2_{0.01} = 16.18$).

Sunflower yield and components

Inflorescence weight increased in a linear fashion throughout the season, and when physiological maturity was reached, in the case of the Manfredi variety, 43% of the total dry matter produced was diverted into inflorescences. The harvest index was 24%.

Yield of the Manfredi variety (Table 1) was significantly higher than that of the two other varieties studied. In spite of these yield differences, no head diameter compensation was observed. Oil content was higher in the varieties Local Kenia and Record than in the Manfredi variety. This suggests that oil content may have been negatively associated with yield and head diameter. However, all varieties produced seeds of at least 40% oil content in all trials. The oil content determines price premiums for sunflower seeds (25).

Table 1. Yield and components in sunflower varieties growing during the wet season of the *Trachypogon* savannas in the Orinoco llanos.

Variety	Yield (g/m ²)	Harvest index (%)	Head diameter (mm)	Oil content achenes almonds (%)		Lodging (%)
a) Manfredi sel 10	1 88 ± 1 1	0 24	136 8 ± 9 3	31	43	21
b) Local Kenia	0 60 ± 0 2	0 19	96 4 ± 8 6	34	46	47
c) Record	0 71 ± 0 2	—	59 5 ± 7 5	37	56	45

DISCUSSION

The Manfredi variety showed a unimodal growth rate throughout the season, with crop growth rate (CGR) mainly proportional to leaf area index (LAI) development from the beginning of the growth period until a maximum was reached 48 days after planting. Thereafter, in spite of a rapid senescence of leaf biomass, CGR maintained similar values due to an increase in net assimilation rate (NAR) (15.4 g/m²/day). Briggs *et al.* (2) also reported this NAR subsidiary maxima coinciding with the appearance of flower development. This situation might be related to a control of NAR by the sink strength of the inflorescens. Thus, increase in source activity of the Manfredi variety could be due to greater inflorescence-sink activity, since there is a balance between the production rate of new leaves and the onset of leaf senescence (which maintains the LAI).

The CGR of the Manfredi variety reached a maximum (29 g/m²/day) when the leaf area index was 1.9 and NAR 15.4 g/m²/day, 48 days after planting. This maximum value was 41% lower than the potential (42 g/m²/day) indicated for sunflower under intensive agricultural production (39). However, comparisons of Manfredi growth characteristics with relatively through data from Kreh's experiments (13) indicate that, although NAR was 1.7 times greater than reported by Kreh (13), the difference in CGR was due to stronger development of LAI as a possible reflection of higher plant density (compare 62 000 plants/ha for the Manfredi crop with 80 000 plants/ha in Kreh's experiment). Therefore, in this comparison, sunflower planted in the *Trachypogon* savannas presents a high potential yield associated with an increase in LAI proportional to plant density, since seed production seems to be correlated with crop LAI at anthesis (23). However, an attempt to increase CGR by changing plant density could be a precarious solution for increasing seed production in sunflowers, since seed yield and oil concentration appear to be higher at relatively low population densities (25 000 to 50 000 plants/ha) (1).

Results of dry weight distribution for the Manfredi variety showed a three-way phase distribution pattern. In the first phase (until 41 days after sowing), dry weight was mainly diverted to the leaves, reaching 45 percent of the total. In the second phase, the visual onset of inflorescence development occurred 48 days after planting; the dry weight accumulated in the stems steadily increased to 52 percent of the total, and the assimilatory leaf biomass maintained a constant rate of accumulation. The increase in leaf dry weight after the development of the inflorescens was offset by the death of crop basal leaves. In the third and final phase of the growth period, inflorescence activity as an assimilate source increased and dry weight reached 42 percent of the total crop weight 76 days after sowing. Thus, mean RGR of inflorescens (0.066 g/g/day) was about double that of roots, stems and leaves (0.033, 0.027 and 0.026 g/g/day, respectively).

Previous results with the distribution of newly produced dry matter in the community, as expressed by the relative growth rate (RGR) of plant organs, had indicated that carbohydrate sinks in simultaneous activity were partially centered in inflorescence growth beginning early in the season; "a continuous inflorescence partitioning priority strategy". These findings seem to be a common characteristic in carbohydrate partitioning of dry matter in sunflower (3, 9, 7). Thus, the decline in growth energy of the systems, at a constantly proportional rate according to Gompertz functions (24), could be related to inflorescence development. Sunflowers have a capacity for continuous growth increase, thus exceeding the growth of the organs and acting as an effective sink competitor for a limited supply of assimilates. The energy required for plant maintenance and growth and related respiratory processes must also be involved.

Little primary data are available and it is therefore difficult to generalize about the sunflower growth trend, but it appears that the Gompertz function might be suitable to describe *Helianthus* growth. Thus, Kreh's data (13) were significantly fitted by us

and the equation for two trials (in different years, 1963 and 1964) were $W = 3\,590.77e^{-18.54^{-0.04}t}$ and $W = 2\,399.40e^{-11.94^{-0.04}t}$

The yield of sunflowers planted during the wet season was 1.88, 0.60 and 0.71 t/ha for the cultivars Manfredi, Local Kenia and Record, respectively. The highest yield in Manfredi was analogous to the mean value reported for experimental plantations in Venezuela and temperate latitudes (2.1 t/ha in Mazzani and Voinea (16) and 2.8 t/ha in Owen (21)); however, it was lower than the potential (4 t/ha) specified for this crop. This difference might be a result of the lower total radiation occurring during the wet season, when atmospheric conditions reduce in total amount of radiation as compared with the dry season (20 MJ/m²/day vs 31 MJ/m²/day). These results seem to be related to the linear relationship between NAR and radiation, previously established for *Helianthus* (22).

However, in spite of a reduction in the mean seasonal radiation, studies on energy and gas exchange within a sunflower canopy of the Manfredi variety (27) indicate that during the rainless days of the wet season the loss of sensible heat exceeded 50% of the available energy during midday, and this was associated with reduced CO₂ uptake by the upper canopy leaves. Therefore, during brief periods, water deficits in the savanna soil became severe enough to produce a reduction in source strength (CO₂ assimilation) and a fortiori in source size (leaf area index, LAI), as shown by Yegappan (42) under experimental conditions. Supplementary irrigation seems to be necessary to maintain an adequate water balance in the sunflower community and consequently a high crop yield. However, in certain sunflower cultivars, it has been observed that, upon relief of stress, leaf area increases in specific leaves (34). These crops could adapt better to the savanna conditions where rainless periods occur during plant growth.

A further factor in the differences in yield reported here could be the significant effect of lodging, which occurred in the Local Kenia cultivar due to the heavy rains typical of the savanna wet season. This effect may be partially controlled by plant population and spacing; for example, Robinson *et al.* (25) found that lodging in sunflower was a function of population density for cultivars ranging between 17 000 to 62 000 plant/ha. Uniformly spaced single plants seemed to lodge least, and at harvest they produced capitula with the lowest moisture percentage and seeds of the highest yield and oil percentage (26). Compensatory responses to these changes in plant population can occur in sunflower (18).

Reports on the performance of sunflower in savannas used for extensive cattle grazing indicate a possible improvement in savanna yield. This is associated with the greater amount of energy allocated to reproductive structures as compared with vegetative structures: an "r strategist" in temporarily unstable environments (10). This is the basis for developing appropriate cropping strategies and research for a better understanding of sunflower response to savanna conditions.

LITERATURE CITED

1. ALESSI, J.; POWER, J.F.; ZIMMERMAN, D.C. 1977. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population, and row spacing. *Agronomy Journal* 69:465-469.
2. BLACKMAN, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany (Old Series)* 33:353-360.
3. BRIGGS, G.E.; KIDD, F.; WEST, C.A. 1920. A quantitative analysis of plant growth. Part I. *Annals of Applied Biology* 7:103-123, 202-223.
4. CAUSTON, D.R.; VENUS, J.C. 1981. *The biometry of plant growth*. Edward Arnold Publishers Ltd., London, 307 p.
5. COBLLY, L.S. 1963. *An introduction to the botany of tropical crops*. Longmans, London, 106 p.
6. EL BARADY, I.R. 1973. Sunflower review article. *Tropical Abstract* 28:309.
7. ENGLISH, S.D.; McWILLIAM, J.R.; SMITH, R.C.G.; DAVIDSEN, J.L. 1979. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower. *Australique Journal of Plant Physiology* 6:149-164.
8. EVANS, G.C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, 734 p.
9. EZL, J.M. 1973. The vegetative growth of *Helianthus annuus* and *Phaseolus vulgaris* as affected by seasonal factors in Freetown, Sierra Leone. *Annals of Botany (N.S.)* 37:315-329.
10. GAINES, M.; VOGT, K.; HAMRICK, J.L.; CALDWELL, J. 1974. Reproductive strategies and growth pattern in sunflower (*Helianthus*). *The American Naturalist* 108(964):889-894.
11. GRONLUND, M.; ZIMMERMAN, D.C. 1975. Effect of drying condition on oil content of sunflower (*Helianthus annuus*) seeds as determined by wide-line nuclear magnetic resonance (NMR). *North Dakota Academic Science Proceedings* 27(Part 2): 128-132.
12. HUNT, R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold Publishers Ltd., London, 248 p.

13. KREH, R. 1966. Untersuchung über die Aufbau und die Stoffproduktion von Sonnenblumen und Maisbeständen Sowien über die im Innern herrschendem Lichtverhältnis. Dissertation Stuttgart-Hohenheim. 71 p.
14. KVET, J.; ONDOX, J.P.; JARVIS, P.G. 1971. Methods of growth analysis. In Plant photosynthetic production—manual of methods. Ed. by Z. Sestak, J. Catsky, and P.G. Jarvis, Dr. W. Junk, The Hague. p. 343-391.
15. MAZANNI, B.; ALLIEVI, J. 1970. Comportamiento de un grupo de variedades de girasol en Maracay (Venezuela). *Agronomía Tropical* XX(4):275-283.
16. MAZZANI, B.; VOINEA, S. 1977. Ensayos comparativos de cultivos de girasol en diferentes regiones de Venezuela. *Agronomía Tropical* 27(5):517-528.
17. McKELL, C.M.; WILSON, A.M.; JONES, M.B. 1961. A flotation method for easy separation of roots from soil samples. *Agronomy Journal* 53:56-57.
18. MILLER, J.F.; ROOTH, W.W. 1982. Compensatory responses of sunflower to stand reduction applied at different plant growth states. *Agronomy Journal* 74:119-121.
19. M.A.C. (Ministerio de Agricultura y Cría). 1977. Cultivo girasol. Dirección de Desarrollo Agrícola. Programa de Oleaginosas, M.A.C. Caracas. 19 p.
20. ONDOK, P.E. 1971. Indirect estimation of primary values used in growth analysis. In Plant Photosynthetic production—manual of methods. Ed. by Z. Sestak, J. Catsky and P.G. Jarvis, Dr. W. Junk, The Hague. p. 392-411.
21. OWEN, D.F. 1983. Differential response of sunflower hybrids to planting date. *Agronomy Journal* 75:259-262.
22. RAJAN, A.K.; BETTERIDGE, B.; BLACKMAN, G.E. 1973. Difference in the interacting effects of light and temperature on growth of four species in the vegetative phase. *Annals of Botany* 37:287-316.
23. RAWSON, H.M.; CONSTABLE, G.A.; HOWE, G.N. 1980. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. II. Leaf growth. *Australian Journal of Plant Physiology* 7:575-586.
24. RICHARD, F.J. 1979. The quantitative analysis of growth. In *Plant Physiology*. Ed. by F.C. Steward, Academic Press, New York, San Francisco, p. 3-76.
25. ROBINSON, R.D.; FORD, J.H.; LUESCHEN, W.W.; RAVAS, D.L.; SMITH, L.J.; WARNES, D.F.; WIERSMA, J.W. 1980. Response of sunflower to plant population. *Agronomy Journal* 72:869-871.
26. ROBINSON, R.G.; FORD, J.H.; LUESCHEN, W.W.; RABAS, D.L.; WARNES, D.F.; WIERSMA, J.V. Response of sunflower to uniformity of plant spacing. *Agronomy Journal* 74:363-365. 1982.
27. SAN JOSÉ, J.J.; CABRERA, M. 1983. Energy and gas exchange within a sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Manfredi) canopy. *Photosynthetica* 17(3):412-421.
28. SAN JOSÉ, J.J.; MONTES, R.; GARCÍA MIRACAYA, J.; ORIHUELA, B. 1985. Bioproduction of *Trachypogon* savannas in latitudinal cross section of the Orinoco Llanos, Venezuela. *Oecologia General* 6(1):25-43.
29. SAUGIER. 1976. Sunflower. In *Vegetation and the atmosphere*. Ed. by J.L. Monteith. Academic Press New York, 1976. p. 87-119.
30. SISTACHS, M.; DIAZ, A. 1974. Prueba de rendimiento de ocho variedades de girasol (*Helianthus annuus* L.). *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 8:287-292.
31. SMITH, G.D.; BRITO, P.; LUQUE, O. 1977. The lithoplastic horizon: a diagnostic horizon for soil taxonomy. *Soil Science Society of America Journal* 41:1 212-1 214.
32. SOKAL, R.; ROHLF, F. 1969. *Biometry*. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 776 p.
33. STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. 1960. *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto. 481 p.
34. TAKAMI, S.; TURNER, N.C.; RAWSON, H.M. 1981. Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in relation to water deficits. I. Patterns during plant development. *Plant Cell Environmental* 4:399-407.
35. VOINEA, S. 1976. Cuatro años de investigación en girasol (1973-1976). Informe del FONAIAP, CIARCO. 25 p.
36. VOINEA, S.; AVILA, J.; ACEVEDO, T. 1978. Estudio sobre la adaptabilidad del girasol *H. annuus* en Venezuela. Resumen de la I Jornadas Agronómicas Sección al Guanare.
37. VOINEA, S.; GONZÁLEZ, A.T. 1975. El girasol en la zona de los estados centrales de Venezuela. *Algodonera Guárico-Algodonera Arauce* Boletín 2:12.
38. WAALWIJK VAN DOORN, J.J.L. 1980. *Sunflower Newsletter (Netherlands)* 4(3):9-15.
39. WARREN-WILSON, J. 1961. High net assimilation rates of sunflower plants in an arid climate. *Annals of Botany (N.S.)* 30:745-751.
40. WEISS, C.A. 1966. Sunflower trials in western Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal* 31(1):405-408.
41. WINSOR, C.P. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 18:1-8.
42. YELGAPPAN, T.M.; PATON, D.M.; GATES, C.T.; MULLER, W.J. 1982. Water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.): 2. Effects on leaf cells and leaf area. *Annals of Botany* 49:63-68.
43. ZAMBRANA, T.; FUENTES, E.; AGUILERA, D. 1976. Evaluación de variedades de girasol (*Helianthus annuus* L.) para su utilización como forraje. *Agronomía Tropical* XXVI(I):56-59.

Notas y comentarios

Flores explosivas promueven la polinización

Las flores polinizadas por insectos generalmente emplean el gentil arte de la seducción. . . dulce néctar, suave perfume, atractivos colores, interesantes formas, nutritivo polen. Pero la orquídea tropical americana *Catasetum* está provista de una antipática sorpresa dentro de sus perfumadas flores. Estas explotan bolsas de polen sobre las abejas visitantes con tal fuerza que deja a los insectos permanentemente asustados.

Catasetum es de todas maneras algo inusual. A diferencia de la mayoría de los géneros vegetales, tiene separadas, en diferentes plantas, sus flores masculinas y femeninas. Y como Charles Darwin descubrió, la flor masculina tiene una asombrosa pistola escondida en su centro. Cuando un insecto se posa en la flor, colecta perfume del labio en el que aterriza. Pero metiéndose más adentro, frota la antena de la flor, un cuerno sensitivo al toque, que provoca el disparo de dos bolsas de polen (polinios) situadas en la parte superior.

Sólo toma una fracción de segundo la pistola para disparar. Pero la fuerza es sorprendente; los sacos de polen, que pesan menos de un décimo de gramo, son disparados a una velocidad de unos 300 centímetros por segundo. Y como Darwin descubrió en su propia persona, al ser golpeado en la cara por un *Catasetum* en explosión, el impacto es bastante doloroso. Los polinios se pegan entonces tenazmente a su blanco con una viscosa goma.

¿Y cómo se siente una abeja después de que ha sido golpeada? Gustavo Romero y Craig Nelson, del Departamento de Biología de la Universidad de Indiana, encontraron que las abejas golpeadas con polinios nunca olvidaban la experiencia. Aunque las abejas inspeccionaban regularmente las flores masculinas,

no aterrizaban en ellas otra vez. En lugar de eso, se dirigían a las flores femeninas, que aunque son de tamaño y forma diferentes, emiten el mismo perfume atractivo.

Una vez que una abeja aterriza sobre las féminas, los polinios le son quitados por una hendidura en la parte receptiva del órgano sexual femenino. La cisura entonces se hinchaba cerrándose, y así la planta era polinizada exitosamente (*Science*, vol. 232, p. 1538).

La violencia es claramente importante para la polinización de *Catasetum*. Si las abejas no estuvieran asustadas de volver a entrar en una flor masculina, ellas estarían recogiendo polinios de otras flores machos, con la consecuencia de que sería imposible el sacar uno de estos sacos por las flores femeninas. Romero y Nelson explican todo el fenómeno de la violencia como un resultado de la intensa competencia entre las plantas masculinas por conseguir "parejas". Como se producen más machos que hembras de *Catasetum*, un macho necesita desanimar a su abeja polinizadora para que no se interese por sus competidores.

La abeja distingue los machos de las hembras, a pesar de que huelen igual, por diferencias visuales. El tamaño, forma y color de las flores femeninas son bastantes distintos. En realidad, los sexos fueron una vez clasificados equivocadamente como géneros distintos. El viejo género *Catasetum* Richard es la forma masculina, *Monachanthus* Lindley es la forma femenina, y en algunas especies de *Catasetum*, la forma hermafrodita se designó como *Myanthus* Lindley.

La evolución de la violencia probablemente fue marchando mano a mano con estas diferencias sexuales. Así, en las plantas de *Catasetum* con las menores diferencias entre los sexos, los polinios tienen menor fuerza (un 10 por ciento del peso de la abeja). Pero, en especies como *C. pileatum*, las diferencias entre los sexos es la más grande y los polinios son disparados con tal fuerza (28 por ciento del peso de la abeja) que pueden hacer blanco en el polinizador cuando éste ha comenzado a volar. Adalberto Gorbitz.

Efecto de la Aplicación de Fertilizantes en Dos Momentos del Desarrollo del Cultivo, sobre la Composición Proteínica del Grano en Dos Cultivares de *Triticum aestivum* L.¹

M.C. Gianibelli*, S.J. Sarandón**

ABSTRACT

The effects of fertilization on the grain protein composition of wheat (*T. aestivum* L.) were determined in a field experiment.

Four treatments were done: (T) without fertilization; (S) 120 kg/ha of diamonic phosphate (18-46-0) at sowing; (SE) treatments (S) plus 25 kg N/ha as urea at heading time and (E) 25 kg N/ha at heading.

Total N and N content of the following fractions were determined: albumins and globulins, gliadins, glutenins I and II, and residual protein.

N application at heading increased total protein content and the gluten protein fractions, but decreased the percentage of gliadins. Total protein increase was associated with a proportional decrease of albumin and globulin percentages.

Protein composition of the grain, and the changes produced by fertilizer applications, differed between cultivars.

INTRODUCCION

El contenido de proteínas del grano de trigo puede ser incrementado significativamente (hasta 21%) mediante la aplicación al suelo de altas dosis de fertilizantes nitrogenados, en cultivares sometidos a estrés hídrico (8), o bien, por aplicaciones foliares de urea en estados tardíos de desarrollo del cultivo (13).

Existe, sin embargo, información contradictoria sobre el efecto de los fertilizantes en la distribución

COMPENDIO

Se determinó la influencia de la fertilización sobre la composición proteínica del grano de trigo, en dos cultivares con diferente germoplasma. Se establecieron los siguientes tratamientos: (T) testigo sin fertilización, (S) con aplicación de 120 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), al momento de la siembra, (SE) con aplicación de 120 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; (E) agregado de 50 kg/ha de urea en espigazón. Se determinó el contenido de N total del grano y el contenido de N de cada una de las siguientes fracciones: albúminas y globulinas, gliadinas, gluteninas I y II, y residuo proteínico. Estos valores, multiplicados por el factor 5, 7, se expresaron como porcentaje de proteínas. La aplicación de N en espigazón provocó un aumento en el contenido total de proteínas del grano y en la proporción de las proteínas formadoras del gluten, aunque con una disminución en el porcentaje de gliadinas. El aumento en el contenido total de proteínas estuvo asociado con una disminución en el porcentaje de albúminas y globulinas.

La composición proteínica del grano, así como las modificaciones producidas en ella por la aplicación de fertilizantes, difirió entre cultivares.

de las fracciones proteínicas del grano. Abrol *et al.* (2), encontraron un aumento en la proporción de gliadinas y gluteninas cuando el contenido proteínico total se incrementó por la aplicación de fertilizantes, mientras que las albúminas y globulinas sufrieron pequeños cambios. Sin embargo, Wu y MacDonald (24), no encontraron cambios en las proporciones de albúminas y globulinas como tampoco en las proteínas formadoras del gluten, en la mayoría de las muestras fertilizadas con respecto a las testigos

También se encontraron informes contradictorios en la literatura sobre el efecto de la aplicación de N al cultivo y su influencia en la distribución de las proteínas que forman el gluten. Jørgensen (15) y Zakharevskiy y Volynskov (26), hallaron incrementos en las gluteninas, sin cambio en las gliadinas; Ewald y Wenzel (10), en cambio, encontraron que los aumentos en las gliadinas no correspondían con aumentos en las gluteninas, las que permanecieron constantes.

Variaciones en las proporciones de las diferentes fracciones proteínicas, como resultado de un aumento en el contenido total de proteínas del grano, fueron también observadas por Bell y Simmonds (3),

¹ Recibido para publicación el 5 de octubre de 1985.

Trabajo realizado en la Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata - Calle 60 y 119, La Plata (1900). Argentina. Con apoyo de la CIC y CONICET.

Los autores desean agradecer al Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía de la UNLP, el haber permitido la utilización del laboratorio, y al Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura de la Provincia de Buenos Aires, el haber hecho los análisis de suelos.

* Becaria de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

** Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Dexter y Matsuo (6), Doekes y Wennekes (7) y Fullington *et al* (14).

En Argentina, la introducción de variedades con germoplasma mejicano, ha hecho posible disponer de trigos con alto potencial de rendimiento el que se manifiesta con elevados niveles de fertilidad en el suelo. No obstante, se dispone de poca información sobre los cambios que se producen en la composición proteínica del grano por la aplicación de N en distintos momentos del desarrollo de la planta.

El objetivo de este trabajo fue determinar las modificaciones que se producen en la distribución de las fracciones proteínicas del grano de trigo, como resultado de variaciones en la disponibilidad de nitrógeno, en dos cultivares con diferente germoplasma.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con dos cultivares de trigo: Buck Cencerro (B.C.), una variedad de tradicional germoplasma, con tendencia a dar alto contenido proteínico y adecuada aptitud panadera, y Buck Pucará (B.P.), con germoplasma mejicano y elevado potencial de rendimiento pero de baja calidad panadera.

El ensayo se sembró el 23-7-83 en la Estación Experimental J. Hirschhorn (L.S. 34°54'), Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata, República Argentina.

El material fue sembrado en el campo, según un diseño factorial, en bloques al azar, con 4 repeticiones. El tamaño de parcela fue de 1.20 m x 4.50 m, con una densidad de siembra de 250 plantas por m². El análisis de suelo, al momento de la siembra, dio el siguiente resultado: fósforo: 8,3 ppm (P₂O₅); nitratos: 49 ppm; materia orgánica: 4.2% y carbono: 2.4%.

Se establecieron los siguientes tratamientos: (T): testigo, sin fertilizar; (S): aplicación de 120 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) a la siembra; (SE): aplicación de 120 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; (E): aplicación de 50 kg/ha de urea en espigazón. Se consideró espigazón cuando la totalidad de la espiga emergió de la vaina de la hoja bandera, e un 50% de la parcela (valor 58 de la escala de Zadoks *et al* (25)).

Las parcelas se cosecharon individualmente y se determinó el rendimiento en grano (datos no publicados). Para el análisis en laboratorio se preparó una muestra compuesta por granos provenientes de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Con el ma-

terial así obtenido se establecieron tres repeticiones de las fracciones proteínicas analizadas.

El grano entero fue triturado en un molinillo experimental "Ciclone Sample Mill" (Udy), con malla de 0.5 mm de diámetro.

El contenido de nitrógeno fue determinado por el método de Micro-Kjeldahl (1); para calcular el porcentaje de proteínas, el valor hallado se multiplicó por el factor 5,7.

El fraccionamiento proteínico se realizó básicamente por el método de Bietz y Wall (4), suprimándose la extracción con ácido acético en presencia de mercaptoetanol; las proteínas de alto peso molecular, extraídas con esta solución, se evaluaron conjuntamente con el residuo proteínico.

El grano entero molido fue secuencialmente extraído con las siguientes soluciones: ClNa 0.04M, etanol al 70%, ácido acético 0.1N y ácido acético 0.01N en presencia de Cl₂Hg 0.2mM. Se trabajó con 1 gramo de material al que se le adicionaron 15 ml de solución extractiva; la mezcla se agitó vigorosamente con un agitador magnético por espacio de 30 minutos y luego se centrifugó a 3 000 xg durante 30 minutos; el sobrenadante fue decantado y el precipitado mezclado nuevamente con el mismo solvente. Los precipitados formados durante las primeras extracciones fueron mínimos, dado que cada solvente dispersó el total del residuo de la extracción anterior.

La extracción con ClNa fue realizada a 4°C, para facilitar la solubilización de ese grupo de proteínas.

Las fracciones proteínicas se refirieron como: albúminas y globulinas, gliadinas, gluteninas I y gluteninas II, de acuerdo con su solubilidad en ClNa 0.04M, etanol al 70%, ácido acético 0.1N y ácido acético 0.01N en presencia de Cl₂Hg, respectivamente.

El contenido proteínico de cada fracción y del residuo insoluble se determinó por el método de Micro-Kjeldahl (1) utilizando el factor 5,7.

Se calculó la relación proteínas del gluten/proteínas solubles. Se consideró proteínas del gluten a la suma de: gliadinas + gluteninas I + gluteninas II + residuo proteínico y como proteínas solubles a las albúminas y globulinas.

Los resultados se evaluaron a través de un análisis factorial enteramente al azar; las diferencias mínimas significativas se calcularon con el test de Tukey al nivel de 0.05 de probabilidades.

Con el objeto de determinar el grado de asociación entre los parámetros analizados, se diseñó una matriz de correlación donde se incluyeron todas las determinaciones. Las regresiones entre los parámetros se calcularon según las fórmulas lineal, potencial, exponencial y logarítmica, seleccionándose la ecuación más apropiada.

RESULTADOS Y DISCUSION

En aquellos parámetros en los que no se encontró interacción significativa Variedad x Tratamiento, los resultados se expresan como promedios de variedades y tratamientos. Sólo se hallan detallados los resultados obtenidos en los casos en que la interacción fue significativa (Cuadro 1).

Porcentaje total de proteínas

Los tratamientos afectaron en forma similar a ambos cultivares. La aplicación de fertilizantes en siembra (S) provocó una disminución del porcentaje de proteína total en el grano (Cuadro 1) y estos resultados concuerdan con los hallados por Fernández y Laird (12), quienes observaron una disminución del contenido proteínico del grano de trigo cuando se aplicaban dosis bajas de fertilizantes nitrogenados en el momento de la siembra.

El tratamiento (SE) produjo un incremento en el porcentaje de proteínas del grano que alcanzó en (E) los mayores valores (Cuadro 1).

B.C. acumuló un mayor porcentaje de proteínas que B.P.; esta mayor acumulación de proteínas, en variedades con germoplasma tradicional, también fue observada por Tombetta *et al* (23).

Albúminas y globulinas

El efecto de los tratamientos sobre estas fracciones difirió entre cultivares (Cuadro 1).

En B.C. se observó una marcada disminución porcentual de las albúminas y globulinas como resultado de la aplicación de urea en espigazón (E), no registrándose variaciones entre el resto de los tratamientos. En B.P., en cambio, dicha disminución sólo fue significativa con relación al tratamiento (S).

Las diferencias en la proporción de las proteínas solubles entre B.C. y B.P. halladas en este trabajo, estarían de acuerdo con los resultados encontrados por Feillet y Bourdet (11) y Orth y Bushuk (19), quienes también observaron diferencias varietales en la acumulación de estas proteínas.

El porcentaje de albúminas y globulinas, en los dos cultivares, disminuyó cuando se incrementó el contenido proteínico total del grano pero esta asociación negativa fue más estrecha en B.C. (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los hallados por Bell y Simmonds (3) quienes encontraron una disminución en la proporción de las proteínas solubles en pirofosfato (equivalentes a las albúminas y globulinas).

Cuadro 1. Efecto de la fertilización sobre el porcentaje de proteínas totales del grano y la proporción relativa de cada fracción.

Tratamiento	Prot. Total No.	Albúminas y Globulinas		Gliadinas		Gluteninas I		Gluten II	Residuo proteínico	De N recuper.	Prot. gluten/ prot. solubl.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	\bar{X}	B.C.	B.P.	B.C.	B.P.	B.C.	B.P.	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
(T)	13.80 a	20.32 a	21.18 ab	25.79 a	16.32 a	3.26 a	2.98 c	2.29 c	44.32 a	91.53 a	3.41 b
(S)	13.39 b	21.54 a	21.88 a	24.67 a	18.18 ab	3.08 a	4.80 bc	3.00 bc	45.82 a	96.55 a	3.67 ab
(SE)	14.59 c	20.25 a	21.32 ab	25.61 a	16.08 ab	2.29 a	5.14 b	3.68 ab	45.19 a	94.22 a	3.53 b
(E)	14.95 d	17.05 b	20.46 b	17.66 b	14.52 b	1.97 a	7.41 a	4.26 a	48.10 a	91.89 a	3.93 a
Cultivar											
B.C.	14.66 a	19.79 b		23.43 a		2.65 b		2.78 b	46.32 a	94.98 a	3.82 a
B.P.	13.70 b	21.21 a		15.77 b		5.08 a		3.83 a	45.39 a	92.12 b	3.30 b
Interacc											
Var x T	n s	**		**		**		n s	n s	n s	n s

Los valores con una letra en común no difieren entre sí en forma estadísticamente significativa. No (Nitrógeno x factor 5, 7). Las albúminas y Globulinas, Gliadinas, Gluteninas I y II, y Residuo Proteínico, se expresan como porcentaje del contenido total de proteínas del grano.

cuando se incrementaba el contenido proteínico total y más recientemente, con lo hallado por Dexter y Matsuo (6) en *Triticum durum* Desf., Dubetz *et al.* (9) y Fullington *et al.* (14); ello se debería a que el incremento en el porcentaje de proteínas totales, alcanzado con la aplicación de N en espigazón (E), favorecería la acumulación de las fracciones proteínicas formadoras del gluten a expensas de las albúminas y globulinas, las que disminuyeron proporcionalmente en los dos cultivares. Sin embargo, Tanaka y Bushuk (21) hallaron resultados semejantes en sólo una de las dos variedades estudiadas, lo que indicaría la existencia de una interacción entre tal acumulación con la variedad

Los valores de extracción de albúminas y globulinas, en el presente trabajo se consideraron adecuados, superiores a los indicados por Orth y Bushuk (19) y Bietz y Wall (4), y menores que los publicados por Dubetz *et al.* (9)

Gliadinas

La proporción de estas proteínas, presentes en el grano, se modificó, tanto por los tratamientos como por los cultivares (Cuadro 1).

Una mayor acumulación de estas proteínas se observó en B.C. El efecto de los tratamientos fue más evidentes en B.C. que en B.P. La aplicación de N en espigazón (E) en B.C. produjo una marcada disminución en la proporción de gliadinas, con relación a los tratamientos restantes, mientras que en B.P., sólo fue significativa con respecto al tratamiento (T) y esto se refleja en la correlación entre esta fracción y el por ciento de proteína total, hallado en los dos cultivares (Fig. 1). A pesar de que el grado de correlación fue similar para ambos, B.C. fue más sensible a disminuir su porcentaje de gliadinas ante un incremento en el por ciento de proteína total, aunque la proporción de gliadinas fue siempre superior a la de B.P. No obstante, estos resultados no concuerdan con los hallados por Abrol *et al.* (2); Dubetz *et al.* (9); Doekes y Wennekes (7), quienes encontraron un aumento en la proporción de gliadinas con el incremento en el por ciento total de proteínas. Sin embargo, Fullington *et al.* (14) encontraron que el porcentaje de gliadinas, en Atlas 66, permaneció constante en muestras con alto y bajo contenido proteínico total. Por otra parte, Tanaka y Bushuk (21) no hallaron cambios significativos en la proporción de esta fracción, con aumentos en el tenor proteínico, y Dexter y Matsuo (6), obtuvieron un aumento en el porcentaje de gliadinas en sólo uno de los dos cultivares estudiados de *Triticum durum* Desf.

Las pequeñas variaciones, en la proporción de gliadinas, producidas por los tratamientos en B.P., fueron

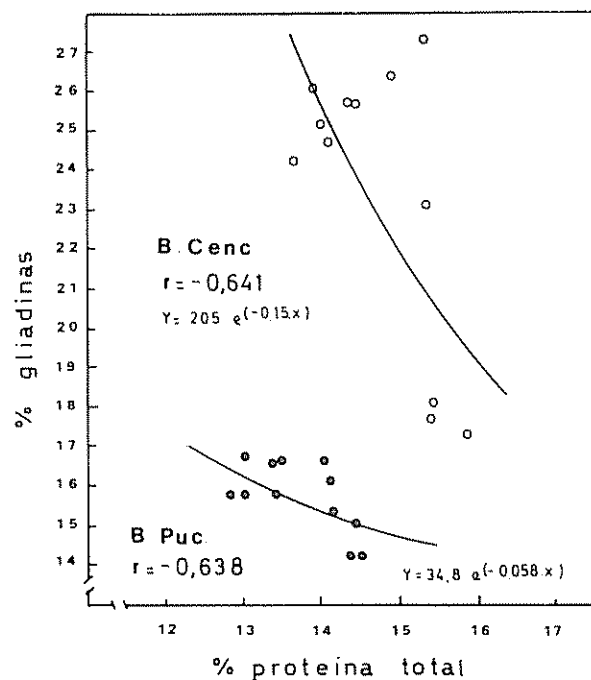


Fig 1 Relación entre el % de proteínas total y el % de gliadinas en dos cultivares de trigo: ● Buck Pucará, ○ Buck Cencerro

similares a las halladas por Tanaka y Bushuk (21).

Los valores de extracción de gliadinas fueron semejantes a los reportados por Bietz y Wall (4).

Gluteninas I

El efecto de los tratamientos sobre esta fracción difirió entre cultivares (Cuadro 1). En B.P. se observó un creciente aumento en la proporción de las gluteninas I, en los tratamientos (S), (SE) y (E) respectivamente, lo que coincidiría con lo informado por Dubetz *et al.* (9) y Butaki y Dronsek (5) y con la tendencia observada por Tanaka y Bushuk (21).

Por otro lado, en B.C. no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque se encontró una clara tendencia a disminuir el por ciento de esta fracción en los tratamientos (SE) y (E), respectivamente. Este diferente comportamiento varietal se manifestó claramente cuando se analizaron las rectas de regresión entre los por cientos de gluteninas I y el por ciento de proteína total (Fig. 2). En B.P., el aumento en el por ciento de proteína total estuvo asociado con un elevado incremento en la proporción de gluteninas I. En B.C., por el contrario, esta fracción disminuyó proporcionalmente con el aumento en el por ciento de proteína total lo que demostraría que, en este cultivar, dicho incremento se haría en

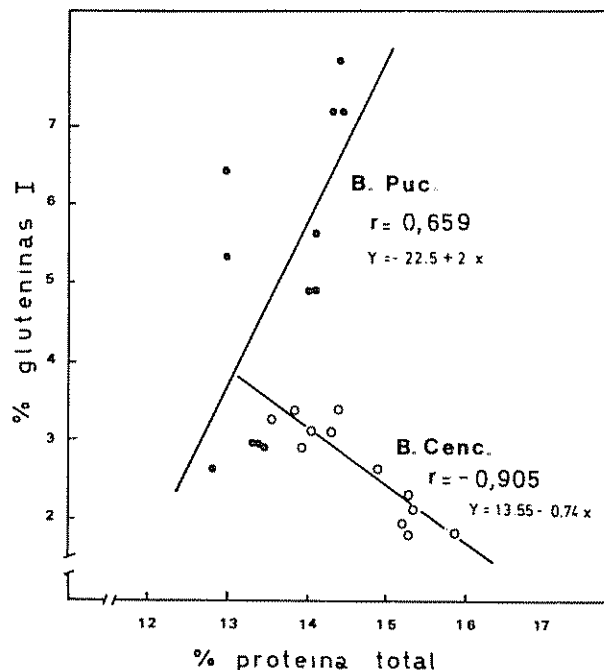


Fig 2 Relación entre el % de proteína total y el % de gluteninas I, en dos cultivares de trigo: ●) Buck Pucarà, ○) Buck Cencerro

detrimento de la fracción gluteninas I que, según Orth y Bushuk (19) y Khan y Bushuk (16), estarían asociadas negativamente con el volumen de pan, por unidad de proteína.

Doekes y Wennekes (7) encontraron una cantidad constante de gluteninas, en trigos con un amplio rango de contenidos proteínicos; sin embargo, se observó una visible disminución de esta fracción como porcentaje del total de proteínas.

Los porcentajes de proteínas extraídas fueron inferiores a los informados por Bietz y Wall (4) y Orth y Bushuk (19); esto pudo deberse a la interferencia producida por los lípidos, provenientes del embrión y las cáscaras, presentes en el grano entero molido y que interactuarían con las proteínas del endosperma, particularmente con las gluteninas, disminuyendo su solubilidad (20). Así mismo, Olcott y Mehan (18) encontraron que más de un 80% de los lípidos del grano de trigo estuvieron asociados a las gluteninas. Dubetz *et al* (9), trabajando con grano entero molido, obtuvieron valores de gluteninas I semejantes a los obtenidos en el presente trabajo.

Gluteninas II

El porcentaje de estas proteínas fue mayor en B.P. que en B.C. (Cuadro 1); también, Bietz y Wall (4) hallaron diferencias entre variedades.

Un notable incremento de esta fracción proteínica se produjo en los tratamientos (E) y (SE).

El por ciento de gluteninas II, en B.C., estuvo correlacionado negativamente con: albúminas y globulinas ($r = -0.770$); gliadinas ($r = -0.715$) y gluteninas I ($r = -0.653$). En B.P., en cambio, no se observó ninguna correlación significativa con esta fracción (Cuadro 2).

Una tendencia a incrementar el contenido de gluteninas II, con el aumento del contenido proteínico total, se halló en ambas variedades; no obstante, los coeficientes de correlación no alcanzaron el límite mínimo de significancia = $r: 0.576$ ($r: 0.536$ y $r: 0.507$ para B.C. y B.P., respectivamente).

Los por cientos de extracción fueron inferiores a los hallados por Bietz y Wall (4). Probablemente, la interferencia de los lípidos también pudo haber disminuido la solubilidad de las gluteninas II, como ocurriera con las gluteninas I.

Residuo proteínico

Esta fracción está constituida por proteínas altamente insolubles, consideradas gluteninas de alto peso molecular (Tanaka y Bushuk, 22).

Orth y Bushuk (19) demostraron la importancia de este grupo de proteínas al encontrar una estrecha relación directa entre el contenido de dicho residuo y la calidad panadera, en 26 variedades de trigo.

No se hallaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ni entre las variedades en el porcentaje de proteínas de esta fracción (Cuadro 1). Sin embargo, se observó una tendencia a incrementar el por ciento de proteínas del residuo, por la aplicación de N en espigazón (E) (Cuadro 1).

Se encontró una estrecha asociación negativa entre el residuo proteínico y el porcentaje de gliadinas ($r: -0.807$), en B.C. (Cuadro 2).

Estos resultados indicarían que, en este cultivar, la marcada disminución en el porcentaje de gliadinas, provocada por la fertilización en espigazón, habría estado asociada con un incremento en el porcentaje de proteína residual, fracción que está asociada directamente con la aptitud panadera (5, 19).

Los porcentajes de proteína residual fueron superiores a los hallados por otros autores (4, 19, 21) debido, probablemente, a la insolubilización de las gluteninas I y II, las que pasaron a formar parte del residuo insoluble.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones entre los parámetros estudiados, en ambos cultivares.

	Albúminas y Globulinas	Gliadinas	Gluten. I	Gluten. II	Residuo	Relación Prot.Gl/Prot. sol.
Proteínas Totales	-0.710 ⁺⁺	-0.622 ⁺	-0.905 ⁺⁺	n s	n s	0.617 ⁺
Albúminas y Globulinas	-0.586 ⁺	-0.636 ⁺	0.658 ⁺	n s	n s	0.654 ⁺
Gliadinas	-	0.853 ⁺⁺	0.678 ⁺	-0.770 ⁺⁺	n s	0.959 ⁺⁺
Gluteninas I	-	0.692 ⁺	n s	n s	n s	n s
Gluteninas II	-	-	0.614 ⁺	-0.715 ⁺⁺	-0.807 ⁺⁺	-0.878 ⁺⁺
Residuo proteínico	-	-	-0.663 ⁺	n s	n s	n s
	-	-	-	-0.653 ⁺	n s	-0.581 ⁺
	-	-	-	n s	n s	0.659 ⁺
	-	-	-	-	n s	0.699 ⁺
	-	-	-	-	-	0.669 ⁺
	-	-	-	-	-	0.718 ⁺⁺
	-	-	-	-	-	0.748 ⁺⁺

n s : valor no significativo + significativo al 0.05 ++ significativo al 0.01.

Total de N recuperado

Este valor no fue afectado por los tratamientos. Una mayor recuperación de N fue efectuada en B.C. (94.98%) que en B.P. (92.12%) (Cuadro 1). Variaciones en los porcentajes de recuperación de N entre cultivares fue también hallada por Bietz y Wall (4).

Los porcentajes de N recuperado variaron de 91.53% a 96.55%, valores que se consideraron adecuados para los objetivos de este estudio. Estas variaciones se pueden esperar en aquellos métodos en los que se deben efectuar muchos pasos.

Relación proteínas del gluten/proteínas solubles

Este índice se calculó con el objeto de establecer la proporción de las proteínas formadoras del gluten con el total de las proteínas del grano y su modificación por los distintos tratamientos.

La relación fue modificada tanto por los tratamientos como por las variedades (Cuadro 1). El valor más elevado se alcanzó en ambos cultivares, con la aplicación de N en espigazón (E). Estos resultados concuerdan con los hallados por Michael y Blume (17) y Abrol *et al* (2) quienes, en tratamientos similares, encontraron incrementos en las proteínas que forman el gluten, en detrimento de las proteínas solubles.

Para ambos cultivares se halló una correlación positiva entre este índice y el contenido de proteínas to-

tales (Cuadro 2). Teniendo en cuenta que el aumento en el contenido total de proteínas se logró únicamente con la aplicación de N en espigazón (E) y (SE), se deduce que esta práctica conduciría a un aumento de las proteínas que forman el gluten.

Se observó una mayor capacidad para sintetizar proteínas del gluten en B.C., cultivar con germoplasma tradicional que en B.P.

CONCLUSIONES

Estas conclusiones son válidas para las condiciones en que se realizó este ensayo y para las variedades estudiadas.

La aplicación de N en espigazón, tanto como complemento de la fertilización en siembra (SE), o como única dosis (E), produce un incremento en el contenido proteínico del grano que, en el tratamiento (E), se traduce en un aumento preferencial de la proporción de las proteínas que forman el gluten sobre las fracciones solubles (albúminas y globulinas).

La distribución de las fracciones proteínicas, así como la influencia sobre éstas de la fertilización con N en espigazón, difiere entre cultivares. En tal sentido, el cultivar de germoplasma tradicional B.C., muestra una mayor capacidad para acumular proteínas en el grano y una mayor proporción de proteínas formadoras del gluten/proteínas solubles, que el cultivar con mayor potencial de rendimiento, B.P.

A pesar del aumento de las fracciones proteínicas formadoras del gluten, provocado por la aplicación de N en espigazón en ambos cultivares, la fracción de gliadinas disminuye proporcionalmente, y está asociada negativamente con el contenido total de proteínas, por lo que se concluye que el incremento en la relación: proteínas del gluten/proteínas solubles se realiza en detrimento de las gliadinas y se debe, principalmente, a la acumulación de gluteninas II y del residuo proteínico. El comportamiento de la fracción gluteninas I mostró estar muy influenciado por el cultivar.

Se sugiere continuar con estos ensayos para caracterizar las diferencias en el comportamiento de los cultivares, en su composición proteínica, ante diferentes tipos de fertilización, evaluando también el efecto de estos cambios sobre la calidad panadera de las harinas.

LITERATURA CITADA

- 1 AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. 1976. Approved Methods of the AACC Method 46-13
- 2 ABROL, Y.P.; UPRETY, D.C.; AHUJA, V.P.; NAIK, M.S. 1971. Soil fertilizer levels and protein quality of wheat grains. Australian Journal Agriculture Research Vol 22(2):195-200
- 3 BELL, P.M.; SIMMONDS, D.H. 1963. The protein composition of different flours and its relationship to nitrogen content and baking performance. Cereal Chemistry 40(2):121-128.
- 4 BIETZ, J.A.; WALL, J.S. 1975. The effect of various extractants on the subunit composition and association of wheat glutenin. Cereal Chemistry 52(2): 145-155
- 5 BUTAKI, R.C.; DRONSKY, B. 1979. Effect of protein content and wheat variety on relative viscosity, solubility, and electrophoretic properties of gluten proteins. Cereal Chemistry 56(3):162-165
- 6 DEXTER, J.E.; MATSUO, R.R. 1979. Influence of protein content on some durum wheat quality parameters. Canadian Journal of Plantarum Science 57:717-727
- 7 DOEKES, G.J.; WENNEKES, L.M.J. 1982. Effect of nitrogen fertilization on quality and composition of wheat flour protein. Cereal Chemistry 59(4): 276-278.
- 8 DUBETZ, S. 1977. Effects of high rates of nitrogen on Neepawa wheat grown under irrigation I. Yield and protein content. Canadian Journal of Plantarum Science 57:331-336.
- 9 DUBETZ, S.; GARDINER, E.E.; FLYNN, D.; IAN DE LA ROCHE, A. 1979. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen fractions and amino acid composition of spring wheat. Canadian Journal of Plantarum Science 59:299-305
- 10 EWALD, E.; WENZEL, G. 1967. Einfluss der N-düngung auf die Eiweisszusammensetzung und den Aminosäuregehalt des Weizenborns. Qualitas Plantarum Materiae Vegetabiles 14:98-104.
- 11 FEILLET, P.; BOURDET, A. 1967. Composition protéique et caractéristiques des blés. Bulletin the la Société the Chimie Biologique 49:1 273
- 12 FERNANDEZ, R.; LAIRD, R.J. 1959. Yield protein content of wheat in central Mexico as affected by available soil moisture and nitrogen fertilization. Agronomy Journal 51:33-36.
- 13 FINNEY, K.F.; MEYER, J.W.; SMITH, F.W.; FRYER, H.C. 1957. Effect of foliar spraying of Pawnee wheat with urea solutions on yield, protein content and protein quality. Agronomy Journal 49:341-347
- 14 FULLINGTON, J.G.; COLE, E.W.; KASARDA, D.D. 1973. Quantitative sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of total proteins extracted from wheat varieties: effect of protein content. Cereal Chemistry 60(91):65-71.
- 15 JOURGENSEN, H. Beretning om undersøgelser af dansk hvede af høsten 1935-1936. København. 23 p.
- 16 KHAN, K.; BUSHUK, W. 1978. Glutenin: Structure and functionality in breadmaking. Bakers Digest. 52(2):14-16, 18-20
- 17 MICHAEL, G.; BLUME, B. 1960. Über den Einfluss des Stickstoffdüngung auf die Eiweisszusammensetzung des Gerstenkornes. A. Pflanzenenergie Dueng Bodenkd 88:237-250.
- 18 OLCOTT, H.S.; MECHAM, D.K. 1947. Characterization of wheat gluten. I Protein-lipid complex formation during doughing of flours. Lipoprotein nature of the glutenin fraction. Cereal Chemistry 24(6):407-414
- 19 ORTH, R.A.; BUSHUK, W.A. 1972. Comparative study of the protein of wheats of diverse backing qualities. Cereal Chemistry 49(3):268-275.
- 20 SIMMONDS, D.H.; WRIGLEY, C.W. 1972. The effect of lipid on the solubility and molecular-weight range of wheat gluten and storage proteins. Cereal Chemistry 49:317-323.
- 21 TANAKA, K.; BUSHUK, W. 1972. Effect of protein content and wheat variety on solubility and electrophoretic properties of flour proteins. Cereal Chemistry 49:247-257
- 22 TANAKA, K.; BUSHUK, W. 1973. Changes in flour proteins during dough-mixing. I Solubility results. Cereal Chemistry 50(5):590-596.
- 23 TOMBETTA, E.; VIALE, J.A.; DROBNER, N.G. 1978. Factores que influyen sobre el contenido de proteínas del trigo. E.E.R.A. INTA Marcos Juárez, Informe Técnico No. 96.
- 24 WU, K.Y.; McDONALD, C.E. 1976. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen fractions of wheat and flour. Cereal Chemistry 53:242-249.

25. ZADOKS, J.C.; CHANG, I.T.; KONZAK, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421

26. ZAKHAREVSKIY, V.I.; VOLYNSKOV, V.P. 1970. Effect of fertilizer on protein fractions in wheat grain. *Soviet Soil Science* 2:180-182

Notas y comentarios

Las hojas podrían tener un mensaje para los mamíferos

Cuando las raíces brotan, las flores florecen y las hojas se caen, lo hacen bajo el control de sustancias químicas específicas. Estas "fitohormonas" son similares en cierto modo a las hormonas animales, pero tienen una estructura diferente y son generalmente exclusivas de las plantas. Ahora, un grupo de científicos franceses han descubierto una hormona vegetal, el ácido abscísico (ABA), en cerebros de animales.

Todas las plantas superiores (y los musgos) producen ABA, el que actúa como una hormona general de "apaga y vámonos". Causa la caída de las hojas y frutos, suprime la germinación de las semillas, y cierra los estomas. Los científicos piensan que esta hormona inhibidora actúa inhibiendo la síntesis de DNA y RNA.

Nadie esperaba que esta "fitohormona" fuese encontrada en animales, pero un equipo del Laboratorio de Fisiología de la Universidad de Niza, por un por si acaso, examinó varios tejidos animales. Michel Lazdunski y sus colegas encontraron relativamente grandes cantidades de ABA en los cerebros de cerdos y ratas, y cantidades más pequeñas en otras partes del cuerpo de estos mamíferos (*Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, vol. 83, p. 1115).

Los investigadores extrajeron ABA del tejido animal en la misma forma que lo hubiesen hecho de plantas y analizaron la "hormona" con una prueba de

radioinmunidad sensitiva y exacta, con espectrografía de masa y con una prueba biológica en estomas vegetales. Los tres métodos pueden distinguir el ABA de otras moléculas similares pero inactivas. El "ABA" animal resultó idéntico al ABA vegetal y se comportó igual a la hormona vegetal en dos sistemas cromatográficos distintos. El ABA animal también se parecía a su equivalente vegetal en que gran parte de él estaba "conjugado", esto es, combinado químicamente con azúcares y otros metabolitos simples.

La siguiente pregunta que se hicieron los científicos franceses fue: ¿de dónde viene el ABA? ¿Acumulan los animales las hormonas de las plantas que comen o ellos elaboran su propia hormona? Lazdunski y colaboradores cambiaron la dieta de las ratas y observaron los niveles de ABA en el cerebro. Encontraron que las ratas que comían una dieta que contenía altos niveles de ABA tenían menos ABA en el cerebro, lo que parece indicar que el cerebro manufactura su propio ABA.

En las plantas, el ABA es manufacturado a partir del ácido mevalónico, que es el precursor, en todos los organismos, de esteroides tales como el colesterol y el estrógeno. Sin embargo, enzimas específicas conducen las reacciones que convierten el ácido mevalónico en ABA, de tal manera que es improbable que el ABA sea fabricado "accidentalmente" durante la producción de esteroides. Es posible que, en los animales, el ABA también actúe como una hormona, quizás como un gen represor (como lo hacen las plantas), o quizás altera las propiedades de las membranas celulares, causando cambios en los niveles de iones en las células cerebrales. Si esto es así, entonces el ácido abscísico podría representar una "molécula mensajera" fundamental, común a animales y plantas. **Adalberto Gorbitz.**

The Action of Methyl Methanesulfonate on *Triticale hexaploid*¹

A. Rubluo*

ABSTRACT

The effects of MMS on *hexaploid triticale* seeds were analyzed evaluating several characters. LD₅₀ value was established in a laboratory test and calculated as 0.39%w/v 1 hour at 20°C. In the M₁ generation plants, practically no effects were induced by the mutagen, except for germination at the highest dose tested (0.5%). A selection of semi-dwarf mutants was realized in M₂ plants. Frequency of mutants increased with the dose and the highest value was obtained in the 0.4% w/v 1 hour at 20°C, which fits well with the LD₅₀ value reported here.

INTRODUCTION

It has been recommended that the use of mutation breeding methods should be only applied in those plants with a poor natural variability and if a specific problem has to be solved (9). *Triticale* is valuable crop, but with a short evolutionary history. Therefore, mutation induction has been suggested to overcome difficulties in the breeding of this plant (11). However, very few reports of mutation induction in *triticale* have been made (4, 17).

Methyl methanesulphonate (MMS) is an effective monofunctional alkylating agent (2), but it has not

COMPENDIO

Se analizaron los efectos del MMS sobre semillas de *Triticale hexaploide* cv. Bacum evaluando diversos caracteres en la generación M₁. Basados en pruebas de laboratorio la DL₅₀ se calculó en 0.39%p/v 1 horas a 20°C.

Prácticamente no se detectaron efectos del mutágeno en plantas de la generación M₁, excepto por la germinación la cual disminuyó significativamente a las más altas dosis probada (0.5%). En las plantas M₂ se efectuó una selección de mutantes semienanos. La frecuencia de mutantes se incrementó con la dosis y el valor más alto se obtuvo a 0.4% p/v 1 hora a 20°C, lo cual concuerda con el valor de la DL₅₀ informado en este trabajo.

been used extensively because of its toxic action (12). Some authors report better results for mutation induction with MMS when compared with other alkylating agents (16, 19, 20).

As part of a mutation induction program involving an hexaploid *triticale* variety with good agronomic characteristics, but with some problems, we have collected performance data from M₁ and M₂ plants following seed treatment with MMS.

MATERIALS AND METHODS

Visually selected seeds of the Bacum variety of hexaploid *triticale* were used. This variety was chosen because it presents good agronomic characteristics, but has a severe lodging problem (1). Batches of 100 seeds (with four replications) were washed in tap water for two hours.

Afterwards the seeds were treated with fresh solutions of MMS (Merck) prepared in demineralized water at the doses 0.10, 0.30, 0.60, 0.90 and

¹ Received for publication in July 8, 1985.

* Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM, 04510 México, D.F. The author wishes to thank: CIMMYT for seed supply; Escuela de Agricultura del Estado de México for greenhouse and experimental field facilities; Dr. Rubén Chávez for field work supervision and Dr. Robert Bye for suggested revisions in the English text

1.0% w/v 1 hour at 20°C, a water control was carried out together with the treated lots. Both the washing and treatments were conducted according to the method of Meneses and Rubluo (10). Seeds were germinated in a controlled growth chamber at 20°C and in darkness. Percent of germination was determined one month after planting and dates transformed and analyzed using the statistical analysis system in order to calculate the LD₅₀.

In another set of experiments, seeds were treated similarly at the MMS doses of 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 w/v 1 hour at 20°C, also with a water control. After treatment, the seeds were immediately sown in a greenhouse under a totally randomized design with four replications. The percent of germination was determined a month after the sowing date. At the end of the growing season, the following characteristics were recorded: 1) plant height; 2) weight of the seeds per plant; and 3) number of tillers.

In order to sow the M₂ generation, a plant progeny selection was performed with the M₁ plants, taking into consideration the plant height and weight of the seeds per plant, selecting those with short plant length and with the the highest seed weight.

Three replications of each treatment (84 seeds each) were sown in the field to obtain the M₂ generation. Normal cultivating practice was carried out in the greenhouse and field experiments. The M₂ population was visually inspected for semidwarf plants and precocity (days to flower) and data were recorded.

RESULTS AND DISCUSSION

The LD₅₀ for MMS in the Bacum variety of triticale was determined. Seedling survival at one month after planting was reduced to approximately 50% compared to the non-treated (control) population at the 0.39% w/v 1 hour at 20°C (Fig. 1). A dose within plus or minus 20% from that found by laboratory test as an average of the estimated desirable dose range has been suggested for use in mutation breeding experiments (9). For this reason, we used treatments of MMS at levels of 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5% w/v 1 hour at 20°C in order to determine the mutagenic action of MMS on triticale seeds.

A variance analysis of data showed that, except for germination, the action of MMS on M₁ parameters was not significant. Duncan's multiple range test for means of germination values (Table 1) shows that the strongest dose (0.5%) differs from all the other treatments and that the other doses were not significantly different between them, with the exception of the control and that of 0.3%.

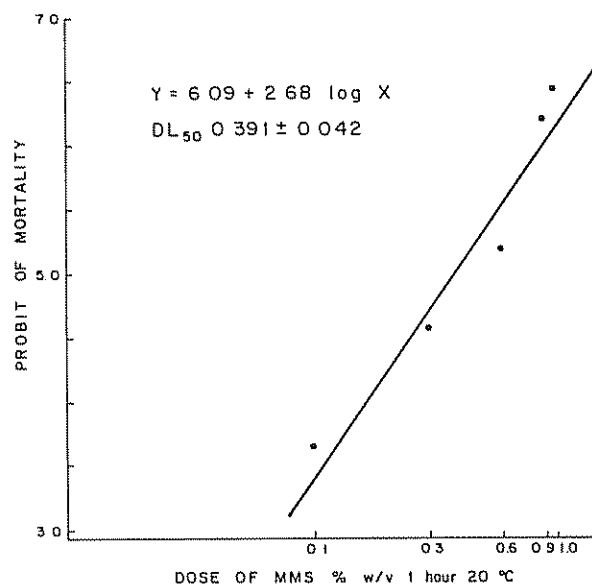


Fig. 1. Probit regression line for estimating the mortality induced in *Triticale hexaploide* Lart. (var Bacum) as exposed to different doses of MMS.

Table 1. Duncan test* for multiple rank of means of germinations** of M₁ seeds of *hexaploid triticale* var. Bacum treated with MMS.

DOSE %w/v 1 hour 20°C	\bar{X}	$S_{\bar{X}}$
0.0	65.20 a	
0.1	63.45 ab	
0.4	62.67 ab	1.98
0.2	61.69 ab	
0.3	57.11 b	
0.5	35.52 c	

* 5% significance.

** Germination in arc-sen values

These results suggest a slight sensitivity of triticale to the toxic action of MMS. This fact is probably due to the polyploid (hexaploid) nature of the triticale used in this work. These results are in agreement with those reported by Prasad and Goodward (13), who found a clear difference in the treatments between plants with different ploidy levels, reporting a greater sensitivity in the diploids as compared with tetraploid plants.

The proposed criterion (8) for semi-dwarf (reduced height) mutants is that the individuals be at least 20% less in height than the shortest control plants. In our study, the height of control population ranged between 95-120 cm. As a consequence,

Table 2. Characteristics of semidwarf mutants isolated from M₂ population of hexaploid triticale var. Bacum treated with MMS.

MUTANT	Dose of MMS % w/v 1 hour 20°C	Height (cm) (cm)	Days-To Flower*	Number of Tillers	Weight/Seed
1	0.1	67	VR	6	8.0
2	0.1	70	L	4	1.0
3	0.2	60	L	3	0.5
4	0.2	65	N	12	2.5
5	0.2	75	R	28	15.0
6	0.3	60	R	18	11.0
7	0.3	60	R	16	8.0
8	0.4	55	N	12	1.5
9	0.4	60	R	6	34.5
10	0.4	60	R	9	5.5
11	0.4	70	N	1	24.1
12	0.4	70	N	5	2.0
13	0.4	75	VR	3	3.0
14	0.4	75	N	21	4.0
15	0.4	75	N	10	14.0
16	0.5	60	N	17	7.0
17	0.5	65	L	3	22.0
18	0.5	65	N	2	2.0
19	0.5	75	N	13	9.5
20	0.5	75	N	5	4.0
21	0.5	75	N	3	1.0

* VR = Very Rapid (8 weeks)

N = Normal (10-11 weeks)

R = Rapid (9 weeks)

L = Late (12 or more weeks)

all those plants 75 cm tall or less were selected as semi-dwarf mutants. Table 2 shows the individual values for several characters of the semi-dwarf mutants (21 in total) selected in the M₂ population, and Fig. 2 shows the response of triticale to the different doses of MMS used here for the production of semi-dwarf mutants. In general, these responses increased with the dose. The highest frequency was at 0.4% , followed by a lower frequency at the highest dose (0.5% , Fig. 2).

Our results are in agreement with those reported by Rahaman and Soriano (15), who worked with these alkylating agents in rice and showed an increase of the mutation frequency with the dose; they also found a decrease in the mutation frequency at the higher doses. Furthermore, it has been known (2, 14) that a high mutation frequency is reached around LD₅₀. The results presented in Fig. 2 agree with this observation; the highest mutation frequency was obtained at the dose 0.4% and the LD₅₀ was calculated to be 0.39% (Fig. 1).

The induction of dwarfness or semi-dwarfness is one of the characteristics more quickly obtained from mutation induction programs (18), and there

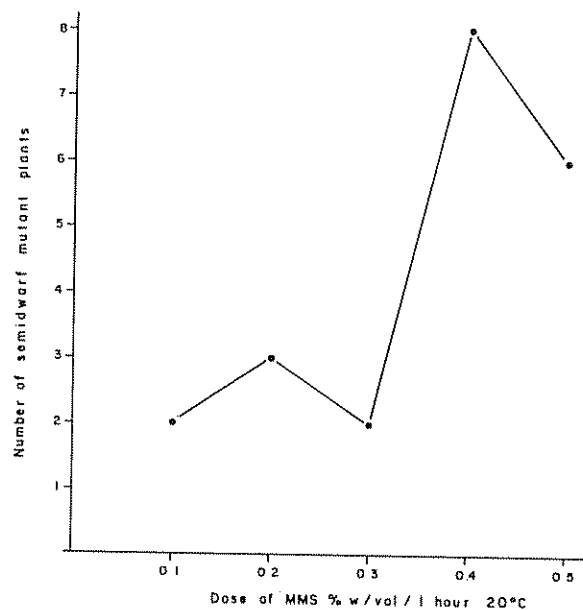


Fig 2. Effect of the doses of MMS on the induction of semidwarf mutants in *Triticale hexaploide* Lart var. Bacum.

are some reports of using mutagenic agents for the isolation of dwarf or semi-dwarf mutants (6, 21). Kiang and Halloran (7) treating soybean seeds with EMS, also isolated dwarf and earliness mutants, and suggested a relationship of height and maturity implying the height probable presence of pleiotropic behavior between these two characters. This may be the case in some of our results (Table 2, plants 1, 5, 6, 7, 9, 10 and 13)

Gaul *et al.* (3) used the term "efficacy" to indicate the ability of a mutagen to produce beneficial mutations. According to our results (Table 2 and Fig. 2), the MMS seems to be a mutagen with high "efficacy". Avoiding its toxic collateral effects through manipulations in the treatments (5), it can be a useful mutagen for plant breeding purposes

LITERATURE CITED

- 1 CYMMYI 1978. Results of the Ninth International Triticale Yield Nursery. Information Bulletin No 49 Mexico
- 2 EHRENBERG, L. 1971 Higher plants In Chemical mutagens Principles and methods for their detection Ed. by A. Hollaender New York, Plenum Press Vol 2 p 365-386
- 3 GAUL, H.; FRIMMEL, G.; GICHNER, I.; ULONSKA, E. 1972 Efficiency for mutagenesis. In Induced mutations and plant improvement STI/Pub./297, International Atomic Energy Agency, Vienna, 121-139.
- 4 GULYAN, A.A.; SAAKYAN, A.G.; SLMERDZHYAN, S.P. 1982 Mutability of hexaploid triticale under the effect of X rays and chemical mutagens on seeds Biologicheskii Zhurnal Armenii 35(160-165)
- 5 KAMRA, O.P.; BRUNNER, H. 1977 Chemical mutagens Mode of action. In Manual on Mutation Breeding. TRS/pub/199, 2° Ed. International Atomic Energy Agency Vienna, 59-70.
- 6 KAR, G.N.; CHAKRABARTI, S.N. 1982 Induction of semi-dwarf mutants in bred wheat cultivar C-306 Journal Nuclear Agricultural Biologicheskii 11:51-53
- 7 KIANG, L.C.H.; HALLORAN, G.M. 1977 Production and characterisation of an early dwarf mutant in soybean (*Glycine max* (L.) (Merrill)): Radiation Research 43:223-230.
- 8 KONZAK, C.F. 1976. A review of semidwarfing gene sources and a description for some new mutants useful for breeding short-stature wheat In Induced mutation in cross-breeding. International Atomic Energy Agency, Vienna, 79-83
- 9 KONZAK, C.F.; MIKAEISEN, K. 1977. Induced-mutation techniques in breeding seed-propagated species: Selecting parents and handling the MI-M₃ generations for the selection of mutants. In Manual on Mutation Breeding TRS/pub/119, 2° ed. International Atomic Energy Agency, Vienna, 125-137
- 10 MENESES, M.A.; RUBLUO, A. 1978 Un nuevo sistema que homogeniza la presión de lavado y tratamiento con soluciones en semillas, Ciencia Forestal 3(16): 52-56.
- 11 MUNZING, A. 1972 Experiences from work with octaploid and hexaploid rye wheat (triticale) Biologisches Zentralblatt 91:69-80
- 12 OSTERMANN, G.S.; EHRENBERG, L.; WACHTMELISTER, C.A. 1970. Reaction kinetics and biological action in barley of monofunctional methanesulfonic esters Radiation Botany 10:303-327
- 13 PRASAD, A.B.; GODWARD, M.B. 1975 Comparison of the developmental response of diploid and tetraploid *Phalaris* following irradiation of the dry seed. V. Germination, survival and length of root and shoot Cytologia 40:535-542.
- 14 PRINA, A.R.; FAVRETI, E.A. 1983. Parabolic effect in sodium azide mutagenesis in barley Hereditas 98:89-94
- 15 RAHAMAN, M.N.; SORIANO, J.O. 1972. Studies on the mutagenic effects of some monofunctional alkylating agents in rice Radiation Botany 12:291-295.
- 16 RAO, G.M.; ROA, V.M. 1983. Mutagenic efficiency, effectiveness and factor of effectiveness of physical and chemical mutagens in rice. Cytologia (Tokyo) 48:427-436
- 17 SPRA, V.T.; CONSTANTIIN, M.I. 1978. Seed radiosensitivity of a hexaploid triticale. Environmental and Experimental Botany 18:77-79
- 18 SCARASCIA-MUGNOZZA, G.I. 1977 Plant character to be improved by mutation breeding, resistance to lodging and steam breakage In Manual on mutation breeding TRS/pub/119, 2° Ed. International Atomic Energy Agency Vienna, 174-177
- 19 SRIVASTAV, P.K.; RAINA, S.N. 1981. Cytogenetics of *Tephrosia* 2 Mutagenic effect of single, pre-irradiation and postirradiation treatments with ethylmethane sulfonate and methylmethanesulfonate in *Tephrosia purpurea* Cytologia (Tokyo) 46:709-722
- 20 VIG, B.K.; NILAN, R.A.; ARENAZ, P. 1976. Somatic crossing over in *Glycine max* (L.) Merrill: Induction of somatic crossing over and specific locus mutations by methylmethanesulfonate. Environmental and Experimental Botany 16:223-234.
- 21 WEIGLE, J.L.; BUTLER, J.K. 1983 Induced dwarf mutant in *Impatiens platypetala* Journal of Heredity 74:200

El Envejecimiento de las Pasturas Implantadas: su Efecto sobre la Productividad Primaria¹

M. Oesterheld*, R.J. León*

ABSTRACT

Species composition changes drastically as cultivated pastures in the lower pampas age. The objective of this paper was to test the hypothesis that changes in species composition would determine changes in above-ground net primary productivity (ANPP). Biomass and net aerial primary productivity dynamics of three cultivated pastures which were, 2, 5 and 13 years old were compared.

No significant differences were observed in ANPP of the three pastures. Productivity averaged from 2 to 2.4 g.m⁻² d⁻¹ in the different pastures. Maximum productivity occurred in spring and minimum during winter. Aging of cultivated pastures increased equitability. Two- and five-year-old pastures were dominated by cool-season species, while in the 13-year-old pasture both cool-season and warm-season species dominated. Thus, the 13-year-old pasture showed a longer period of high productivity.

INTRODUCCION

El reemplazo del pastizal natural por pasturas implantadas se realiza con el propósito de obtener forraje de mayor productividad y mejor calidad nutritiva. Se espera, así, lograr una mayor cantidad de producto animal como consecuencia de una mayor oferta de forraje, más consumo y eficiencia más alta en la conversión de forraje en producto (5). Este reemplazo ha sido propuesto por técnicos y organismos oficiales, en el caso del área de la Pampa Deprimida, una subregión de la región pampeana de más de 6 millones de hectáreas ocupadas, en su mayor parte, por pastizales naturales (2, 9).

¹ Recibido para publicación el 10 de octubre de 1985.

Este trabajo fue realizado mediante una beca de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires, Argentina, y contó con subsidios de esa institución y del CONICET. Resultados preliminares fueron comunicados en el X Congreso Argentino de Producción Animal, agosto de 1984, Rosario, Argentina.

Los autores agradecen a los propietarios de los establecimientos La Catalina y La Invernada, y al Ing. Agr. Raúl Martínez Lalis, asesor del grupo CREA Magdalena, por las facilidades brindadas para hacer este estudio. A quienes colaboraron en el trabajo de campo, especialmente Verónica Cámara Hernández y Alejandro Tozzini; a los Doctores V. Alejandro Deregibus y Osvaldo Saha, por sus valiosas sugerencias durante la elaboración de los datos.

Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, República Argentina.

COMPENDIO

Estudios previos han descrito los cambios de composición botánica ocurrido durante el envejecimiento de pasturas implantadas en el NE de la Pampa Deprimida. Tales cambios consistieron en el reemplazo de las especies originalmente sembradas por un diverso grupo de especies espontáneas. El objetivo del presente trabajo fue poner a prueba la hipótesis de que estos cambios botánicos determinarían cambios en la productividad primaria total y en su comportamiento estacional.

Se comparó la dinámica estacional de la biomasa y la productividad primaria neta aérea de tres pasturas implantadas de 2, 5 y 13 años de edad. A lo largo del envejecimiento de las pasturas se produjo un cambio, desde una situación en la que pocas especies producen al mismo tiempo a otra con mayor cantidad de especies, las cuales alcanzan su máxima producción de biomasa, en distintos momentos del año.

La productividad media de las tres pasturas fue semejante (varió en un rango de 2 a 2.4 g.m⁻² d⁻¹). En cuanto a la distribución estacional de la productividad, las tres pasturas mostraron altos valores durante un lapso relativamente breve, en la primavera. Ese lapso fue más extenso en la pastura de 13 años ya que se prolongó hasta comienzos del verano.

En los últimos años se ha llamado la atención sobre el fenómeno de "decaimiento", "deterioro" o "degradación" de las pasturas (6, 11, 14, 17, 18). Tales términos aluden a la pérdida progresiva de las especies implantadas a lo largo de la vida de una pastura. Este proceso constituye en realidad un caso particular de sucesión secundaria y fue descrito recientemente (8) desde el punto de vista de la composición botánica utilizando la teoría sucesional como marco teórico de referencia. En aquella oportunidad se compararon pasturas de diferente edad, ubicadas en un mismo ambiente del noreste de la Pampa Deprimida. Algunos de los cambios observados, a medida que las pasturas envejecieron, fueron los siguientes:

Disminución de la cobertura de las especies implantadas y aumento simultáneo de las especies espontáneas. Este reemplazo determina diferencias importantes en la composición botánica de pasturas de diferente edad.

Aumento de la diversidad específica.

Aumento de la proporción de especies primavero-estivales.

Del análisis de estos resultados, surgieron las siguientes hipótesis:

Los cambios en la composición botánica, observados durante el envejecimiento de las pasturas, determinan o son acompañados por cambios en la productividad primaria neta aérea. Esta hipótesis se fundamenta en la idea de que en una comunidad vegetal existe una estrecha interrelación entre las características funcionales (como la productividad) y estructurales (como la composición botánica), (Sala, comunicación personal). También, apoyan hipótesis las ideas clásicas sobre el comportamiento de la productividad a lo largo de la sucesión (13).

La diferente proporción de especies invierno-primaverales y primavera-estivales, observada durante el envejecimiento de las pasturas, determina que la distribución estacional de la productividad primaria sea más homogénea en las pasturas de mayor edad que en las más jóvenes. Esta hipótesis parece obvia desde el punto de vista cualitativo. Sin embargo, se desconoce la medida en que los cambios en la proporción de especies con diferente comportamiento fenológico puede afectar la curva de productividad primaria, a lo largo del año.

El objetivo de este trabajo fue poner a prueba estas hipótesis, esto es, describir la dinámica estacional de la productividad primaria neta aérea y de la biomasa aérea de pasturas de diferente edad.

MATERIALES Y METODOS

En un mismo ambiente del NE de la Pampa Deprimida, Provincia de Buenos Aires, Argentina, se instalaron clausuras en tres pasturas implantadas en reemplazo de la comunidad de *Stipa charruana* *Cynara cardunculus*-*Diodia dasyccephala* (7). Los suelos correspondientes a esa comunidad presentan una secuencia de horizontes A-B2 ±-C (Argiudoles). El fuerte desarrollo del horizonte B determina que sean suelos con ligeras limitaciones de drenaje (16). El clima de la región es templado. Según observaciones del Servicio Meteorológico Nacional, correspondientes a una localidad situada aproximadamente a 20 km del lugar de estudio, la temperatura media del mes más frío (julio) es 9.3°C y la del mes más cálido (enero) 22°C. La precipitación anual media es de 907 mm y la correspondiente al período de muestreo fue sólo 5% mayor a la esperada a partir de los promedios mensuales. Sobre la base de los resultados obtenidos en los trabajos previos ya citados, se eligieron pasturas de 2, 5 y 13 años de edad, pues representaban una situación joven dominada por especies implantadas, una intermedia y una más madura, dominada por espontáneas, respectivamente.

Las clausuras, de 10 m x 20 m, fueron construidas a fines de junio de 1982. A partir de noviembre de ese año y aproximadamente cada dos meses se realizaron muestreos de biomasa cortando al ras del suelo 10 muestras con un marco cuadrado de madera de 0.4 m² de superficie. Las mismas fueron ubicadas al azar, tomando la precaución de no muestrear los lugares ya cortados. La broza se recogió a mano y todo el material fue guardado en congeladora, hasta su separación y localización en compartimientos. Estos materiales fueron: cada una de las especies de gramíneas, *Ambrosia tenuifolia*, dicotiledóneas, graminiformes, seco en pie y broza. El material separado se secó en estufa (60-70°C) durante más de 48 horas y fue pesado con un error no mayor de 0.1 g.

La estimación de la productividad primaria neta aérea se realizó mediante cálculos que tienden a cuantificar la productividad total, a partir de los cambios observados entre cosechas sucesivas en los compartimientos ya mencionados (15). La productividad específica (P_i) se calculó como la diferencia positiva en el compartimiento verde de una especie, dividida por el número de días entre cosechas. Si la diferencia fuera negativa el valor calculado se denomina senescencia específica (S_i). La productividad y la senescencia son en realidad procesos simultáneos; por lo tanto, P_i y S_i muestran sólo la predominancia de uno de ellos para cada especie. La productividad primaria neta aérea se calculó de la siguiente forma:

$$PPNA_t = \sum P_i + F_{sc}$$

F_{sc} es un factor de senescencia y caída que agrega, al valor de productividad total, lo que se produjo y senesció, y lo que se produjo, senesció y cayó. Dicho de otra manera, lo que se produjo por encima de lo registrado en el valor $\sum P_i$.

$$F_{sc} = \frac{\Delta SD + \Delta + L}{t} - \sum S_i$$

donde ΔSD es la variación en el compartimiento "seco en pie", $\Delta + L$ es la variación positiva en el compartimiento "broza" y t es el intervalo de tiempo entre cosechas.

Debido a que el valor de productividad primaria neta aérea es el resultado de una comparación de valores de biomasa tomado en distintas fechas, su validez estadística puede ser juzgada sólo subjetivamente, a la luz de la variabilidad de los datos de biomasa que lo generaron (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evolución estacional de la biomasa de los tres sistemas. Los valores son promedios (n = 10) en g · m⁻² ± error estándar.

Compartimientos	Noviembre	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Setiembre	Noviembre
Pastura de 2 años							
Verde	378.4 ± 15.8	319.3 ± 16.7	293.1 ± 13.8	253.8 ± 8.8	233.0 ± 6.4	208.9 ± 9.4	499.5 ± 30.3
Seco en pie	239.5 ± 28.2	360.6 ± 11.9	385.4 ± 20.4	480.5 ± 30.7	578.3 ± 25.3	551.5 ± 22.7	624.7 ± 25.6
Broza	32.2 ± 3.5	169.3 ± 13.5	297.5 ± 29.9	154.8 ± 13.3	114.0 ± 10.4	86.6 ± 13.1	176.8 ± 11.3
Total	650.0 ± 25.1	849.2 ± 24.7	976.0 ± 30.9	889.1 ± 35.4	925.3 ± 27.9	847.1 ± 35.7	1301.1 ± 44.5
Pastura de 5 años							
Verde	240.4 ± 13.4	152.8 ± 14.7	187.6 ± 18.0	193.6 ± 12.0	123.7 ± 18.0	124.9 ± 14.7	454.0 ± 24.7
Seco en pie	92.6 ± 6.6	207.1 ± 16.1	231.1 ± 16.3	335.5 ± 22.3	299.9 ± 28.0	272.9 ± 12.7	336.3 ± 24.7
Broza	23.7 ± 2.3	66.9 ± 5.1	95.0 ± 8.0	39.1 ± 3.2	47.0 ± 4.7	26.2 ± 3.5	93.7 ± 8.5
Total	356.8 ± 17.5	426.9 ± 31.9	513.7 ± 27.0	568.2 ± 27.6	470.6 ± 38.8	424.1 ± 27.0	883.9 ± 50.9
Pastura de 13 años							
Verde	274.7 ± 10.8	230.8 ± 13.4	261.6 ± 22.1	197.8 ± 12.2	111.9 ± 8.8	143.5 ± 9.6	387.3 ± 143.5
Seco en pie	81.1 ± 16.0	423.5 ± 27.6	393.0 ± 29.1	468.9 ± 28.3	532.0 ± 34.4	444.5 ± 21.1	369.6 ± 20.0
Broza	32.4 ± 3.4	185.8 ± 12.5	243.1 ± 12.5	111.4 ± 16.0	91.1 ± 16.3	102.5 ± 16.1	127.2 ± 15.1
Total	388.2 ± 25.5	840.1 ± 26.7	897.7 ± 35.7	778.2 ± 42.0	735.1 ± 44.5	690.5 ± 33.5	884.1 ± 27.9

Con el objetivo de evaluar el valor pastoril de los sistemas comparados se calculó el índice de valor pastoril propuesto por Daget y Poissonet (4):

$$VP = 0.2 \sum_{i=1}^n CS_i \times IS_i$$

donde VP es el índice de valor pastoril, CS es una medida a la importancia relativa de la especie i (porcentaje sobre el total de biomasa verde en nuestro caso) e IS_i es un valor que indica la calidad forrajera de la misma especie en una escala de 1 a 5. Los valores de IS utilizados fueron los propuestos por Cauhépe et al. (3) quienes determinaron el valor de IS para un elevado número de especies de la Pampa Deprimida sobre la base de estudios de la dieta de vacunos y de los datos existentes en la bibliografía.

RESULTADOS

Si bien los tres sistemas no mostraron diferencias importantes en la marcha estacional de los grandes compartimientos de la biomasa aérea (Cuadro 1), sí lo hicieron en cuanto a la forma en que la biomasa verde se repartió entre las diferentes especies que los componían y el grado de simultaneidad con que las especies alcanzaron sus valores máximos de biomasa. En la pastura de 2 años (Fig. 1) hubo una notable dominancia de *Phalaris aquatica* la cual mostró pocas variaciones en su biomasa verde, excepto durante la

primavera. *Trifolium repens* y *Lolium multiflorum* perdieron su biomasa verde al comenzar el verano y *Medicago sativa* mostró valores máximos durante esa estación. En la pastura de 13 años, en cambio, la biomasa verde estuvo repartida entre más especies y de manera más equitativa (Fig. 3). No se observó una especie que mantuviera altos valores de biomasa verde durante todo el año, como en el caso anterior, sino dos grupos de especies que mostraron oscilaciones estacionales de su biomasa: invierno-primaverales (*Gaudinia fragilis* y *Lolium multiflorum*) y primavera-estivales (*Cynodon dactylon*, *Paspalum dilatatum* y *Ambrosia tenuifolia*). La pastura de 5 años (Fig. 2) representa una situación intermedia: *Piptochaetium* sp. y el grupo de dicotiledóneas mostró un comportamiento semejante al de *Phalaris aquatica* en la pastura más joven mientras que *Gaudinia fragilis* y *Ambrosia tenuifolia* mostraron un comportamiento similar al observado en la pastura de 13 años.

La productividad primaria neta aérea (PPNA +) media fue muy semejante en los tres sistemas. Los valores calculados fueron: 2.4 g · m⁻² · d⁻¹ para las pasturas de 2 y 13 años y 2.0 g · m⁻² · d⁻¹ para la de 5 años de edad. De acuerdo con estos resultados, el envejecimiento no afectaría la productividad primaria total de las pasturas. En cambio, los tres sistemas mostraron diferencias en la distribución estacional de la productividad (Fig. 4). La productividad de la pastura de dos años disminuyó desde comienzos del verano hasta fines del invierno y mostró un aumento muy notable a principios de primavera. La pastura de 5

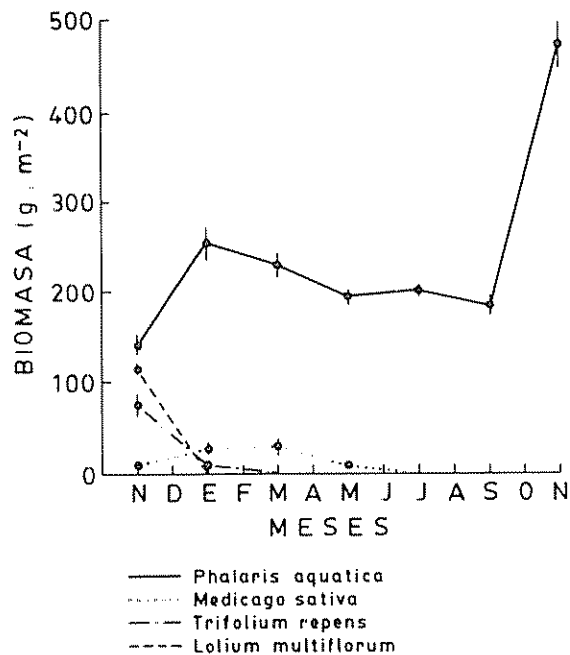


Fig. 1 Biomasa verde de las especies dominantes de la pastura de 2 años. Las bases verticales representan ± 1 Error Standard ($n=10$)

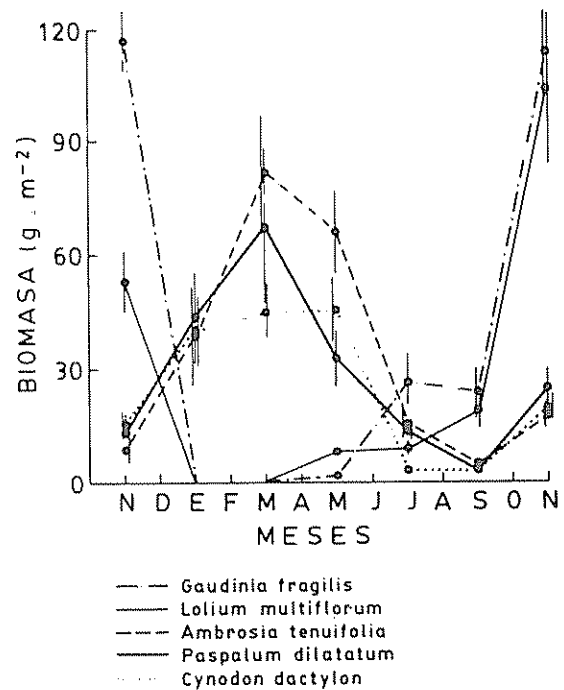


Fig. 3 Biomasa verde de las especies dominantes de la pastura de 13 años

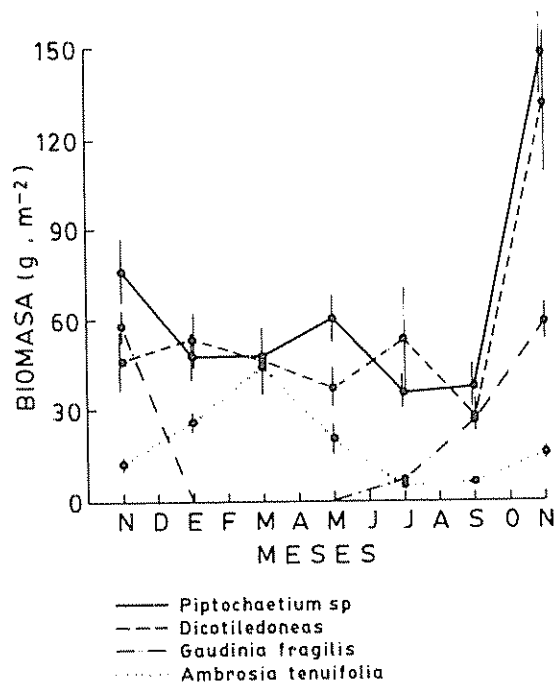


Fig. 2 Biomasa verde de las especies dominantes de la pastura de 5 años.

años mostró dos valores máximos de productividad: uno en primavera y otro, de menor importancia, en otoño. La pastura de 13 años mostró una productividad menor a los otros dos sistemas en la primavera temprana, pero, en cambio, su productividad fue más alta a fines de primavera y principios de verano.

El índice de valor pastoril de Daget y Poissonet (4) fue máximo en la pastura de 2 años y mínimo en la de 5 (Fig. 5). En el caso de las pasturas de 2 y 5 años, el índice no mostró variaciones importantes a lo largo del año. En el de la pastura de 13 años, en cambio, el valor pastoril fue semejante al de la de 2 años en primavera e invierno y al de 5 años en el verano y el otoño.

DISCUSION

Durante la sucesión secundaria, iniciada con la implantación de pasturas, se produjeron importantes cambios en la composición botánica y en la diversidad específica (8). La mayor equitatividad con que la biomasa verde se repartió entre las especies de la pastura de mayor edad (Figs. 1, 2 y 3) fue coherente con los cambios de diversidad, medidos sobre la base del área basal de la comunidad. El cambio de composición botánica producido durante el envejecimiento consistió en el reemplazo de especies implantadas,

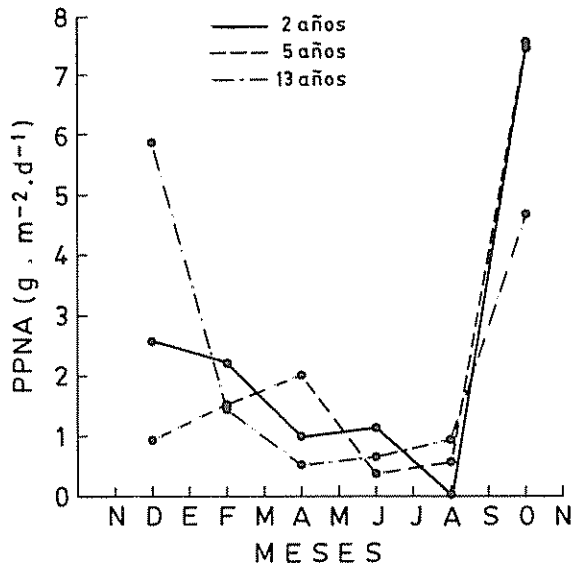


Fig 4 Cambios estacionales de la Productividad Primaria Neta Aérea de los tres sistemas comparados.

con máxima productividad primaveral, por dos grupos de especies espontáneas: uno de ellos con ese mismo ciclo anual de productividad y el otro con un máximo de biomasa verde hacia fines de primavera y comienzos de verano.

De acuerdo con estos resultados, las especies implantadas fueron reemplazadas primero por especies espontáneas que poseían el mismo ciclo de producción (inverno-primaverales) produciéndose más tarde la incorporación de las especies estivales. Estos cambios botánicos determinaron que las curvas de distribución estacional de la productividad de las pasturas de 2 y 5 años fueran más o menos semejantes entre sí; en cambio, fueran distintas a la de la pastura de 13 años. En el primer caso se trata de comunidades dominadas por especies de ambientes templados (implantadas en la pastura de 2 años y espontáneas en la de 5) que poseen el mecanismo fotosintético C_3 (1) y cuya productividad es máxima durante la primavera. En el caso de la pastura de 13 años codominan especies de este tipo (responsables del máximo de productividad primaveral) y especies de ambientes subtropicales con mecanismo fotosintético C_4 , responsables del mantenimiento de altos valores de productividad hasta comienzos del verano (Fig. 3). La coexistencia de ambos grupos en el pastizal de 13 años determinó que su productividad fuera menos estacional que la de los otros dos (Fig. 4). A pesar de estas diferencias botánicas y fenológicas, la productividad media anual fue semejante en los tres sistemas.

El hecho de que pasturas cuyas especies tienen un mismo ciclo estacional de productividad muestren la

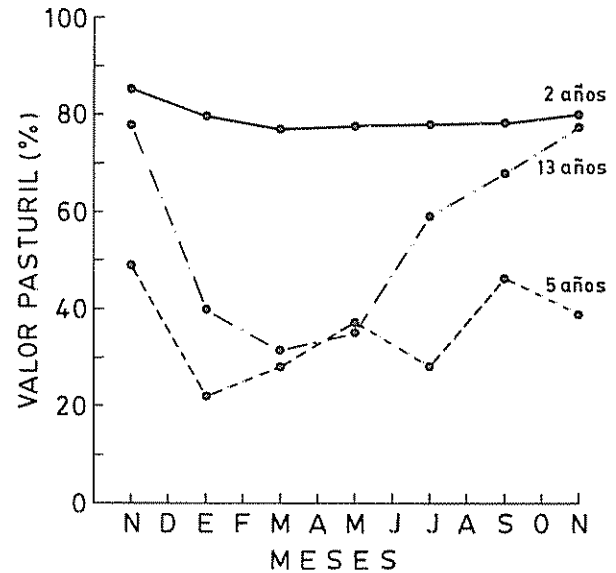


Fig 5 Cambios estacionales del índice de valor pasturil de los tres sistemas comparados.

misma productividad total que sistemas mixtos, con especies invernales y estivales, permite enunciar la hipótesis de que el factor limitante más frecuente de la productividad de estas pasturas es un elemento factible de ser almacenado, como el agua o los nutrimentos, ya que si el factor limitante fuera la luz, el sistema mixto debería tener mayor productividad.

Algunos autores que estudiaron la productividad, luego del abandono de campos de cultivo en Estados Unidos, obtuvieron resultados similares a los descritos en este estudio. Tanto Odum (12) como Mellinger y McNaughton (10) observaron escasas diferencias en la productividad primaria neta total de sistemas de diferente edad mientras que la composición botánica de esos sistemas fue muy diferente. También, al igual que en nuestro caso, observaron importantes diferencias fenológicas en las especies que componían los distintos estados sucesionales y una disminución en el grado de sincronía con que las especies alcanzaban su máxima producción de biomasa anual, a medida que la sucesión avanzaba. Ambos fenómenos determinaron que la productividad de los sistemas más maduros mostrara una estacionalidad menos notable que la de los sistemas jóvenes.

La ausencia de diferencias en la productividad primaria de sistemas de distinta edad, sugiere que los cambios estructurales de la comunidad no generan necesariamente cambios en un aspecto importante de su funcionamiento, como es la productividad primaria aérea total. En nuestro caso, esto determinaría que el reemplazo de un pastizal natural por una pastura implantada no significaría un aumento en productividad.

primaria por el solo hecho del cambio de especies que implica. De la misma manera, la pérdida de importancia de las especies implantadas y la reinstalación gradual de las espontáneas durante el envejecimiento no debería ser entendido como un deterioro o degradación de las mismas, al menos, desde el punto de vista de la productividad primaria. Si se tiene en cuenta el valor pastoril (Fig. 5) se puede ver que la implantación de una pastura permite obtener un pastizal de alta calidad durante los primeros dos años. Esta calidad disminuye abruptamente cuando comienza a disminuir la importancia de las especies sembradas y a aumentar la de un grupo de especies espontáneas colonizadoras, las cuales tienen escaso valor forrajero. Luego éstas son reemplazadas por las especies que tenía el pastizal antes de la implantación de la pastura (8, 9), con mayor calidad forrajera que las pioneras, lo que determina que el valor pastoril de la pastura de mayor edad sea mayor que el de la de edad intermedia y en algunos momentos del año, semejante al de la más joven.

Las diferencias existentes entre los tres sistemas en relación con el grado de dominancia y de sincronía con que las especies alcanzan la máxima producción de biomasa y en relación con la estacionalidad de la productividad llevan a pensar que, a medida que el envejecimiento de las pasturas avanza, se produce una disminución en el tamaño del nicho de las especies que componen los sistemas de diferente edad (10). Esta especialización en el tiempo de la demanda de recursos sería parte importante del mecanismo de invasión de las especies espontáneas y del aumento de la diversidad específica.

Una consecuencia práctica del aumento de la diversidad y de la disminución del grado de sincronía en la productividad de las especies, es que el error de subestimación de la productividad que se comete al estimarla sobre la base de datos de biomasa correspondientes a grandes compartimientos, como biomasa total o biomasa verde, es mayor en el caso de sistemas y de mayor edad (10, 12). Esto significa que las comparaciones de productividad primaria de pasturas de diferente edad o de pasturas y pastizales naturales (usualmente, mucho más diversos) pueden tener poco valor si no son realizadas con métodos basados en la separación de los datos por especies.

Finalmente, es importante hacer notar que las curvas que muestran la dinámica estacional de las tres pasturas (Fig. 4) fueron poco semejantes a la que usualmente se atribuye a los pastizales de la región pampeana, con dos máximos en otoño y primavera y dos mínimos en invierno y verano. La pastura de 5 años fue la que más se asemejó a ese modelo aunque el máximo de otoño fue de muy poca importancia. La curva de la pastura de 13 años, en cambio, fue

muy semejante a la obtenida por Sala *et al.* (15) en un pastizal de la Depresión del Salado en el que coexisten especies invernales y estivales. Aquéllas determinarían el alto ritmo de crecimiento primaveral temprano del pastizal, mientras que las estivales prolongarían el lapso en que la productividad es alta hasta comienzos del verano. Este último efecto, de acuerdo con lo observado en la Fig. 4, se logra a costa de una menor productividad en la primavera temprana, lo cual estaría indicando que, a pesar de sus diferencias fenológicas, existiría cierto grado de competencia entre invernales y estivales durante ese periodo.

LITERATURA CITADA

- 1 BLACK, C.C. 1971. Ecological implications of dividing plants into groups with distinct photosynthetic production capacities. *Advances in Ecological Research* 7:87-114.
- 2 CAUHEPE, M.; LEON, R.J.; SALA, O.; SORIANO, A. 1982. Exaequo. Pastizales naturales y pasturas cultivadas. Dos sistemas complementarios y no opuestos. *Revista Facultad Agronomía* 3(1):1-11.
- 3 CAUHEPE, M.; HIDALGO, L.G.; GALATOIRE, A. Valoración zootécnica de pastizales de la Depresión del Salado. *Revista Argentina Producción Animal* (en prensa).
- 4 DAGEI, P.; POISSONET, S. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agronomiques* 22(1):5-41.
- 5 DEREGIBUS, V.A. 1979. ¿Pastizales naturales o pasturas cultivadas? *Revista CREA* 80:54-60.
- 6 FRLCERO, M.; MARCHEGGIANI, G. 1980. Escarificación de pasturas. *Revista CREA* 82:12.
- 7 LEON, R.J.C.; BURKART, S.E.; MOVIA, C.P. 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado (Pdos. de Magdalena y Brandsen). INTA. Serie fitogeográfica No 17.
- 8 LEON, R.J.C.; OESTERHELD, M. 1982. Envejecimiento de pasturas implantadas en el Norte de la Depresión del Salado. Un enfoque sucesional. *Revista Facultad de Agronomía* 3(1):41-49.
- 9 LEON, R.J.C.; RUSCH, G.M.; OESTERHELD, M. 1984. Pastizales pampeanos-impacto agropecuario. *Phytocoenología* 12(2/3):201-218.
- 10 MELLINGER, M.V.; MCNAUGHTON, S.J. 1975. Structure and function of successional vascular plant communities in Central New York. *Ecological Monographs* 45:161-182.
- 11 NOACCO, N. 1981. Rejuvenecimiento de praderas. *Revista CREA* 88:33-40.
- 12 ODUM, E.P. 1960. Organic production and turnover in old-field succession. *Ecology* 41(1):34-49.

13. ODUM, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164:262-270.
14. ROJAS PANELO, F. 1977. Análisis de praderas en el CREA Tapalqué. *Revista CREA* 65:35-43
15. SALA, O.; DEREGIBUS, A.V.; SCHLICHTER, T.; ALIPPE, H. 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34(1):48-51.
16. SANCHEZ, R.O.; FERRER, J.A.; DUYSOVICH, O.A.; HURTADO, M.A. 1976. Estudio pedológico integral de los Pdos. de Magdalena y Brandsen (Provincia de Buenos Aires). *Anales LEMIT*, 2(310):1-131.
17. SERRANTES, E. 1975. Estado de las pasturas en el S.O. de Buenos Aires. *Revista CREA* 56:36-44
18. ZAFANELLA, M. 1976. El decaimiento de los alfalfaes en la región de invernada. *Revista CREA*, 60:18-42.

Notas y comentarios

Las encuestas populares y la ciencia

Estamos acostumbrados a que las encuestas periódicas (y otras menos serias) revelan que buena parte del público tiene opiniones que van a contrapelo con el avance de los conocimientos científicos acerca del mundo que nos rodea. Esto puede ser debido a que la prensa cotidiana muchas veces juzga la información que disemina en relación con la venta del diario. Los recientes hallazgos sobre la forma como opera la catálisis, en los que han intervenido la mecánica cuántica y el reconocimiento de la interacción de las órbitas exteriores de electrones en los átomos para las reacciones catalíticas, que está llamado a revolucionar las industrias químicas y farmacéuticas que utilizan la catálisis, no interesan a la prensa. Ellos saben (o creen) que sus lectores prefieren leer sobre los Objetos Voladores No Identificados (OVNIS) o las profecías de Nostradamus y que eso es lo que aumenta la circulación del periódico. Las nuevas técnicas sobre las reacciones catalíticas han sido perfeccionadas por dos de los laureados del Premio Nobel de Química de 1986, Dudley Herschbach y Yuan Lee.

Esta tendencia no se presenta sólo en los países del Tercer Mundo, sino también en los países superdesarrollados. Tenemos, por ejemplo, encuestas recientes realizadas en Gran Bretaña, Francia y Estados Unidos, las que comenta brevemente *The Scientist* (vol. 1, no. 3. 1986). Aunque han sido realizadas independientemente una de otra, y con públicos distintos, lo que impide una comparación entre países, es interesante conocer sus resultados.

Gran Bretaña. Una encuesta entre adultos en Gran Bretaña encontró que: 1) Tres cuartas partes creen que la astrología es científica, pero sólo una pequeña mayoría cree que la ecología es también una ciencia; 2) treinta y tres por ciento de la población cree que la penicilina ataca a los virus; 3) veinte por ciento ve al dióxido de carbono como la principal causa de la lluvia ácida, y 4) treinta y siete por ciento cree que las proteínas "proveen la mayor parte de la energía que necesita el cuerpo humano, y 19 por ciento señalan a las vitaminas. Sólo 36 por ciento señalaron a los hidratos de carbono.

Estos resultados son parte de una encuesta de 1 033 personas en 80 lugares de todo el Reino Unido, y presentados por Arthur Lucas, del King's College, de Londres, en la reunión anual de la Asociación para el Avance de las Ciencias, en setiembre de 1986. Un 65 por ciento de los encuestados manifestó que estaban algo o muy interesados en las noticias científicas, casi tanto como los interesados en asuntos médicos, y ligeramente más que los que mencionaron los deportes. Pero, advirtió Lucas "dependemos de las definiciones propias del encuestado sobre lo que es científico" "Además de su creencia en la astrología como ciencia", agrega Lucas, "30 por ciento describieron a la cocina en igual forma". Y más gente (28 por ciento) describió la teología como científica, que los que describieron (24 por ciento) a la sociología como ciencia.

Francia. La encuesta francesa, fue realizada por la revista de interés general *Okapi*, entre 5 000 lectores adolescentes. Apareció como un cuestionario en los 350 mil ejemplares de la revista, y pidió a los lectores escoger entre cuatro experiencias hipotéticas basadas en la ciencia. La más popular fue la de viajar hacia

atrás en el tiempo (46 por ciento), seguidos por visitar el espacio (17 por ciento) y comunicarse por telepatía (10 por ciento). Más del 80 por ciento creían que la ciencia nunca hará a los humanos inmortales.

Casi 90 por ciento de los jóvenes esperan que los científicos encuentren una cura para el cáncer dentro de 20 años. Un poco más del 40 por ciento cree que la ciencia eliminará el hambre del mundo en ese período, 61 por ciento piensa que se hará más fácil la vida, y 15 por ciento espera que en ese período los científicos harán explotar al mundo en millones de pedazos. A pesar de los temores de este último grupo, el Ministro de Investigación y Tecnología de Francia, Goery Delacote, quien auspició el estudio, comenta que los resultados indican un optimismo considerable acerca de la ciencia, acoplado con un nivel significativo de ansiedad. Mientras un número de encuestados dijeron que estaban "fascinados", "confidentes" y "entusiastas" con la investigación científica, casi la misma proporción confesaron también sentirse con "miedo". Los jóvenes dijeron que los Estados Unidos estaban haciendo la mayor contribución a la ciencia, seguido por Japón y la Unión Soviética. A su propio país, Francia, lo colocaron en cuarto lugar.

La televisión es una importante fuente de información científica para la mayoría de los jóvenes lectores, de 56 por ciento para los más jóvenes (9 y 10 años de edad) hasta 79 por ciento para los de 15 y más años. Las revistas especializadas son usadas por el 37 por ciento de los más jóvenes y 45 por ciento de los mayores. Los libros se colocan en 45 por ciento de los jovencitos y 27 por ciento de los menos jóvenes. La escuela es una fuente mayor para sólo un 35 por ciento de los más jóvenes y 21 por ciento de los adolescentes.

Encuestados sobre la importancia de varias materias académicas para sus respectivas carreras (que no se especificaron), 61 por ciento dijeron que ellos necesitarían "ser buenos" en matemáticas y 44 por ciento seleccionaron idiomas. La física fue escogida por un 32 por ciento, y solamente 25 por ciento escogió la biología.

Estados Unidos. No hay una encuesta similar sobre actitudes hacia la ciencia que se pueda comparar con las encuestas británica y francesa. Sin embargo, el National Science Board de la National Science Foundation revisa regularmente encuestas existentes en su publicación bial Science Indicators, una evaluación del estado general de la ciencia y tecnología en los Estados Unidos. Informa la edición de 1985:

1. Cuarenta y siete por ciento de 943 encuestados en un estudio de 1985, dijeron que ellos tenían "una gran confianza" en los líderes científicos. Los coautores, James Davis y Tom Smith, del Consorcio Universitario sobre Investigaciones Políticas y Sociales, subrayan que esta cifra supera al consenso público sobre los líderes dentro del gobierno, universidad, industria, y medios de comunicación.
2. Ochenta y cinco por ciento de 1 630 personas entrevistadas concordaron con la afirmación "La ciencia está haciendo nuestra vida más saludable, más fácil y más confortable". Pero 44 por ciento creen que la ciencia "hace cambiar nuestra manera de vivir demasiado rápido", y 29 por ciento temen que la ciencia "rompe las ideas de la gente sobre el bien y el mal". Este estudio fue llevado a cabo por Jon Miller para la Universidad de Pennsylvania.
3. Cerca del 60 por ciento de 1866 personas encuestadas en 1985 por Cambridge Reports dijo que, en general, la ciencia y la tecnología han "causado más bien que mal". Pero 73 por ciento de una muestra similar en 1973 expresaron esta misma creencia.

"La ciencia tiene mucho prestigio como concepto, y los científicos son vistos como personas brillantes y honestas en el concepto del público", dijo Donald Buzzelli, un jefe analista de la National Science Foundation, sobre el significado de las varias encuestas. "Al mismo tiempo, es como tratar con una religión remota. La mayoría de la gente no sabe quienes son los jefes de la comunidad científica". A.G.

Eyespot (*Kabatiella zae* Narita and Hiratsuka) Disease Progression Curves in Ten Maize Hybrids¹

C. M. Chinchilla*

ABSTRACT

Ten commercial maize hybrids were planted in isolation plots at two different locations. The development of eyespot disease caused by *Kabatiella zae* was followed throughout the growing season following artificial inoculation with fungus in mid-June. The number of lesions on a lower (5th or 6th), a middle (10th) and an upper (15th) leaf of ten plants per plot was estimated weekly and converted to a proportion of diseased tissue per leaf (X). The data were transformed using the Gompertz equation, and the k values (slopes) obtained by the regression analysis of $-\ln(-\ln x)$ over time were compared for the ten hybrids. Lesion diameter and number of conidia produced per lesion were determined also. The rate of increase of eyespot (k) differed among genotypes and among leaves. The middle leaves (older) were more susceptible than the upper leaves (younger) during most of the growing season. Larger k values were found for the more susceptible hybrids. The k value for leaf 10 varied from 0.008 (for H99 x A632) to 0.031 (for W64A x W117). The disease developed slowly on the upper leaves early in the season, but late in August, it developed rapidly in some hybrids. For example, B84 x B73 had an initial k value of 0.007 that increased to 0.129. However, W153 x A632 increased from k = 0.0116 to 0.04. This change in disease severity late in the season was not closely related with environmental conditions and occurred when plants had reached their physiological maturity. The k values, lesion diameter and sporulation per lesion were related; the more susceptible genotypes had the largest lesions and produced most conidia per lesion. Early maturity and eyespot susceptibility were also related.

INTRODUCTION

Eyespot of maize caused by *Kabatiella zae* has become a potentially serious problem to maize culture since report for the first time in Japan 1956 (1, 3, 13, 14). Favorable conditions for the disease, such as cool, humid weather and the presence of susceptible genotypes, are common to many of the maize producing areas where the disease appears to have become endemic (1, 3, 5, 11, 14).

Most of the information available on eyespot consists of reports of the disease in several countries;

¹ Received for publication on May 19, 1987.

Portion of a thesis submitted to the Graduate College of Iowa State University as a partial fulfillment of the requirements for the M.Sc. degree. The author is grateful to Dr. C.A. Martinson for his help and advice in the realization of this work.

* Laboratorio de Patología Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

COMPENDIO

Diez híbridos comerciales (B84 x B73, B84 x Mo17, A662 x CM7, B73 x Mo17, W64A x W117, A619 x A632, W153R x A632, W64A x B14A, W64A x CM105, H99 x A632) de maíz fueron plantados en parcelas aisladas en dos sitios. El desarrollo de la enfermedad se siguió a través de todo el ciclo del cultivo, luego de inocular artificialmente todos los genotipos con *K. zae*. Se estimó semanalmente el porcentaje de tejido enfermo (x) en diez plantas por parcela y se transformó usando la ecuación de Gompertz. Los valores de k (tasa de incremento de la enfermedad) se obtuvieron mediante el análisis de regresión de $-\ln(-\ln(x))$ en el tiempo y fueron comparados para los diez híbridos.

Los valores de k variaron estadísticamente entre los diez híbridos y de acuerdo a la posición de la hoja en la planta. Las hojas más viejas fueron más susceptibles que las hojas superiores más jóvenes durante la mayor parte del desarrollo de las plantas. Los valores superiores de k en las hojas intermedias correspondieron a los híbridos más susceptibles, estos valores variaron de 0,008 (H99 x A632) hasta 0,031 (W64A x W117). En la parte superior de las plantas, la enfermedad se desarrolló lentamente al inicio, sin embargo, en algunos genotipos aumentó explosivamente al final del ciclo del cultivo. Por ejemplo, en el híbrido B84 x B73, k aumentó desde un valor inicial de 0,007 hasta k = 0,129. Este cambio en la severidad de la enfermedad no estuvo claramente relacionado con el cambio en los factores ambientales. Los valores de k, el diámetro de las lesiones y la esporulación/lesión estuvieron correlacionados: los híbridos más susceptibles tenían las lesiones de mayor tamaño y permitieron una mayor esporulación/lesión. Los híbridos de madurez tardía fueron más resistentes a la enfermedad que los de madurez temprana.

epidemiological data is scarce, particularly on the development of the epidemic over time in different host genotypes (1, 3, 4, 5, 11, 13, 14). This information is important because it may lead to a better understanding of the disease and to the development of more appropriate control measures.

The purpose of this study was to determine the pattern of disease development over time in ten commercial maize hybrids after artificial inoculations with *Kabatiella zae*.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out during 1981 at two sites near Ames, Iowa. Ten corn hybrids were planted in isolation plots that were arranged in a completely randomized block design with three replications. Each plot consisted of four rows that were 10 m long and 76 cm apart.

The plants in each row were separated by about 25 cm. Plots were bordered by 3 m and 12 m of the resistant hybrid Mo17 x B73 (11).

Inoculum production and inoculation

Inoculum of *K. zeae* was increased using a procedure developed by C.A. Martinson (Eyespot inoculum production, Iowa State University, Ames, Iowa, 1981. Personal communication). Inoculum was produced on potato-dextrose-broth that was poured into 500 ml flasks and autoclaved. The flasks were seeded with a plug of a young PDA grown culture of *K. zeae* and shaken for two weeks on a New Brunswick RB-25 reciprocal shaker at room temperature (23-25°C).

The contents of each flask (mostly stroma) was centrifuged at 16.300 x g for three minutes and the residue was blended and diluted to about 23 000 pieces of stromatic hyphae/ml (about 8-50 cells each).

Plants at the fourth leaf stage were inoculated by spraying about 20 ml of inoculum into the whorl. One week later, the plants were reinoculated with stromatic hyphae prepared as before, but dried and mixed with a fine quartz sand (Martin Marietta Grade 37). The contents of each flask was mixed with 2 kg of sand. The sand-inoculum was poured into the whorl of the plants (1 g/plant)

Disease progression curves

The number of lesions/leaf was estimated weekly (Table 1) on three leaves (a lower (6th-7th), middle (10th) and upper (15th) leaf) on ten plants in the two central rows of each plot. The same leaves on the same plants were sampled throughout the experiment. The amount of disease was standardized as number of lesions/100 cm² of leaf area. The proportion of diseased tissue was estimated as the ratio of number of lesions/100 cm² of leaf area and the maximum possible number of lesions in 100 cm². The maximum possible number of lesions was established to be about 315 lesions/100 cm² for the lower leaves and 1286 for the middle or upper leaves. The leaf area was estimated using the equation described by Mulamba and Mock (14).

Data analysis

The logistic equation can be used to describe the progress over time of many foliar diseases and is commonly used in epidemiological studies (2, 7, 8, 9, 10, 15). However, there has been considerable criticism of the use of this equation to describe all polycycle-type diseases (2, 7, 8, 9, 10, 15). Gompertz developed a function that was introduced into the plant pathology literature by Berger R (2). The function derives from the differential equation $dy/dt = ky(\ln 1 - \ln y)$, where Y is the proportion of diseased tissue, t is time and k represents the rate of disease

Table 1. Rating scale used to estimate lesions of eyespot disease of maize per leaf.

Class	Lesions/leaf		
	Class interval	Class midpoint	Increment of increase
0	0	0	0
1	1 - 10	5	5
2	11 - 25	18	13
3	26 - 50	38	20
4	51 - 100	75	37
5	100 - 200	150	75
6	200 - 400	300	150
7	400 - 700	550	250
8	700 - 1 100	900	350
9	1 100 - 1 600	1 350	450
10	1 600 - 2 200	1 900	550
11	2 200 - 3 000	2 600	700
12	3 000 - 4 600	3 800	1 200
13	4 600 - 7 000	5 800	2 000
14	7 000 - 9 000	8 000	2 200

increase over time and is equivalent to the apparent infection rate *sensu* Van der Plank (2, 8, 9). The equation can be integrated to yield $Y = \exp(-B \times \exp(= kt))$, which can be linearized to $-\ln(-\ln Y) = -\ln B + kt$, where the term $-\ln B$ describes the amount of diseased tissue at time zero.

In this experiment the data on disease proportion for randomly-picked replications of each genotype were analyzed initially using both the logistic (15) and the Gompertz (2) functions. Both equations seemed to fit the data reasonably well, but in most cases the initial data point fit the regression line much better with the Gompertz transformation than with the logistic transformation. Further analysis of residuals from the predicted regression lines showed a better fit of data to the Gompertz equation. Therefore this equation was used to transform the data on proportion of disease on the different leaves of the ten hybrids. Individual regression analysis was done for each hybrid by replication. The k values obtained as the regression coefficient of $-\ln(-\ln(y))$ over time were compared to determine differences among genotype reactions to the eyespot disease.

Determination of lesion diameter and sporulation potential

Data on diameters of the necrotic area of the lesions were taken on the tenth leaf of five plants per plot eleven weeks after the first inoculation at one location.

The number of conidia produced per lesion was estimated twelve weeks after the first inoculation and again nine days later. For the first reading, only five hybrids were sampled. Sufficient pieces of leaves

were cut from the tenth or eleventh leaf to yield 100 young lesions per sample (one sample per plant and five plants per plot). The pieces were washed with a 0.1% solution of polyoxyethylene sorbitan monolaurate (Tween 20) and gently brushed with a camel hair brush to remove spores already formed. Each sample was placed on moist filter paper in a petri dish at room temperature for 48 hours. The spores produced were then washed with a known volume of water containing five drops to one of Tween 20. The concentration of spores was calculated with an haemocytometer and expressed as the number of spores per lesion. The second set of samples was taken from the twelfth to thirteenth leaf of all ten hybrids but from only one replication in the field.

RESULTS

Disease progression curves

Symptoms of eyespot appeared nine days after the first inoculation in all ten hybrids. Despite the uniformity in the incubation period, the severity of the disease varied by genotype. Hybrids A662 x CM7 and W64A x W117 were the most affected, while H99 x A632 and B84 x B73 had only a few lesions per leaf (Table 2). The presence of necrosis due to causes other than eyespot (physiological aging and inadequate soil moisture early in the season) made the estimation of disease severity in the lower leaves difficult and not totally reliable. Clear differences among genotypes, however, appeared early in the season (Table 2).

The disease increased very slowly in the middle leaves of H99 x A632 and at an intermediate rate in B84 x B73, A619 x A632 and B73 Mo17. The hybrid

Table 2. Number of lesions on the 6th or 7th leaf nine days after inoculation of ten corn hybrids with stromatic hyphae of *Kabatiella zeaе* (actual lesions counts) on two locations.

Hybrid	Site 1	Site 2	\bar{X}
W64A x W117	83	97	90 a ²
A662 x CM7	87	84	86 a
W64A x B14A	55	50	53 b
W153R x A632	49	41	45 bc
W64A x CM105	40	42	41 bc
B84 x Mo17	43	36	40 bc
A619 x A632	21	50	36 bed
B73 x Mo17	27	39	33 bed
H99 x A632	35	25	30 cd
B84 x B73	20	26	23 d

1. Mean of three replications

2. Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($P = 0.05$).

H99 x A632 ended the season with only about 7% of diseased tissue. Conversely W64A x W117 and A662 x CM7 ended the season with a high percentage of diseased tissue, and much of the middle canopy died prematurely, presumably due to the severity of the attack (Fig 1). The development of the disease followed similar patterns at the two planting sites, and there was no statistical evidence of a location/hybrid interaction. The ranking of the ten hybrids based on the rate of disease increase over time (k values) on the middle leaf closely followed

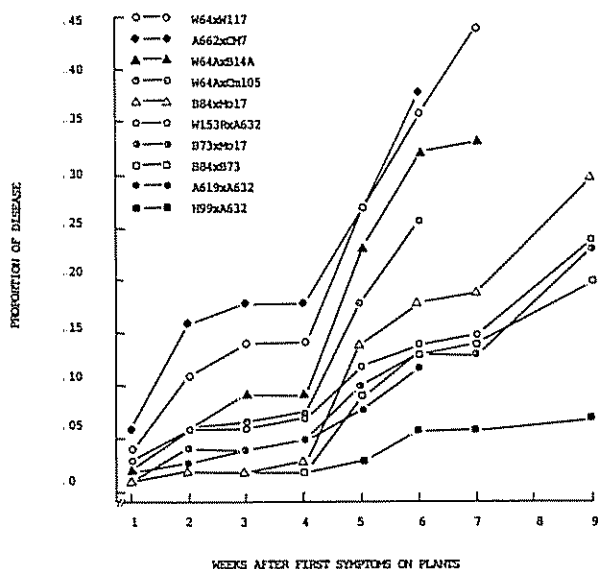


Fig 1. Proportion of eyespot disease at various reading dates on the middle leaf of 10 maize hybrids (data for one planting site).

the susceptibility of these varieties during much of the growing season (Table 3).

Eyespot disease progressed very slowly in the upper leaves of the plants during the first weeks of the epidemic. When plants reached maturity, the disease spread rapidly, although not at the same rate in all genotypes (Fig. 2). The level of disease changed drastically after the seventh week of observations on B84 x B73, B84 x Mo17 and W64A x W117. The first two hybrids reacted strongly, even though they had looked moderately resistant up to that time. A single k value was considered inappropriate to describe the development of the disease in the upper leaves, so one value was calculated for each of the two parts of the disease progress curve (DPC). The seventh week was considered to be the inflection point of the curve, separating two distinct phases of the epidemic (Fig 2.) The two slopes were calculated using a regression analysis described by Draper and Smith (6).

The k values for the second phase of the DPC were much higher than those for the first phase (Table 3). Hybrids B84 x Mo17 and B84 x B73 had the largest change in the k values. For two hybrids, W153R x A632 and H99 x A632, the k value increased very little late in the season. The hybrid A662 x CM7 matured very early, due perhaps to a severe attack by the disease, and therefore it was not possible to gather data for the second phase of the epidemic.

Sporulation and lesion size

During the first reading on spore production, the number of conidia per lesion estimated for W64A x W117 was five times greater than for H99 x A632.

Table 3. Mean values for k (slopes) for increase of eyespot disease on the middle and upper leaves of the maize hybrids (combined analysis with data from two locations).

Hybrid	Middle leaf	Upper leaf, through week 7	Upper leaf; after week 7
W64A x W117	0.0307 a ¹	0.0252 ab	0.1018 b
W64A x B14A	0.0296 a	0.0209 bcd	0.0630 cd
A662 x CM7	0.0289 ab	0.0294 a	—
W64A x CM105	0.0275 ab	0.0246 ab	0.0502 d
B84 x Mo17	0.0254 b	0.0188 cd	0.1275 a
B84 x B73	0.0196 c	0.0072 f	0.1294 a
B73 x Mo17	0.0178 c	0.0124 e	0.0833 bc
A619 x A632	0.0173 c	0.0223 bc	0.0745 c
W153R x A632	0.0155 c	0.0166 de	0.433 d
H99 x A632	0.0081 d	0.0073 f	0.0457 d

¹ Mean of six observations. Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (P = 0.05).

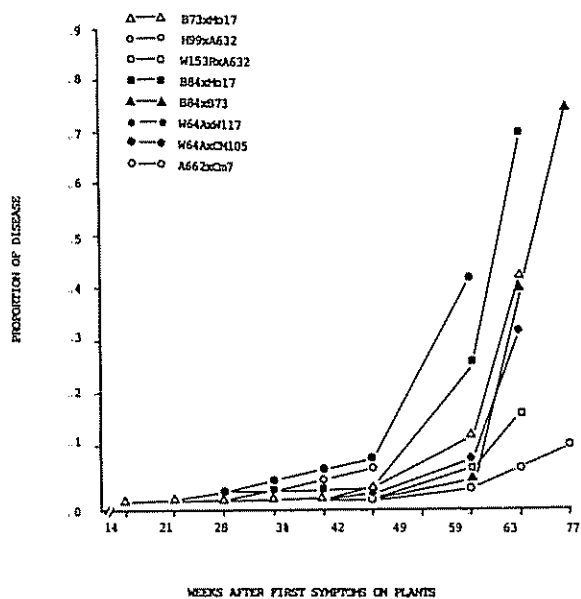


Fig. 2. Proportion of eyespot disease at various readings dates on the upper leaves of 10 maize hybrids (data for W64AxB14A and A619 xA632 were similar to W64xM105).

Considerably fewer spores were produced on A619 x A632 than on the more susceptible genotypes; these differences, however, were not significant (Table 4).

When spore production was evaluated for the second time, a striking change had occurred in the severity of the disease in some genotypes; these same hybrids also supported the strongest spore production.

Hybrids H99 x A632, W64A x CM105, W64A x B14A and W153R x A632 revealed the lowest production of conidia per lesion (Table 4)

The diameter of the necrotic center portion of the lesions was measured during mid-season and reflects the response of the hybrids before the disease changed in severity late in the season. The smallest lesions were found on the leaves of B84 x B73 and B84 x Mo17 and those hybrids containing A632 germplasm (Table 4).

DISCUSSION

The rate of increase of a disease over time is a good indicator of the degree of resistance of a

Table 4. Conidia produced per lesion *in vitro* and diameters of the central necrotic portion of lesions of eyespot disease in 10 maize hybrids.

Hybrid	Rating ¹	Conidia/lesion		Lesion diameter ²
		Aug. 20 ³	Aug. 29 ⁴	Aug. 17
B84 x B73	R	484 a	2 200 a	1.02 c
B84 x Mo17			1 712 ab	1.08 c
A662 x CM7			1 688 ab	1.37 ab
B73 x Mo17			1 463 b	1.26 b
W64A x W117	S	2 068 b	1 425 b	1.44 a
A619 x A632	I	965 b	1 400 b	1.11 c
W153R x A632			1 138 bc	1.11 c
W64A x B14A	S	1 787 b	1 138 bc	1.35 ab
W64A x CM105			488 cd	1.35 ab
H99 x A632	R	412 a	450 d	1.10 c

- Disease rating prior to the August 20 samplin
R = resistant, S = susceptible, and I = intermediate.
- Means of 3 replications; 50 lesions/replication; values in mm.
- Means of 3 replications; 4 samples of 100 lesions/replication.
- Means of 4 replications; each replication consisted of 100 lesions.
- Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, according to Duncan's Multiple Range Test (P = 0.05).

particular host genotype (2, 7, 8, 9, 10, 15). The development of eyespot disease during the growing season differed greatly among the ten hybrids studied; these differences were reflected in the rate of disease increase (k values), calculated using a regression analysis of the Gompertz transformed values of proportion of disease over time.

In general, it seemed that the middle (older) leaves of the plants were more susceptible to the disease than the upper (younger) leaves, at least during most of the growing season. The most resistant hybrid was H99 x A632. Its foliage remained green until very late in the season, because of its late maturity and a very low level of disease. The hybrid A662 x CM7 and the genotypes with W64A germplasm were the most susceptible. The inbred W64A has been considered very susceptible to eyespot disease (2, 11, 14). The other hybrids with A632 and B84 germplasm and B37 x Mo17 were less resistant than H99 x A632, but more resistant than the remaining five genotypes when judged on disease reaction in the middle leaves.

The diseases developed very slowly on the upper leaves during the first weeks in all ten hybrids, but after the plants reached maturity, it became very pronounced in some hybrids. This behavior made it necessary to analyze the DPC in two separate phases. Differences among genotypes during the first phase were significant but small when compared with differences found after plants matured. The two hybrids with B84 germplasm and B73 x Mo17 had very little diseased tissue during most of the season but showed a very rapid increase after mid-August. The inbred B73 is related to B84, and this change in disease reaction late in the season may indicate a real genetic response in these hybrids. The hybrid W64A x W117, which suffered a more severe attack early in the season, also exhibited a rapid increase of the disease during the second phase of the DPC in the upper leaves. The hybrid A662 x CM7 matured very early, due perhaps to a severe attack by the eyespot disease, and therefore it was not possible to gather data for the second phase of the epidemic. Lesions showed a marked tendency to coalesce in this genotype.

The lesions on the leaves of W64A x CM105 and W64A x B14A had a marked tendency to coalesce and form large necrotic areas; this presumably caused a premature death of the foliage, preventing new lesions from becoming established and inhibiting any appreciable change in the spread of the disease late in the season.

The reasons for the rapid change in disease severity on the upper leaves are not known, but this phenom-

enon has been observed in other studies as well (1, 3, 13). In the field, Arny *et al.* (1) observed that only a few lesions appeared on the plants during the early season, but when plants approached maturity, the infection became more widespread, particularly in the upper leaves. Cassini (3) observed that symptoms did not appear until leaves were completely developed. Arny *et al.* (1) concluded that maturing leaves were more susceptible than younger leaves.

In this study, only a few lesions were observed in young leaves. If we assume a constant incubation period of nine days, then we can expect the leaves to be almost fully expanded by the time lesions appear. The young leaves are obviously susceptible, since the method of incubation involves the placement of the inoculum in the whorl of the plants.

Attempts to relate disease development to rainfall and temperature were only partially satisfactory. The rapid increase of the disease in the upper canopy occurred during late August, after moist, cooler conditions had prevailed for about four weeks. These conditions supposedly favor the disease (1, 4). If this change in disease severity is truly a change in resistance, its mechanisms should be studied. This may require a more precise definition of the DPC, particularly during the later part of the growing season. An outbreak of the eyespot disease late in the season may have a minor effect on final yields, but this assumption needs experimental support. If maize is planted continuously under minimum tillage, a late increase in the spread of the disease could augment the amount of inoculum available for the onset of an epidemic in the next crop (1, 5, 11, 14).

An important factor that may determine the degree of resistance to the eyespot disease is the tendency of the lesions to coalesce and form large necrotic areas, rather than to remain as discrete lesions. Coalescing of lesions was rare in H99 x A632 and in the hybrids with B84 germplasm, where lesions remained discrete even after the death of the tissue.

Cassini (3) observed the phenomenon of lesion coalescence and stated that real differences among genotypes can be observed at the time of tasseling. He further found that absence of "burning" of the leaves can be used to estimate practical resistance to eyespot disease.

An apparent relationship between early maturity and susceptibility to eyespot disease was observed; hybrids A662 x CM7 and W64A x W117 were the earliest genotypes and exhibited a high degree of susceptibility from early in the season. This

susceptibility was reflected in the disease response after the initial inoculation and in the rate of disease increase on both the middle and upper leaves of the plants. Conversely, H99 x A632 was the latest to mature and also the most resistant genotype. Arny *et al.* (1) stated that cool, moist weather late in the season appeared to favor the disease, yet resistance was observed most often in the late maturing varieties.

This near consistent relationship between maturity and disease reaction is worthy of further study, to separate genetic resistance from physiological aging of the plant.

A good relationship seemed to exist between the rating of disease severity and the number of spores produced per lesion. Data were compared on the five hybrids for which sporulation had been determined twice, and this indicated a close correspondence between the amount of spores produced per lesion and the change in disease severity late in the season in those hybrids. For example, the number of spores per lesion in B84 x B73 changed from an average of 484 to 2 200 during the second sampling. The number of spores per lesion in H99 x A632 changed from an average of 412 to only 450, and this hybrid exhibited only a moderate increase in the level of disease late in the season.

The potential for conidia production was assessed by using areas of the leaves with discrete young lesions surrounded by green tissue. However many of the lesions may have been older than desired in some of the very susceptible hybrids. Sporulation from older lesions probably was less than from younger lesions and may have accounted for the low sporulation counts on W64A x B14A and W64A x CM105. A close relationship seemed to exist between disease ratings and diameter of the lesions: the most susceptible hybrid had larger lesions. The lesion diameter measured on August 17 related clearly with the sporulation data collected on August 20, as the larger lesions produced more spores. The lesion measurement did not relate with the sporulation estimates made on August 29; lesion size may, however, have altered with the change in disease severity.

The *k* values and the general susceptibility of the hybrids during the first part of the season also related to lesion diameter. The *k* values, lesion diameter, sporulation per lesion and lesion number are obviously related.

LITERATURE CITED

1. ARNY, D.C., SMALLEY, E.B., ULLSTRUP, A.J., WOLF, G.L., AHRENS, R.W. 1971. Eyespot of maize, a disease new to North America. *Phytopathology* 6(1):54-57
2. BERGER, R.D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71:716-719
3. CASSINI, R. 1971. *Helminthosporium maydis* Race T et *Kabatiella zeaе*. deux agents pathogènes du maïs nouveaux in France. Ministère de l'Agriculture, Paris. Bulletin Technique d'Information 264-265:1 067-1 072.
4. CHEZ, D., HUDSON, M. 1975. Le *Kabatiella zeaе* un novel agent pathogène du maïs au Québec. *Phytoprotection* 56:90-95
5. DINGLEY, J.M. 1973. Eyespot disease of maize in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 16:325-328.
6. DRAPER, N.R., SMITH, H. 1981. Applied regression analysis. 2nd ed. New York, John Wiley and Sons Inc. 256 p
7. JEGER, M.J. 1980. Choice of disease progress models by means of relative rates. *Protection Ecology* 2:183-188.
8. JOUVETT, D., BROWING, J.A., HANING, B.C. 1974. Nonlinear disease progress curves. In *Epidemics of plant disease mathematical analysis and modeling* Ed. by J. Kranz. New York, Springer, p 78-114.
9. KRANZ, J. 1974. Comparisons of epidemics. *Annual Review of Phytopathology* 12:355-374
10. LUKE, H.H., BERGER, R.D. 1982. Slow rusting in oats compared with the logistic and Gompertz models. *Phytopathology* 72(4):400-402.
11. MARTINSON, C.A. 1981. Corn diseases and cultural practices. Iowa State University Cooperative Extension Service CE-1602 J. 5 p
12. MULAMBA, N.N., MOCK, J.J. 1978. Improvement of yield potential of the eto blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology* 7:40-50
13. PENCIC, V., SMILJAKOVIC, H. 1971. Investigations of the resistance of self-pollinating lines and hybrids of corn to *Kabatiella zeaе* Narita and Hiratsuka. *Zastita Bilja* 22:323-328.
14. REIFSNEIDER, F.J. 1979. Studies on eyespot disease of maize and its causal agent *Kabatiella zeaе* Narita and Hiratsuka. Ph.D. dissertation. Madison, Wisconsin, University of Wisconsin 165 p
15. VAN DER PLANK, J.E. 1982. Host-pathogen interactions in plant diseases. London, Academic Press. 207 p.

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXVI

DICIEMBRE, 1986

No. 4

CONTENIDO

	Página
EDITORIAL	567
ARTICULOS GENERALES	
Impacto potencial de la biotecnología en el Grupo Andino — <i>Galo Montaña Pérez</i>	571
TRABAJOS DE INVESTIGACION	
NUTRICION HUMANA	
Relación de los hábitos de alimentación y el estado nutricional en niños preescolares en una comunidad rural — <i>Martha Patricia Coello, Sara Elena Pérez-Gil R. y Lucía Batrouni Kerkebe</i>	587
Home for the migrants: The Pueblos Jóvenes of Lima. A study of socioeconomic determinants of child malnutrition — <i>Pauline Herold and Diva Sanjur</i>	599
Trends and differentials in dietary patterns and nutrient intake among migrant Puerto Rican families — <i>Diva Sanjur, M.D.C. Immink, M. Colón, L. Bentz, M. Burgos and S. Alicea-Santana</i>	625
Diagnóstico da situação da hipovitaminose A e da anemia nutricional na população do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil. — <i>Rocival L. Araujo, M. Beatriz D. G. Araujo, Reinaldo O. Steiro, Rosângela D. P. Machado, e Brigitte Vinçon Leite</i>	642
Prevención de la carencia de hierro en lactantes mediante la fortificación de la leche. I. Estudio sobre el terreno de una leche semidescremada. — <i>Abraham Stekel, Manuel Olivares, Fernando Pizarra, Patricia Chadud, Marisol Cayazzo, Inés López y Mirna Amar</i>	654
NUTRICION EXPERIMENTAL	
Influência da desnutrição proteica sobre a função fagocitária de neutrófilos de ratos. — <i>Primavera Borelli Garcia e Doménico Barbieri</i>	662
Metabolismo energético durante el desarrollo de la placenta en ratas. — Efecto de la desnutrición materna crónica — <i>Julia Araya, Manuel Ruz y Ana María Aguilera</i>	678
Effects of some carbohydrates on iron absorption — <i>Martha Pabón de Roza, Darrell VanCampen and Dennis D. Miller</i>	688
Dietary protein supplementation. Fundamentals and examples of practical application — <i>J. J. Dreyer</i>	701
Efectos aditivos de la malnutrición proteínica y el cortisol sobre proteínas plasmáticas e inmunoglobulinas de ratas gestantes y sus neonatos. — <i>Emilia Muñoz-Martínez, Ascensión Marcos, Pilar Varela, María Teresa Unzaga y Gregorio Varela</i>	714
CIENCIAS DE ALIMENTOS	
Potentialization of the lactoperoxidase system for preservation of raw milk in the tropic — <i>M. A. Aparicio, L. M. Peralta and H. S. García</i>	725
Descascarado de sorgo en molino de abrasión — <i>Julio Ramón Corimayo, Rubén Ramón Gutiérrez y Marta Hilda Gómez</i>	734
Efeito da torrefação no perfil cromatográfico obtido por filtração em gel de extratos de café Arábica. — <i>Luiz C. Trugo</i>	745
COMUNICACION BREVE	
Algunos alimentos de humedad intermedia en el mercado chileno. — <i>José Miguel Aguilera R., Soledad Kozma O., Marcela Olivares H., Margarita Andrade C. y Guillermina Neimann K.</i>	754
NUEVOS LIBROS	759
NOTAS	763
CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA, Vol. 36, No. 1, 1986	766
INDICE GENERAL DEL VOLUMEN XXXVI, 1986	769
INDICE POR MATERIA	774
INDICE POR AUTORES	777
INFORMACION PARA LOS AUTORES	784

Especies Graminícolas de los Géneros *Drechslera*, *Bipolaris* y *Exserohilum* en Argentina¹

M. N. Sisterna*

ABSTRACT

The occurrence of Gramineous species from the genera *Drechslera*, *Bipolaris* and *Exserohilum* in Argentina is recorded. The fresh material and seeds examined were collected from different sites. The species are: *Bipolaris sorokiniana*, *B. spicifera*, *B. cynodontis*, *B. maydis*, *B. ravenelli*, *Drechslera teres*, *D. graminea*, *D. siccans* and *Exserohilum turcicum*. Taxonomical, morphological and physiological studies were carried out. Keys to these species are included. This is the first in-depth work on these three genera in Argentina.

COMPENDIO

En este trabajo se realizó un relevamiento de las especies graminícolas de los géneros *Drechslera*, *Bipolaris* y *Exserohilum* en la Argentina. Se trabajó sobre material fresco y sobre semillas de distinta procedencia. Las especies aisladas fueron: *Bipolaris sorokiniana*, *B. spicifera*, *B. cynodontis*, *B. maydis*, *B. ravenelli*, *D. teres*, *D. graminea*, *D. siccans* y *Exserohilum turcicum*. Se hizo el estudio taxonómico, morfológico y fisiológico de las mismas. Además con las especies encontradas se prepararon claves. Este es el primer trabajo integral hecho con estos tres géneros registrados que se hace en la República Argentina.

INTRODUCCION

Dentro del grupo de hongos imperfectos el género *Helminthosporium* Link ha sufrido, desde su creación (1809), numerosas revisiones taxonómicas. Las observaciones realizadas sobre ciertas especies revelaron variaciones en el origen, desarrollo y germinación del conidio, elemento reproductivo de gran significancia en la clasificación de los Deuteromycotina. Dichas especies incluyen numerosos agentes fitopatógenos difundidos principalmente sobre Gramíneas, que involucran cultivos de importancia.

Este complejo grupo de hongos fue reubicado reiteradamente en diversos taxones (*Drechslera*, *Bipolaris*, *Exserohilum*) y han sido numerosos los estudios que han intentado esclarecer el aspecto sistemático (5, 16, 17, 18, 29, 30, 32, 33).

En 1983, Alcorn (2) hizo una exhaustiva investigación en un intento por resolver las diferencias de opiniones con respecto a los límites genéricos en este importante grupo de fitopatógenos. Se basó principalmente en estudios sobre la germinación, ontogenia de los septos, morfología del conidióforo, forma y color del conidio y correlaciones de las formas perfectas con las imperfectas. Por los resultados obtenidos, concluyó reconociendo tres géneros perfectamente diferenciados: *Drechslera*, *Bipolaris* y *Exserohilum*. Esta clasificación es la que se acepta actualmente.

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Relevar las especies que se presentan sobre Gramíneas en la República Argentina, ocasionando problemas fitopatológicos.

¹ Recibido para publicación el 9 de julio de 1986.

* Trabajo realizado en la Cátedra de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Se agradece a los Ings. Agrs. Héctor Alippi, Juan C. Lindquist y Héctor Arriaga, por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo.

* Ing. Agrónomo. Ayudante Diplomado de la Cát. de Fitopatología de la Fac de Agronomía de la UNLP y Becaria de Perfeccionamiento del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

- Efectuar el estudio taxonómico, morfológico y fisiológico de los hongos involucrados
- Diseñar claves taxonómicas con las especies aisladas.

Este trabajo es el primer registro integral que se realiza sobre estos tres géneros de Hyphomycetes en la República Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Se contó con material procedente de la provincia de Buenos Aires (La Plata, Los Hornos, Punta Indio, Barrow, Chascomús, Miramar, Bordenave, Balcarce, Necochea, Pergamino); Santa Fé (Rafaela); entre Ríos (Paraná) y Salta (Orán).

Las especies de Gramíneas observadas fueron: cebada (*Hordeum* sp.) centeno (*Secale cereale*), espartillo (*Sporobolus* sp.), fromental (*Arrhenatherum elatius*), maíz (*Zea mays*), mata dulce (*Phalaris tuberosa*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), pasto romano (*Phalaris minor*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum* sp.), triticale (*Triticum* x *Secale*).

Se siguieron las técnicas más usadas en fitopatología: microscopía (observaciones morfológicas, mediciones micrométricas); aislamiento y cultivo (cámara húmeda, aislamiento directo, aislamiento a partir de tejido infectado); microcultivos; pruebas de sanidad de semillas. Se siguió la metodología recomendada por las Reglas Internacionales para tests de semillas (ISTA) (20); medios de cultivo utilizados: agar agua, agar papa glucosado, agar ciruela, agar harina de maíz, agar de Martín, agar de Czapek y agar V'8.

RESULTADOS

Esta sección se ha dividido en tres: a) Generalidades; b) Patógenos y c) Claves Taxonómicas. La subdivisión de los mismos se presenta a continuación:

Generalidades

Se trabajó sobre la base del aislamiento e identificación de las especies encontradas en el material relevado. De éstas se hizo el estudio taxonómico, morfológico y fisiológico de cada organismo, así como también los síntomas que provocan en los distintos hospedantes y su incidencia sobre los mismos. Las especies estudiadas fueron:

Bipolaris sorokiniana, *B. spicifera*, *B. cynodontis*; *B. maydis*, *B. ravenelli*, *Drechslera teres*; *D. graminea*. *D. siccanis*; *Exserohilum turcicum*.

Patógenos

1. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.
= *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. y Jain.
= *Helminthosporium sativum* Pammel, King y Bakke.
= *Helminthosporium sorokinianum* Sacc. ex Sorok.
Estado perfecto: *Cochliobolus sativus* (Ito y Kurib.) Drechs (6, 12).

Este hongo produce la mancha borrosa de la hoja de la cebada, el tizón del nudo y la mancha del escudete del trigo.

Se halla distribuido en todas las regiones cerealistas del mundo y en la República Argentina tiene distribución general, pero predomina en la región oeste de la zona cerealista. En este país, Marchionatto en 1930 (19) lo cita por primera vez sobre cebada (19) aunque se cree que existía desde muchos años antes. Vallega en 1935 (34) publica un trabajo muy completo sobre el ataque de este patógeno en los campos cerealeros argentinos.

Esta especie fue hallada en los siguientes hospedantes: cebada (en hojas recogidas en la Fac. de Agron. de La Plata); mata dulce y pasto romano (en hojas, Fac. de Agron. de La Plata); trigo (en hojas, Est. Exp. Los Hornos y en semillas recogidas en Pergamino, en Necochea y en la Chacra Exp. de Miramar); centeno (en hojas, Est. Exp. de Los Hornos y Fac. de Agron. y en semillas, Est. Exp. de los Hornos).

Sintomatología

El hongo puede ser transportado en el grano, que se utilizará como semilla, en el cual causa el escudete negro. En este caso, si no se evita la germinación, puede haber tizón de la plántula. Las plantas que sobreviven o escapan a este daño pueden ser atacadas por podredumbre del pie o podredumbre radical, ambas causadas por el mismo hongo. En las hojas, ocasiona una enfermedad llamada mancha borrosa, cuyo primer síntoma es la aparición de una pequeña manchita ocre, irregular, que luego se torna oscura.

2. *Bipolaris spicifera* (Bainier) Subram.
= *Drechslera spicifera* (Bain.) von Arx
= *Brachycladium spiciferum* Bainier
= *Curvularia spicifera* (Bain.) Boedijn
= *Helminthosporium spiciferum* (Bain.) Nicot
= *Bipolaris tetramera* (Mc. Kinney) Shoem.
= *Drechslera tetramera* (Mc. Kinney) Subram. y Jain.
Estado perfecto: *Cochliobolus spicifer* Nelson (22).

Es un hongo ampliamente difundido, que tiene muchos hospedantes. Algunos de los géneros que parasita son: *Agropyron*, *Beta*, *Cynodon*, *Festuca*, *Hordeum*, *Pennisetum*, *Setaria*, *Sorghum*, *Triticum*, *Vicia* y *Zea*. Es heterotálico y de escasa agresividad. Fue aislado de semillas de triticale y centeno, provenientes de la Est. Exp. de Los Hornos y de pasto miel de la Fac. de Agron. de La Plata.

Sintomatología

Las enfermedades que causa son, generalmente, podredumbre de pre y de postemergencia, pero puede ocasionar manchas en hojas, podredumbres radicales y enfermedades de postcosecha. Cuando ataca las semillas produce inhibición del crecimiento y a veces necrosis de las mismas.

3. *Bipolaris cynodontis* (Marig.) Shoem.
= *Drechslera cynodontis* (Marig.) Subram. y Jain
= *Helminthosporium cynodontis* Marignoni
Estado perfecto: *Cochliobolus cynodontis* Nelson (21)

Marignoni en 1909, describió este hongo en hojas secas de *Cynodon dactylon* (gramilla o "Bermuda grass") procedentes de Schio (Italia). Es común en muchos pastos, especialmente en el mencionado. Se encontró en semillas de *Agropyron*, *Hordeum*, *Festuca*, *Secale* y *Triticum*.

No se halló sobre su huésped típico sino en semillas de arroz y sorgo, provenientes de la Est. Exp. de Los Hornos, produciendo inhibición de la germinación.

Sintomatología

Produce marchitamiento y decoloración de las hojas. No se observan manchas.

4. *Bipolaris maydis* (Nisik. y Miyak.) Shoem.
= *Drechslera maydis* (Nisik. y Miyak.) Subram. y Jain
= *Helminthosporium maydis* Nisikado y Miyake
Estado perfecto: *Cochliobolus heterostrophus* Drechs. (6)

En la República Argentina, *B. maydis* fue detectado por Hirschhorn (9) en material proveniente de la Provincia de Tucumán.

Predomina en las zonas cálidas de todos los continentes. En la República Argentina, ha sido hallado en cultivos establecidos en el norte y el litoral pero no en la zona maicera tradicional. Bajo condiciones de campo, son susceptibles: maíz, teosinte y sorgo. También, *Agropyron repens* y *Festuca elatior*.

Smith *et al.* (31) en Estados Unidos de Norte América demostraron la existencia de dos razas que difieren en su patogenicidad, en plántulas de maíz con diferentes citoplasmas. Las denominaron: raza T, la cual ataca plantas con citoplasma de Texas (citoplasma T) para androsterilidad y raza O que es la común en Estados Unidos y probablemente en cualquier país en que el patógeno exista.

Para efectuar este estudio, el hongo fue aislado de hojas de maíz provenientes de parcelas experimentales establecidas en Orán (Salta)

Sintomatología

La raza común produce lesiones alargadas, de lados paralelos, color castaño-grisáceo, con un tamaño que oscila entre el diminuto hasta 1.5 x 4 cm. No ataca comúnmente la mazorca; en cambio, la raza T la ennegrece y la pudre afectando los granos seriamente; en las hojas produce profusas lesiones necróticas que se extienden hasta causar su marchitez total.

5. *Bipolaris ravenelli* (Curt.) Shoem.
= *Drechslera ravenelli* (Curt.) Subram. y Jain
= *Helminthosporium ravenelli* Curtis
= *Helminthosporium tonkinense* Karst. y Roum.
= *Napicladium ravenelli* (Curt.) Speg.
Estado perfecto: *Cochliobolus ravenelli* Alcorn (1)

Fue descrito por Curtis en 1848 utilizando material obtenido en Carolina del Norte y del Sur. Algunos investigadores argentinos, como Rivas (28), hace mención a la aparición de una gramínea (*Sporobolus indicus*) invadida por el hongo *Napicladium ravenelli* que podría provocar el "tembleque" del ganado; Marchionatto (19), en 1930, lo cita entre los hongos que afectan las gramíneas tóxicas para los animales. Finalmente, Ratera (25, 26) lo menciona en sus trabajos sobre plantas tóxicas.

Su aislamiento se efectuó de espigas de espertillo (*Sporobolus* sp.) de material autóctono obtenido en Punta Indio, provincia de Buenos Aires.

Ataca la inflorescencia, principalmente de especies de *Sporobolus* y ocasionalmente otros pastos (*Eragrostis* y *Panicum*).

Aunque de poca importancia económica debido a su amplia distribución en las regiones templadas del globo, *B. ravenelli* es uno de los miembros mejor estudiados de este grupo. Además, a pesar de su escasa trascendencia, cabe destacar que varios investigadores han comprobado la presencia de ravenelina, un producto metabólico del parásito que causa intoxicación en el ganado, en algunos materiales forrajeros.

Sintomatología

Las fructificaciones del hongo crecen directamente hacia afuera de la inflorescencia, formando una capa densa, suave, de aspecto aterciopelado, pardo verdosa oscura. Es difícil obtener especímenes de estos pastos libres del hongo por lo que la apariencia de la espiga enferma, tanto en color y en textura, hace que se le aplique a las gramíneas mencionadas los términos de "pastro tizón" o "pastro hollín" ("smut grass") como nombre común del hospedante, principalmente en Estados Unidos.

La infección es local y en sus estadios tardíos la capa de aspecto aterciopelado se transforma en una costra negra. Vista bajo lupa, esta costra está constituida por una masa de conidióforos que emergen de un conjunto de hifas miceliares hialinas que ocupan las capas superficiales de las partes florales afectadas.

6. *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem. = *Helminthosporium teres* Sacc.

Estado perfecto: *Pyrenophora teres* Drechsler (5).

Produce la mancha en red de la cebada. Tiene amplia distribución en todas las zonas productoras de este cereal. En la República Argentina, tiene distribución general pero predomina en la región húmeda provincias de Buenos Aires, entre Ríos y Santa Fe). En este país, la enfermedad es común en todas las variedades cultivadas de cereales y el patógeno es destructivo cuando ocurre sólo o sinergizado con otros agentes.

Afecta fundamentalmente a la cebada, pero también puede parasitar al trigo, la avena y a otras gramíneas.

Esta especie se encontró sobre hojas de cebada obtenidas en la Facultad de Agronomía de La Plata y en la Estación Experimental de Los Hornos.

Sintomatología

La mancha en red se manifiesta en las hojas en forma de manchas oblongas, al principio, pequeñas (1½ por ½ mm) y aisladas; después, se alargan hasta alcanzar varios centímetros quedando más o menos limitadas por las nervaduras y con la superficie marcada con estrias transversales u oblicuas, de color más intenso, que les imprimen un aspecto reticulado característico; finalmente, las manchas se hacen confluentes y así aumentan en ancho. Comúnmente las lesiones se localizan en la lámina de la hoja y pueden extenderse también a la vaina y hasta las espigas, pero, las manchas son difusas y el ataque más leve. Los conidióforos y conidios se desarrollan esparcidos sobre las lesiones.

7. *Drechslera graminea* (Rabenh. ex Schlecht) Shoem. = *Helminthosporium gramineum* Rab. ex Schlecht

Estado perfecto: *Pyrenophora graminea* Ito y Kuribayashi (12).

Produce la mancha listada de la cebada. *D. graminea* se aisló de hojas de cebada de la Estación Experimental INTA en Balcarce.

Es una enfermedad que tiene amplia distribución, tanto en países europeos, en Asia y Australia, como en varios países sudamericanos (Argentina, Chile, Perú y Uruguay).

En nuestro país, de las tres "helminthosporiosis" en cebada que se han aislado es la que tiene menor importancia económica; una de ellas porque se manifiesta esporádicamente y otra, porque es fácilmente controlable mediante el tratamiento de la semilla. Es un patógeno de la cebada cervicera pero afecta prácticamente a todas las variedades cultivadas. El hongo parece ser específico del género *Hordeum*, aunque existen algunas referencias de patogenismo en avena y maíz.

Sintomatología

Los síntomas de la enfermedad son evidentes, desde los últimos momentos del macollaje hasta que el cultivo madura. Los primeros síntomas en el estado de macollaje son estrias amarillentas en la lámina y vaina de las hojas más viejas. Estas estrias enseguida se vuelven color castaño, a medida que progresa la necrosis de los tejidos; finalmente, los tejidos se rasgan conforme las hojas maduran, quedando divididas en varias tiras o flecos.

Las espigas no brotan en muchas de las plantas enfermas y las que lo hacen se presentan atizonadas, retorcidas, comprimidas y de color castaño. La semilla, con las esporas localizadas en la región de las glumas, se siembra y al germinar se produce la infección difundiéndose intra e intercelularmente en los tejidos parenquimatosos, como así mismo a través del xilema.

8. *Drechslera siccans* (Drechs.) Shoem. = *Helminthosporium siccans* Drechsler

Estado perfecto: *Pyrenophora lolii* Dovaston (4).

Este hongo fue descrito por Drechsler en 1923, afectando hojas de *Lolium multiflorum*. Según este autor, el hongo producía manchas diminutas, longitudinales, marrón oscuras, de 0.1 a 0.3 mm por 0.2 a 1 mm. Luego, se amarilleaban y marchitaban. También, se halló en *Lolium perenne* pero sin presentar manchas y el marchitamiento era poco diferenciable

del normal causado por sequía o madurez fisiológica de la planta.

Además es patógeno sobre *Festuca pratensis*; en semillas, se le encontró sobre *Avena sativa*, *Bromus unioloides*, *Festuca arundinacea*, *F. pratensis*, *Lolium perenne* y *Triticum aestivum*.

En este caso, se determinó en distintas gramíneas, tanto cerealeras como forrajeras: se encontró en semillas de trigo de la Chacra Experimental de Miramar; en semillas de triticale de la Estación Experimental de Los Hornos; en semillas de fromental y pasto miel, en material obtenido de la Facultad de Agronomía de La Plata, y en hojas de avena de la Estación Experimental de Los Hornos.

Sintomatología

Los síntomas aparecen en el follaje de las plantas, tanto jóvenes como maduras, como muchas manchitas pequeñas, alargadas, pardo oscuras, de apenas unos mm, aunque, a veces debido a coalescencia, adquieren dimensiones mayores; las manchitas terminan marchitando las láminas y finalmente las vainas de las hojas. Las inflorescencias se presentan manchadas y reducidas en su tamaño.

9. *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard y Suggs
= *Drechslera turcica* (Pass.) Subram. y Jain
= *Helminthosporium turcicum* Passerini
= *Helminthosporium inconspicuum* Cooke y Ellis

Estado perfecto: *Setosphaeria turcica* (Luttrell) Leon y Suggs (14).

Es el agente causal del tizón del maíz, "leaf blight" o "white blast" del maíz. Ha adquirido amplia difusión en diversos países de Europa, Africa, América y Australia.

Ha sido citado sobre maíz (*Zea mays*); sorgo (*Sorghum vulgare*), Sudan grass (*S. vulgare* var. *sudanense*), Johnson grass (*S. halepense*); *Panicum miliaceum* y *Euchlaena mexicana*. Se ha encontrado que es capaz de infectar cebada, avena, arroz, caña de azúcar y trigo, bajo condiciones experimentales. *E. turcicum* se detectó en hojas de plantas establecidas en ensayos de sorgo, conducidos en la Chacra Experimental de Chascomús y en hojas de maíz obtenidas de parcelas experimentales en Orán (Salta).

Sintomatología

La enfermedad se presenta sobre hojas de plantas jóvenes, como manchitas, al principio pequeñísimas (1.5 x 0.5 mm), aisladas, de color castaño-rojizo o pajizo, circundadas por un margen claro; después,

se desarrollan rápidamente; si la humedad ambiente es favorable, se vuelven confluentes y forman manchas extendidas en el sentido de las nervaduras y limitadas por ellas. Son de color pardo claro que puede cambiar al oscuro y con un margen castaño oscuro variable. Sobre ellas se puede observar, a simple vista y en ambas caras de la hoja, una efflorescencia de aspecto polvoriento y de color pardo negruzco, formada por conidios y por conidióforos del patógeno.

Las hojas afectadas se marchitan, retuercen y secan. El hongo puede alcanzar las espigas y ahí se presenta como una efflorescencia negruzca sobre las glumas.

El aspecto general de los maizales afectados es el de plantas marchitas, secas, con sus hojas colgando y más o menos retorcidas, como si hubiesen sufrido el efecto de las heladas.

Claves taxonómicas

Géneros

- A. Germinación por células polares e intermedias, en forma lateral. Conidios generalmente cilíndricos a subcilíndricos, rectos; el primer septo comúnmente delimita la célula basal; el segundo septo es más o menos medio en la célula superior; el tercer es distal. Hilio no protuberante, incluido en el contorno de la célula basal.

Teleomorfo: *Pyrenophora* *DRECHSLERA*

- AA. Germinación por células polares, en forma semi-axial, conidios rectos o curvos.

- B. Conidios fusoidales; el primer septo, medio a submedio; el segundo delimita la célula basal; el tercer es distal. Hilio algo protuberante.

Teleomorfo: *Cochliobolus* *BIPOLARIS*

- BB. Conidios fusoidales a cilíndricos u obclavados; primer septo submedio; el segundo septo es distal; el tercer, medio. Hilio algo protuberante.

Teleomorfo: *Setosphaeria* *EXSEROHILUM*

Especies

Género *Drechslera*

- A. Conidios generalmente constreñidos a nivel de los septos *D. teres*

- AA. Conidios no constreñidos a nivel de los septos.

- B. Conidióforos en grupos de 2 a 6; de hasta 250 μ m de largo, pero generalmente más cortos *D. graminea*

BB. Conidióforos solitarios u ocasionalmente en grupos, de hasta 400 μm de largo *D. siccans*

Género *Bipolaris*

A. Conidios con una longitud máxima menor a 80 μm

B. Conidios siempre con 3 septos *B. spicifera*

BB. Conidios del 1 a 9 septos.

C. Conidióforos simples de hasta 200 μm
. *B. cynodontis*

CC. Conidióforos ramificados, torulosos, formando una masa compacta que surge de una capa de hifas incrustada en las partes afectadas del hospedante; de hasta 600 μm *B. ravenelli*

AA. Conidios con una longitud máxima mayor a 80 μm

B. Conidios de paredes relativamente finas
. *B. maydis*

BB. Conidios de paredes gruesas *B. sorokiniana*

Género *Exserohilum*

A. Conidios de paredes finas; células basal y apical del mismo color que las interalares sin septos oscuros que las delimiten *E. turcicum*

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. De las nueve especies estudiadas, *B. sorokiniana* fue la que presentó mayor número de hospedantes (6) parasitando, en todos los casos, a las hojas y en tres de ellos a las semillas.
2. Afectando solamente a las semillas, se encontraron *B. spicifera*, *B. cynodontis* y *D. siccans* (excepto en avena, en la que atacó a las hojas).
3. Se observó que las especies se encontraron principalmente sobre gramíneas cerealeras más que forrajeras.
4. En cuanto a la patogenicidad, en términos generales los hongos involucrados presentaron mayores problemas parasitarios sobre hojas que sobre semillas.

5. De los resultados obtenidos cabe destacar la difusión de ciertas especies en hospedantes importantes como trigo, centeno, cebada, maíz, sorgo, aunque sin representar una seria amenaza para ellos.

6. *B. sorokiniana*, *D. teres*, *D. graminea*, *B. maydis* y *E. turcicum* fueron las especies más agresivas, teniendo una incidencia variable.

7. Sobre semillas, *D. siccans*, *B. spicifera* y *B. cynodontis* resultaron ser patógenos que, aunque constantes en las muestras analizadas, fueron débilmente agresivos.

LITERATURA CITADA

1. ALCORN, J.L. 1981 *Cochliobolus ravenelli* sp. nov. and *C. tripogonis* sp. nov. Mycotaxon 13:339-345.
2. ALCORN, J.L. 1983. Generic concepts in *Drechslera*, *Bipolaris* and *Exserohilum*. Mycotaxon 17:1-86
3. ANDERSEN, H. 1955. Species of *Helminthosporium* in cereals and grasses in Denmark. Friesia 5(1):80-89.
4. DOVASTON, H.F. 1948. A new species of *Pyrenophora* from Italian ryegrass. Transaction of the British Mycological Society 31:249-253
5. DRECHSLER, C. 1923. Some graminicolous species of *Helminthosporium*. Journal of Agricultural Research 24(8):641-740.
6. DRECHSLER, C. 1934. Phytopathological and taxonomic aspects of *Ophiobolus*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium* and a new genus *Cochliobolus*. Phytopathology 24(9):953-983.
7. ELLIS, M.B. 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes* C.M.I., Surrey, England.
8. ELLIS, M.B. 1976. *More Dematiaceous Hyphomycetes* C.M.I.; Surrey, England.
9. HIRSCHHORN, E. 1963. Los *Helminthosporium* del maíz en Argentina. IDIA.
10. HUGHES, S.J. 1958. Revisión de *Hyphomycetum* Aliquot Cum Appendice De Nominibus. Canadian Journal of Botany 36(6):727-836
11. ITO, S. 1930. On some new ascigerous stages of the species of the parasites on cereals. Proc. Imper. Acad. Tokyo 4(8):352-355.
12. ITO, S.; KURIBAYASHI, K. 1931. The ascigerous forms of some graminicolous species of *Helminthosporium* in Japan. Jour. Fac. Agric. Hokkaido Imper. Univ. Sapporo 29(3):85-125.
13. KENNETH, R. 1958. Contribution to the knowledge of the *Helminthosporium* flora on Gramineae. Bulletin Research Council of Israel Vo 6D:191-210.

14. LEONARD; K J.; SUGGS, E. 1974. *Setosphaeria prolata*, the ascigerous state of *Exserohilum prolatum*. Mycologia 66:281-297.
15. LUTTRELL, E. 1951. A key to species of *Helminthosporium* reported on grasses in the United States. Plant Disease Report Supplement 201:59-67.
16. LUTTRELL; E. 1954. Approaches to the classification of *Helminthosporium* species. Plant Disease Report Supplement 228:111-113.
17. LUTTRELL; E. 1963. Taxonomic criteria in *Helminthosporium*. Mycologia 55:643-674.
18. LUTTRELL; E. 1964. Taxonomy of *Helminthosporium* and related genera. Mycologia 56:119-132.
19. MARCHIONATTO; J.B. 1930. Sobre algunos hongos parásitos de las gramíneas tóxicas para el ganado. Bol. Min. de Agric. 29(4):457-462.
20. NEERGAARD, P. 1974. Report on Fourth Regional Workshop on Seed Pathology for Developing Countries. Copenhagen 22 p.
21. NELSON, R. 1964. The perfect stage of *Helminthosporium cynodontis*. Mycologia 56:64-69.
22. NELSON, R. 1964. The perfect stage of *Helminthosporium spiciferum*. Mycologia 56:196-201.
23. NISIKADO, Y. 1929. Studies on the *Helminthosporium* diseases of Gramineae in Japan. Ber. Ohara Inst. Landw. Forsch. 4(1):111-126.
24. PUTTERILL, K. 1954. Some graminicolous species of *Helminthosporium* and *Curvularia* occurring in South Africa. Bothalia 6:347-378.
25. RATERA, E.L. 1943. Las plantas tóxicas más comunes en la Capital Federal y sus alrededores. Ing. Agronómica 5(25):62-69.
26. RATERA, E.L. 1944. Plantas tóxicas y "sospechosas" para el ganado en la República Argentina. Ing. Agronómica 6(2):77-90.
27. RAYNER, R.W. 1970. Amycological colour chart. C.M.I., Surrey, England.
28. RIVAS, H. 1917. Contribución al estudio del "tembleque". Anales de la Sociedad Rural Argentina 52(51):338.
29. SHOEMAKER, R. 1962. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris* grass parasites segregated from *Helminthosporium*. Canadian Journal of Botany 37:879-887.
30. SHOEMAKER, R. 1962. *Drechslera ito*. Canadian Journal of Botany 40:809-846.
31. SMITH, D.; HOOKER, A.; LIM, S. 1970. Plant Disease Report 54:819.
32. SUBRAMANIAN, C.V.; JAIN, B. 1966. A revision of some Graminicolous *Helminthosporia*. Current Science 35:352-355.
33. TALBOT, P.H.B. 1973. On the genus *Helminthosporium sensu lato*. Australian Plant Pathology Society Newsletter 2(2):3-7.
34. VALLEGA, J. 1935. Agronomía. Rev. Centro Est. Agron. Vet. UNBA 28 No. 150-153.

Notas y comentarios

La educación integral y el desarrollo tecnológico

Muchos pensadores se han ocupado del fenómeno contemporáneo de lo que se podría denominar la pérdida de lustre del mito de la predominancia tecnológica británica, en contraste con el brillo ganado por haber iniciado la Revolución Industrial hace cerca de dos siglos. En un reciente libro, Corelli Barnett (2) hace una crítica aguda a la complacencia británica y a los sistemas educativos y culturas que hicieron que el progreso industrial, al hacerse más complejo y más científico, dejase atrás a la Gran Bretaña.

Hace un poco más de cien años, en la cumbre de la Revolución Industrial, ya se habían levantado voces sobre la debilidad del sistema británico. Así, Lyon Playfar, al terminar la Gran Exhibición de 1851, que mostró la culminación del desarrollo industrial británico, señalaba que "En este país tenemos eminentes

hombres 'prácticos' y 'eminentes' científicos, pero ellos no están unidos y generalmente caminan por sendas enteramente distintas... , debido a esta ausencia de conexión, hay a menudo una falta de estima y de comprensión de la importancia relativa del uno para el otro".

Y el mismo Playfar, después de la Exposición de París en 1867, volvió sobre el asunto: "La única causa sobre la cual había más unanimidad es que Francia, Austria, Bélgica y Suiza, poseen buenos sistemas de educación industrial para los expertos y administradores de factorías y talleres, y que Inglaterra no tiene ninguno. Una segunda causa, no admitida unánimemente, fue que los ingleses habíamos sufrido por la falta de cordialidad entre los empleadores y los trabajadores, engendrada por las numerosas huelgas y más particularmente, por la regla de muchos sindicatos (trades' unions) de que los obreros deben trabajar sobre la base de una habilidad promedio, sin dar rienda suelta a la destreza o habilidad que puedan poseer individualmente".

Así, pues, aquí existían dos ingredientes para un desastre final: relaciones inquietantes entre científicos y “hombres prácticos” y falta de adiestramiento tecnológico y administrativo para la industria británica. Dos y medio siglos antes, Francis Bacon había señalado otro ingrediente: “Se estima que es un deshonor en la enseñanza el descender a inquirir o meditar sobre cosas mecánicas” (1).

Barnett se pregunta si fue un golpe insólito de suerte que condujo a James Watt pasar por Birmingham en 1769 y encontrarse con Matthew Boulton. Porque de este encuentro salió el famoso motor a vapor que impulsó la Revolución Industrial que hizo mucho por restaurar la debilitada situación de Gran Bretaña como poder mundial. Watt, el inventor, había aprendido por experiencia que él era inapropiado para manejar un taller grande y se sintió satisfecho en dejar este problema a Boulton, el empresario, que era capaz, como artesano e inventor él mismo, de comprender las dificultades de Watt y de apreciar su talento. Pero, como hemos apreciado al comienzo, esta ejemplar cooperación entre un científico y un hombre práctico fue una excepción.

A pesar de las advertencias de algunos observadores, la ventaja de haber iniciado la Revolución Industrial permitió a los británicos sentirse satisfechos de su organización educacional hasta el final de la Segunda Guerra Mundial. Los éxitos industriales tempranos condujeron a los “hombres prácticos” a ser demasiado complacientes sobre su falta de conocimientos científicos básicos. Fallaron en ver lo necesario que iban a ser éstos para las siguientes fases más sofisticadas de invención. Fue casi un milagro que la contribución de la ciencia y la tecnología británicas funcionaran, para la supervivencia del país, en producir el radar a tiempo para la Batalla de Inglaterra en la Segunda Guerra Mundial.

Muchos ejemplos presenta Barnett. En 1945, hubo un intento de restablecer la industria fotográfica británica mientras Alemania estaba devastada. Los dibujos completos para la construcción de la cámara Leica se entregaron a una firma de instrumentos aeronáuticos, para poner en producción la cámara, con la ayuda del gobierno. Pero la firma desistió poco tiempo después; no podía producir la calidad de excelencia artesanal al precio de la Leica. Y, otro ejemplo: aunque los relojes prototipos para el original registrador de datos de vuelo “Midas” (la “caja negra”, otro invento inglés), fueron diseñados por un oficial de aviación en su propio taller, en Londres, él tuvo que encargar la producción a Suiza porque el nivel de artesanía necesario costaba allí menos, a pesar de que allí había un nivel más alto de costo de la vida

Es claro que hay grandes artesanos británicos, pero el sistema prevalente ha hecho que estos sean pocos. Los automóviles Rolls Royce, por ejemplo, son hechos por grandes artesanos que trabajan lentamente. Su calidad es excepcional, pero su precio de venta también lo es. Recuerdo haber visto, durante una visita a una gran hacienda azucarera del Norte del Perú, en los novecientos cincuenta, a un Roll Royce, que después de más de 20 años de uso por uno de los propietarios de la negociación, estaba funcionando perfectamente, sirviendo a los capataces en sus rondas diarias de supervisión de las tareas programadas y del crecimiento de los cañaverales. Pero, el problema es que, aparte de esos artistas de calidad, el resto de la población es incapaz de alcanzar el promedio general de las principales naciones industriales. Es por esto que construir un barco en Gran Bretaña demora tres veces más que en Dinamarca.

Es cierto, también, que la ciencia británica tiene mucho prestigio en campos tan diversos como radioastronomía, biología molecular y farmacología. Se ha dicho que los británicos tienen el mayor número de premios Nobel per capita del mundo. Pero, también se debe reconocer que el sistema no ha favorecido a que esto beneficie a la economía del país. Recordemos dos casos. Primero, la penicilina descubrimiento inglés por excelencia, no se explotó comercialmente por los británicos, ni se intentó patentar su producción farmacéutica. El resultado fue que el país tuvo que pagar después derechos a las universidades norteamericanas que habían patentado sistemas de producción masiva del antibiótico. Segundo, cuando César Milstein, el científico de Cambridge, nacido en Argentina, ganador del Premio Nobel de Medicina y Biología de 1984, quiso patentar, conjuntamente con su colaborador en Cambridge, George Köhler, el sistema para producir anticuerpos monoclonales, que ellos habían creado, las autoridades se opusieron, y ellos tuvieron que publicar de inmediato su trabajo en *Nature* (Cf. Turrialba, Vol 34, p 465), para asegurar por lo menos la prioridad de sus descubrimientos.

La lección que este sistema de sociedad nos enseña debe tenerse en cuenta en las políticas de desarrollo. Las escuelas de aprendizaje, de artes y oficios, como quiera que se les llame en nuestros países iberoamericanos, los institutos tecnológicos y escuelas de agricultura en varios niveles, creados en este siglo que está terminando, son factores que han contribuido al mejoramiento de algunos aspectos que han sido el sostén del desarrollo de nuestros países. Todos ellos deben ser apoyados y mejorados. Los frutos obtenidos hasta ahora en algunos de nuestros países así lo atestiguan. A.G.

The Isabela Fire: Galapagos Islands¹

R I. Gara*, P. Arnold*, J. Peters**, J. Montesdeoca***

RESUMEN

Entre los meses de marzo y mayo de 1985 varios incendios ocurrieron en la Isla Isabela, la mayor de las islas del Archipiélago de las Galápagos. El primero de estos incendios comenzó en una zona agrícola el 28 de febrero y el segundo comenzó el 3 de marzo en el Parque Nacional Galápagos. Desde el 14 de marzo, personal capacitado para combatir incendios forestales del Servicio Forestal Ecuatoriano (DINAF), miembro del Ejército Ecuatoriano y asesores de la AID combatieron estos incendios.

Las actividades asociadas al control de los incendios fueron: el establecimiento de una "brecha de tractor" durante el período del 14 al 20 de marzo con la intención de proteger los territorios de Puerto Villamil y Santo Tomás.

Posteriormente rodear el incendio del Parque Nacional y la llegada a la Isla de un destacamento de ingenieros del ejército ecuatoriano, junto con cuatro tractores adicionales, dos helicópteros y otros materiales de apoyo. Con la ayuda de estos combatientes se extendió la "brecha de Tractor" de una manera eficiente y agresiva, y así se rodeó el incendio en el Parque Nacional. A partir del 11 de mayo los incendios fueron controlados pero no extinguidos.

En junio, la Estación de Charles Darwin patrocinó una expedición para evaluar las consecuencias ambientales y económicas causadas por los incendios. Las conclusiones fueron las siguientes:

- 1) Los fuegos en las zonas agrícolas causaron pérdidas económicas reducidas (principalmente pérdida de cercas).
- 2) A pesar de que las porciones superiores de muchos árboles y arbustos fueron severamente dañadas, en la mayoría de las especies se observó retoño.
- 3) El horizonte A del suelo fue destruido en grandes extensiones del Parque Nacional debido al consumo de materia orgánica. El material residual, constituido principalmente por tephra, quedó suelto y expuesto a saturarse de agua.
- 4) El efecto del fuego sobre la fauna silvestre no pudo ser evaluado con precisión; sin embargo el control oportuno del fuego permitió proteger los habitats naturales de las tortugas (los galápagos) asegurando que ninguno de estos animales muriera.
- 5) El ecosistema de la Isla Isabela está condicionado a la presencia periódica de fuegos. Este hecho se infiere debido a que los principales representantes de la flora endémica tienen la capacidad de retoñar, especialmente el helecho arborescente *Cyathea weatherbyana*. Otros factores que apoyaron esta conclusión fueron: una elevada cantidad de carbón enterrado en suelos no afectados por el fuego, y los insectos que han coevolucionado con especies de árboles nativos y endémicas muestran una tendencia a colonizar estas especies de árboles dañados por el fuego en vez de especies introducidas.

INTRODUCTION

Several fires on the island of Isabela, the largest of the Galapagos Islands, attracted international attention from March through May, 1985, especially among people and organizations involved in environmental concerns. Rumors flew about destruction of habitat, loss of wildlife and even helicopter airlifts of the giant land tortoises. In actual fact, though the main fire was large by any standard, and at one time did threaten two colonies of tortoises, it caused little economic damage or harm to endemic wildlife. Accordingly, our aim is to review the Isabela fire and analyze possible environmental impacts of the event.

¹ Received for publication on April 18, 1986.

* U.S. Agency for International Development (AID) forestry advisors, Quito Mission.

** Peace Corps Volunteer, School of Forestry, University of Loja.

*** Ecuadorian Forest Service (DINAF) forester and coordinator of the AID/DINAF Project

Background

The outbreak of the fires was preceded by an eight-month drought in which no rain had fallen anywhere in Galapagos. Compounding the drought conditions was a buildup of fuel caused previously by the El Niño shift. The first fire on Isabela Island started on February 28, 1985, in the Santo Tomás agricultural area; a second fire was detected on March 3 in Galapagos National Park land (Fig. 1). Local people were conscripted to fight the first fire from March 1 to March 5. The second fire burned unchecked in the fern-sedge zone found on the upper flanks of the Sierra Negra volcano.

On Monday evening, March 4, a timely rain fell, and while it did not extinguish either fire, it slowed their progress. It was clear that if mop-up operations were not executed immediately the fires would take off again. The remaining hot spots should have been immediately extinguished, but this was not done as the Isabela residents believed the danger was over. It was not. By March 8, the beneficial effects of the rain were offset by resumption of low humidities, in-

creasing temperatures and return of steady winds. The long-standing drought was thus renewed and, with the winds picking up, a fire-front approximately 8 km long spread out along the southeastern and southern flanks of the Sierra Negra volcano. Similarly, a dozen renewed spot fires blazed fiercely in the agricultural area

On March 12, an Ecuadorian forester with fire training and AID's technical advisor in forest protection overflowed the fire and noted that it was out of control. They returned to Quito and prepared a list of required tools and supplies, as well as a plan for a cooperative fire suppression effort between the Ecuadorian Forest Service (DINAF) and Ecuadorian military personnel. On March 14 the first contingent of

fire fighters, including three DINAF foresters who were trained in fire suppression activities in the U.S., and a detachment of Ecuadorian special forces were dispatched to Galapagos.

The fundamental strategy, usually observed in any fire, was to first contain the fires and thus prevent their spread ("control"), and second, to systematically extinguish all hot spots ("mop-up"). The control phase was to be accomplished principally by construction of tractor lines around the fires; on an emergency basis, or in difficult terrain, construction of fire lines with hand tools also was anticipated.

Suppression activities in the National Park can be divided into three activity periods:

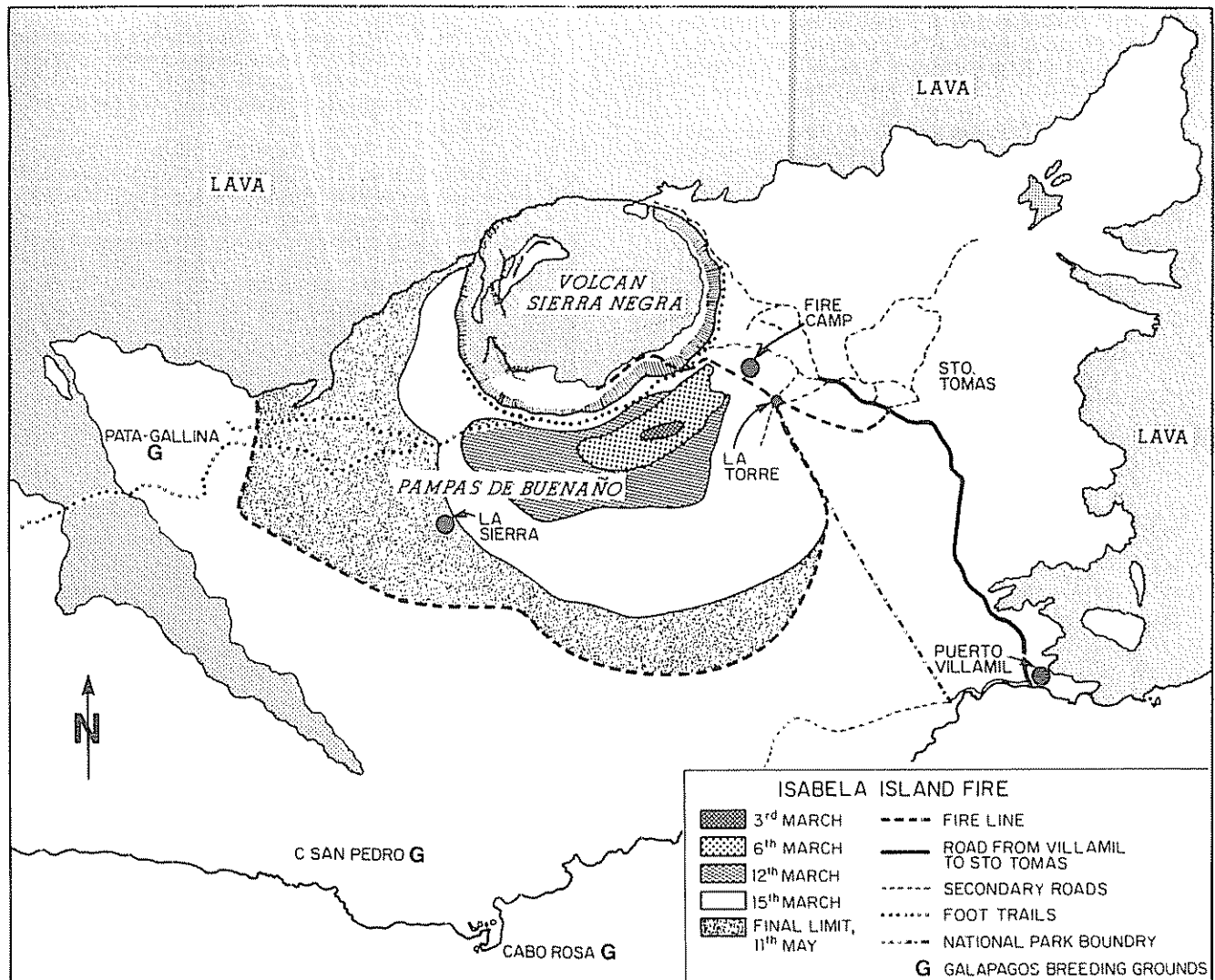


Fig 1 A section of southern Isabela Island, the largest of the Galápagos Islands, and a approximate history of the Galápagos National Park fire that began in March and was controlled on 11 May 1985

1. **14-20 March.** During this phase of the operation a base camp was established about four km south from the end of the road that climbed the southeastern flank of the Sierra Negra volcano. A tractor line, already begun by Park Service personnel, was containing the northeastern corner of the fire. This line was continued in its predominantly north-easterly direction until it merged with the principal north-south road from Puerto Villamil to the Volcano. In this manner, this fire break plus the road became a safety line that protected the agricultural and populated zone of the island (see Fig. 1). The tractor was then brought back to a point called "La Torre" and there joined battle directly with the fire again. The tractor pushed the line in a southerly direction by working along the edge of the fire ("direct attack") followed by personnel with shovels, backpack pumps, McLeods, and Pulaskis (specialized fire fighting tools sent by the U.S. Forest Service). These fire fighters worked on a 24-hour basis to prevent fires from crossing the tractor line. On occasions, however, the wind would briefly change its predominant southeast-northwest direction, and fires would jump across the fire line. This would result in sudden evacuation of personnel and equipment to safety areas constructed at intervals along the tractor line. Then the tractor and personnel would abandon the original line and construct new lines around the spot fires. Once the work routine between fire fighters and tractor operators was established, steps were taken to burn out fuels between the tractor line and the main fire. In practice, this action significantly reduced the amount of fuel available to the advancing fire; thus the occurrence of spot fires across the fire lines virtually disappeared. By 20 March the fire line had prevented any further easterly extension of the fire; the tractors had turned in a southwesterly direction and were rapidly cutting off the south flank of the fire (Fig. 1).

Another significant event took place in the vicinity of the Sierra Negra volcano and within the crater itself. A separate fire that extended southward from the volcano crater burned rapidly eastward, threatening to bypass the original fire line and the road, neither of which reached the volcano's rim. If this were to happen, the fire then would spread eastward into the agricultural area of Santo Tomás. At the same time, the vegetation within the crater caught fire and burned along the inner rim of the crater in an easterly direction; this fire also threatened to climb back up over the crater's rim and descend into Santo Tomás. With hand tools, and on a 24-hour basis, crews composed of military and Park Service personnel, together with a U.S. Peace Corps volunteer, built several kilometers of fire line around these blazes and stopped the advance of the fire. Working within the crater was particularly hazardous, as the

fire fighters had to descend almost vertical slopes and build fire lines down these inclines—an extremely dangerous situation with the fire nearby.

2. **23 March.** On this date, Admiral Santiago Coral, Chief of the Ecuadorian Joint Chiefs of Staff, called a meeting of key fire suppression personnel aboard the Ecuadorian naval ship Hualcopo. This meeting represented the major turning point in control and mop-up of the Isabela fire. During this meeting, DINAF's forester in charge of the fire presented a fire status report, a subsequent action plan prepared by his civilian and military staff, and a list of needs.

The plan outlined the following basic strategy:

- a. Building a tractor line along the southern flank of the fire as rapidly as possible in order to protect the coastal Galapagos tortoise habitats (*galapagueros*) of Cabo Rosa and San Pedro (Fig. 1);
- b. tying this line into a north-south lava flow about 10 km west of the southwestern corner of the fire—an action to completely protect the *galapagueros* and;
- c. building the tractor line along the western flank of the fire that would tie into the northern lava field (Fig. 1)—an action that would enclose and thus control the fire completely.

Efficient and timely completion of this plan would require additional tractors, better communication equipment and helicopters. After a brief discussion of this plan and other logistical matters, Adm. Coral accepted the strategy and promised the equipment needed within two to four days. In addition, he ordered the recently arrived Ecuadorian Army Corps of Engineers detachment to the fire. These personnel, together with all equipment requested, arrived at the fire within the four-day period.

3. **24 March-11 May.** During this period the engineers essentially took over fire control activities as outlined in the basic strategy. Despite personal hardships and difficult logistical problems (e.g., it took a supply truck 7 hours to drive from Puerto Villamil 15 km to the army camp), they efficiently and relentlessly finished constructing the tractor line along the southern boundary of the fire. At that point they were to continue the tractor line in a westerly direction in order to merge with the lava flow (Fig. 1). At the same time they were to construct a northwesterly line that eventually would turn north and thus enclose the entire National Park fire. They only completed the last project. Having accomplished this goal, they left the island together with all their equipment.

on May 11. Although the fire was not controlled, extinguishing it was left to the return of wet weather.

The Santo Tomás fire in the agricultural area included many small fires ranging in size from 1-25 ha. Eventually fire lines were constructed around these fires and mop-up procedures began in earnest with assistance from a U.S. Forest Service advisor who arrived in late March. However, he was later transferred to the National Park fire, and many of the Santo Tomás fires were never liquidated.

In June the Charles Darwin Research Station sponsored a field trip to assess the environmental consequences of the fire. On that trip, between 12-23 June, the fires of Isabela were still burning, though under control. It is true that the spectacular burning fronts that had stretched for some 20 km along the southern and western edges were gone. However, isolated fires in the central part of the burn (the area of "Pampas del Buen Año") smoldered in organic material of the soils' A horizon. These latent fires were not evident during the early morning and late afternoon fogs, but when mid-day skies cleared, relative humidities dropped and winds increased, smoke from these fires became evident and localized blazes emerged.

As expected, spot fires also were noted in the Santo Tomás agricultural zone. These fires were isolated events and they were burning in buried organic material; they continued to smolder even though there were drizzles and occasional heavy rains. As it happened, heavy rains did begin all over the island during the first week of July, and by July 12 there were no fires left on the island.

Impacts

The INGALA* representative of Puerto Villamil conducted a damage survey of Santo Tomás which showed that about 262 ha were burned, of which 197 ha were brushlands, 37 ha of grassland, 19 ha of coffee and 9 ha of bananas. The burned area represented about 4% of the total agriculture area (some 6,450 ha). The greatest financial loss was attributed to lost fences (wire, posts, staples, etc.) as some 18 130 m were damaged by either the fire *per se* or fire fighting activities.

Satellite images showed that about 14 500 ha of National Park lands burned. However, within this area there are many unburned areas (islands) that range in size from a few ha to over 200 ha. While forests on

the southern flank of the fire have few such islands, forests of the western flank have many. Large quantities of unburned fuels remain.

The National Park fire started on the upper slopes of the Sierra Negra volcano, about 7 km east of the "Pampas del Buen Año". The fire quickly charged uphill and westward in response to topographic profile, light fuels, and easterly winds. Once these fuels were consumed, the fire slowly but inexorably moved down slope (termed a "backing fire") and also expanded westward into very inaccessible areas. This backing fire on the eastern and southern flanks of the volcano systematically consumed light and regular surface fuels* as well as organic matter within the soil. However, there were seldom sufficient concentrations of medium and heavy fuels that, when ignited, would have provided energy for severe convection columns that could have carried sparks aloft or that could have ignited the aerial fuels (Table 1, "La Torre" area). For this reason, few tree crowns burned when the fire backed into the jaboncillo (*Sapindus saponaria*), *Trema micrantha*, and pega-pega (*Pisonia floribunda*) forests; when isolated crowns did burn, they lacked fuel continuity to spread.

In contrast to the fire's eastern and southern flanks, the fire on the western flank burned with the wind and quickly blazed down the western slopes of the volcano and into the guayabo (*Psidium guajava*), guayabillo (*P. galapageium*), pega-pega, lechosa (*Scalesia cordata*) and espino (*Zanthoxylum fagara*) forests of the dry plains west of "La Sierra". The fire of this area was wind-driven and spot fires were common as medium and heavy fuels burned along the way; as a result, the heat killed many trees. The greater fire intensity of the western flank is demonstrated by the extreme reduction of medium and heavy fuels in this area after the burn (Table 1); these two fuel classes profoundly influence fire intensity.

Because of sub-surface fuel consumption on the eastern and southern fronts, the roots of practically all trees of these areas were killed or severely wounded (the "La Torre" area of Table 1). For this reason it was difficult to find trees with surviving stems and crowns. In fact, not a single guayabo without a dead top was found in any of the line transects, but about 5% of the jaboncillos apparently were undamaged, 2% of the pega-pega, and less than 1% of the *Trema*. On the other hand, as the western

* Instituto Nacional Galápagos; the governmental entity that manages the financial, agricultural, developmental and technical aspects of the Galapagos islands.

* Fuels are classified as light, regular, medium, and heavy; light = 5 mm in diameter (grass, fern stems, leaves, etc.); regular = 5-25 mm (twigs, small stems, mostly brush and the like); medium = 25-75 mm (branches); heavy = greater than 75 mm (trunks, stumps, large branches, logs, etc.)

Table 1. A comparison between unburned and burned transects* in two forested areas of Isabela Island: one site, a "La Torre" was guayabo-fern type, the other site, "La Sierra" was guayabillo-lechoso-espino type.

Transect	Site	Fuel Quantity per Class (pieces/transect)			
		Light	Regular	Medium	Heavy
Unburned	"La Torre"	2 282	2 202	32	109
	"La Sierra"	1 210	710	195	401
Burned and Identifiable	"La Torre"	604	330	28	99
	"La Sierra"	218	126	39	215

* Fuels were sampled in unburned transects on the side of the fire line away from the fire, and in burned transects on the other side of the line. Fuel quantities were calculated from data collected from eight 201.2 m x 20.2 m transects on 16 June 1985 in "La Torre" and 20 June 1985 in "La Sierra"

flank of the fire consisted of a myriad of spot fires, only trees within these spots had dead stems and crowns.

Although the existing guayabo trees in the burn were seemingly dead, it appears that guayabo will recover its former sites quickly, as the species is a prolific stem, root crown and lateral root sprouter. Guayabos top-killed during a June 1984 fire near the "La Sierra" area already had resprouted and, moreover, doubled their basal area through root sprouting. Stem sprouts were also noted among the guayabillos, pega-pega, aguacates, jaboncillos, espinos, and *Trema*

In the short time since the fire took place, the dead and heavily damaged trees already were infested by ambrosia beetles (*Platypus*-like and *Xyleborus*-like scolytids). The most heavily infested trees were the jaboncillos, followed by guayabillo, pega-pega and *Trema*. The least attacked species were aguacate and guayabo. Although several endemic cerambycid species have been reported from Isabela, only a single larva was discovered.

From experience with a previous fire on the island of Santa Cruz, Dr. Tjitte De Vries (personal communication 1985) feels that the burned areas will be rapidly colonized by pioneering herbs, sedges, grasses and ferns. He found that the most conspicuous pioneers were *Pteridium aquilinum*, *Equisetum* sp., *Commelina* sp., and *Oxalis* sp.; within 18 months most of the affected areas should be revegetated. However, it may be more than 10-15 years before successional dynamics serve to reestablish preburn floral associations. In contrast, the forested areas will need 20-100

years before mature trees, especially the ubiquitous and endemic guayabillo, repopulate the burned areas.

The A soil horizons were destroyed over large areas where the fire systematically burned down the slopes of Sierra Negra volcano. In doing so, most of the organic material that held the soil particles together was consumed. The residual material thus was loose and often water-soaked as the porous tephra absorbed moisture. Most likely, redevelopment of the A horizons will parallel plant succession dynamics.

Overall, we suspect that the Isabela Island range and forest ecosystem is one conditioned by periodic fires. Support of this notion would be as follows:

1. The principal endemic flora are resprouters.
2. The highly endemic tree ferns (*Cyathea weatherbyana*), although severely burned and blackened, generally survived the fire; new fiddles were rapidly deploying beneath charred meristematic zones.
3. There was a substantial amount of buried charcoal fragments beneath clumps of unburned vegetation.
4. Immediately after trees endemic to Isabela or to the Galapagos Islands were charred, ambrosia beetles (Scolytidae) located and attacked these trees; exotic trees, such as guayabo and aguacate, were only slightly colonized by scolytids. These observations point to the tight ecological fit between the scolytids and their fire-damaged native hosts.

Reseña de libros

SHKOLNIK, M. YA. 1984. *Trace Elements in Plants (Development in Crop Science (6) Elsevier, Amsterdam. 463 p.*

Pocas áreas de la fisiología vegetal han avanzado tanto en los últimos años como la del papel de los elementos menores en los procesos metabólicos de las plantas, específicamente en el estudio de las enzimas

Nadie mejor que M. YA. SHKOLNIK para escribir una revisión sobre este tema. El autor es del Komarov Botanical Institute, de la Academia de Ciencias de la USSR, Leningrado. Hace treinta años escribió una monografía sobre el papel de los elementos menores en la vida de las plantas y la agricultura. A ese trabajo se suman varias decenas de otras publicaciones sobre el mismo tema. Adicionalmente y debido a la nacionalidad del autor, este libro informa sobre muchos de los descubrimientos de investigadores rusos y soviéticos, poco conocidos en occidente.

Otra característica importante del libro es que no solo cubre el papel de los elementos menores en la fisiología de las plantas, sino que también se hace énfasis en los aspectos botánicos de los elementos menores. Así contiene capítulos sobre el rol de los elementos menores en la taxonomía, la fitocenología, la anatomía y la organización estructural de las células vegetales, la embiología y la genética. También trata los elementos menores en relación con la evolución del metabolismo de las plantas en la biosfera y la ecología geoquímica

En cuanto al rol netamente fisiológico se tocan las enzimas con activadores metálicos y también los as-

pectos a nivel de biología molecular. Esto incluye los mecanismos de transferencia genética y energética, el control del metabolismo, la estructura y la función de los mitocondrios, cloroplastos, ribosomas y membranas celulares.

El libro está escrito en inglés y está documentado con una lista muy extensa de citas bibliográficas, las cuales cubren literatura de todas partes del mundo, haciendo en esta forma una de las revisiones más completas que puedan tenerse.

Es una lástima que no cuente con un buen índice de materias que podría haber ampliado muchísimo su uso y su utilidad

Aunque tiene varias ilustraciones, gráficas y tablas no es muy rico en este sentido, pero tiene suficientes figuras para cumplir los propósitos ilustrativos del texto. Las fotografías tienen poca nitidez.

El libro forma parte de la serie *Desarrollos en la Ciencia de los Cultivos (Developments in Crop Science)* de la cual es el número seis. Lo edita y distribuye Elsevier Science Publishers Co., Inc., P.O. Box 1663, Grand Central Station, New York, NY 10165, USA.

Resumiéndolo, se trata de una excelente revisión que pone al lector al día en los últimos avances logrados y el estado del conocimiento del papel de los elementos menores en la vida de las plantas. Constituye un valioso aporte y un instrumento indispensable para expertos e investigadores en agronomía, horticultura, ecología, biología y ciencias ambientales.

CARLOS E. FERNANDEZ
IICA. SEDE CENTRAL
COSTA RICA

Encalado de Ultisoles en Costa Rica. II. Aniones (P, B, S) y Elementos Menores Catiónicos (Fe, Cu, Zn, Mn)¹

A Cordero*, A. Chavarria**

ABSTRACT

The effect of liming on the response of P, B, S, Fe, Cu, Zn and Mn was evaluated in five ultisols of Costa Rica. Qualitative similarities were found in the responses obtained in the five soils. Phosphorus was not affected by increasing rates of lime, with regard to its sorption ability. In all cases, a quadratic trend was observed in which there was a higher phosphorus fixation rate when low concentrations of this element were added. The boron and sulfur presented adequate supplies in the five soils, associated with high levels of the native concentrations. Micronutrient availability, especially Fe and Mn, decreased as the degree of exchangeable Al neutralization increased. The low fertility levels of these soils are due not only to calcium deficiency and aluminum toxicity, but also to relatively low amounts of native phosphorus, under highly acidic conditions.

INTRODUCCION

Con frecuencia, el efecto del encalado en el desarrollo de las plantas es múltiple, debido de su efecto sobre diferentes características de los suelos (1).

La práctica de encalar los suelos en las regiones templadas, hasta alcanzar la neutralidad, no es efectiva en muchos de los suelos altamente meteorizados de los trópicos. Con frecuencia, los suelos han sido encalados a pH 7 lo que resulta en un descenso en la producción ocasionado por la deficiencia de micronutrientes y por la disminución en la disponibilidad de fósforo (2, 5, 6, 15). Los oligoelementos, excepto el molibdeno, son menos solubles conforme

COMPENDIO

En cinco ultisoles de Costa Rica se evaluó el efecto del encalado sobre el comportamiento de los elementos aniónicos P, B y S y los elementos menores catiónicos Fe, Cu, Zn y Mn, encontrándose semejanzas cualitativas en las respuestas obtenidas en los cinco suelos evaluados. El fósforo no fue notoriamente afectado por el aumento en la cantidad de cal aplicada, en cuanto a su capacidad de sorción. Se observó una tendencia cuadrática, en todos los casos, encontrándose mayor fijación de fósforo a bajas concentraciones del elemento agregado. El B y S presentaron un suministro adecuado en los cinco suelos, asociado a cantidades nativas altas. Conforme se aumentó el grado de neutralización del aluminio intercambiable, la disponibilidad de los micronutrientes fue disminuyendo siendo más marcado este descenso en los casos de Fe y Mn. Los bajos niveles de fertilidad de estos suelos no solamente son debidos a deficiencias de calcio y toxicidad de aluminio, sino también a cantidades relativamente pequeñas de fósforo nativo, bajo altas condiciones de acidez.

aumenta el pH, por lo que es probable que el encalado a pH altos provoque deficiencias de estos elementos, en suelos de las regiones tropicales húmedas (7, 13, 19).

Una de las principales razones que se dan para encalar suelos ácidos es la de incrementar la disponibilidad de fósforo (1, 14). La sorción de fósforo en suelos ácidos parece ser dependiente de varios factores; muchos especialistas en este campo (2, 10, 11) están de acuerdo en que, en suelos ácidos (ultisoles), los óxidos de hierro y de aluminio juegan un papel predominante en las reacciones del fósforo en el suelo. La fijación de fósforo y la toxicidad de aluminio se comportan como factores limitantes del crecimiento pero en forma independiente; la interacción aparente se presenta cuando el aluminio es eliminado como elemento básico y aumenta la habilidad de las plantas para tomar fósforo, en lugar de incrementarse el suministro de fósforo por el suelo (1, 17).

MATERIALES Y METODOS

La metodología empleada para el estudio del comportamiento de los aniones P, B, S y los elementos menores catiónicos (Fe, Cu, Zn, Mn) se describe en

¹ Recibido para publicación el 24 de julio de 1986

* Convenio MAG-UCR, Dirección de Investigaciones Agrícolas MAG y Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR.

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

el artículo publicado en este mismo número de la revista Turrialba (3).

RESULTADOS Y DISCUSION

Fósforo

La Fig. 1 presenta el efecto de las diferentes dosis de CaCO_3 sobre la disponibilidad del fósforo en los cinco suelos estudiados. Para el suelo Sarapiquí, se puede apreciar que la disponibilidad del elemento no fue notoriamente afectada por los diferentes tratamientos; sin embargo, al neutralizar una vez la acidez intercambiable, se logró una extracción similar al tratamiento OX, siendo ésta de 50 mg kg^{-1} al agregar 350 mg kg^{-1} de fósforo, en tanto que, al utilizar dosis mayores de cal, fue necesario aplicar mayores cantidades de fósforo (más de 400 mg kg^{-1}) para extraer 50 mg kg^{-1} del elemento.

Para el suelo La Rita, el comportamiento del elemento fue similar al del caso anterior con respecto al efecto de las dosis de CaCO_3 aplicadas; sin embar-

go, para extraer 50 mg kg^{-1} del elemento fue necesario agregar cerca de 500 mg kg^{-1} de fósforo cuando se neutralizó 2, 3 y 4 veces la presente acidez intercambiable. Cabe destacar que se agregó mayor cantidad de fósforo para llegar al nivel crítico establecido en el tratamiento 2X que en los otros tratamientos. Para extraer una cantidad similar del elemento en los tratamientos OX y 1X fue necesario agregar cerca de 400 mg kg^{-1} de P.

En el suelo Puerto Viejo, la disponibilidad del elemento no fue muy afectada por efecto de la cal aplicada; sin embargo, se puede observar que la disponibilidad del fósforo, al neutralizar una vez la acidez intercambiable, es muy similar al tratamiento OX necesitándose cerca de 220 mg kg^{-1} de fósforo para extraer 50 mg kg^{-1} del elemento. Para extraer una cantidad similar del elemento en los tratamientos 2X, 3X y 4X se agregaron cerca de 280 mg kg^{-1} de fósforo.

En el suelo Los Angeles, el comportamiento de los tratamientos OX y 1X fue muy similar, siendo necesi-

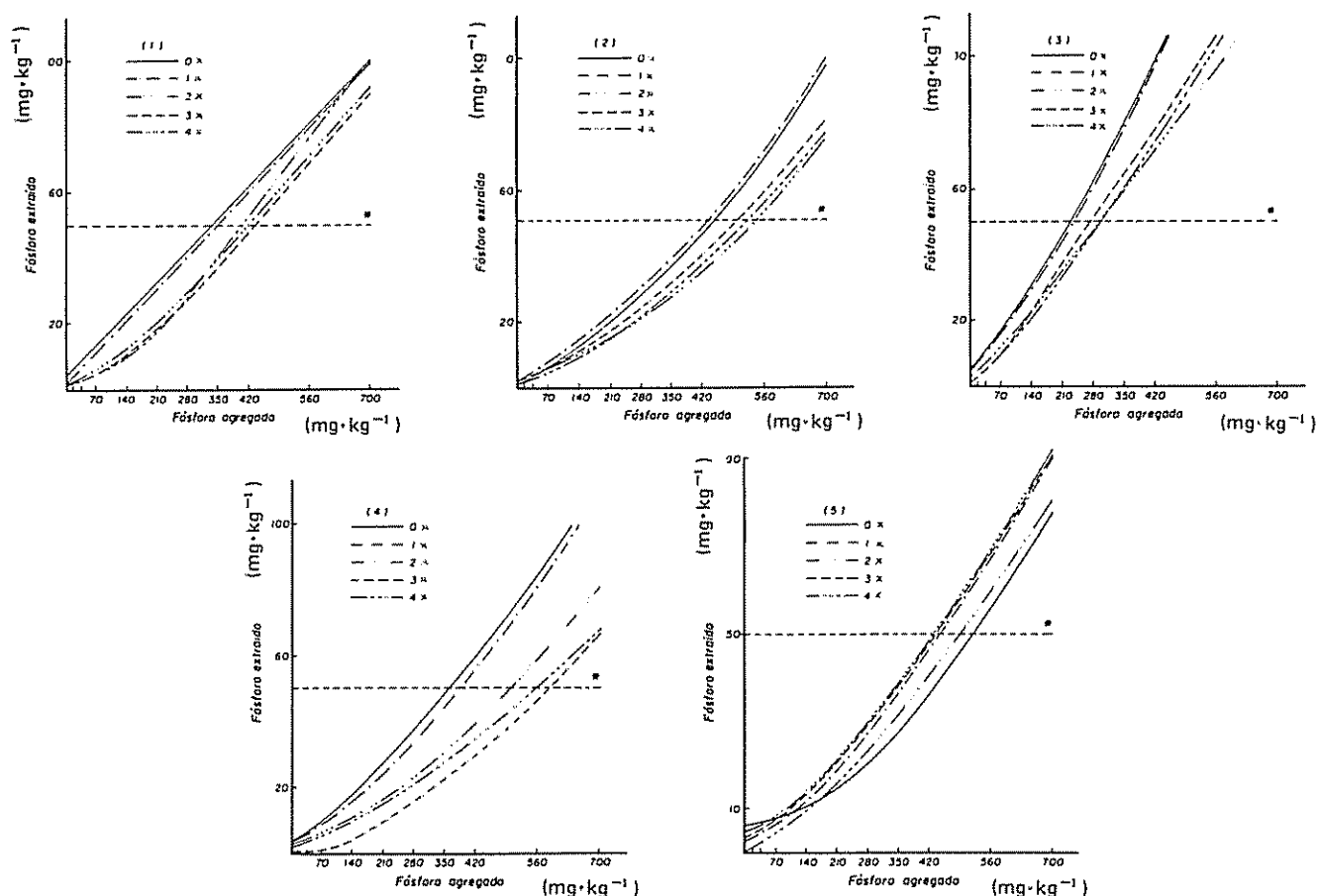


Fig. 1. Curva de sorción para fósforo en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable. (0,1,2,3,4x).

* (nivel crítico: 50 mg kg^{-1}).

rio agregar cerca de 350 mg kg⁻¹ de fósforo para extraer 50 mg kg⁻¹ del elemento en tanto que la cantidad de fósforo agregada varió considerablemente en los otros tratamientos, siendo ésta de 550, 580 mg kg⁻¹ para extraer 50 mg kg⁻¹ de fósforo en los tratamientos 2X, 4X y 3X, respectivamente.

Para el suelo Juntas de Pacuare, fue necesario agregar mayor cantidad de fósforo (cerca de 500 mg kg⁻¹) para extraer 50 mg kg⁻¹ del elemento en el tratamiento 0X, comportamiento similar observado cuando se neutralizó 4 veces la acidez intercambiable presente. Este suelo mostró un comportamiento diferente a los anteriores, siendo necesario agregar cerca de 430 mg kg⁻¹ de fósforo en los tratamientos 1X, 2X y 3X para extraer 50 mg kg⁻¹ del elemento.

Se obtuvo un aumento en la concentración de fósforo al aplicar CaCO₃ en los suelos 2, 4 y 5, en tanto que los suelos 1 y 3 mostraron una disminución en dicha concentración, con respecto al valor inicial de este elemento (Fig. 2).

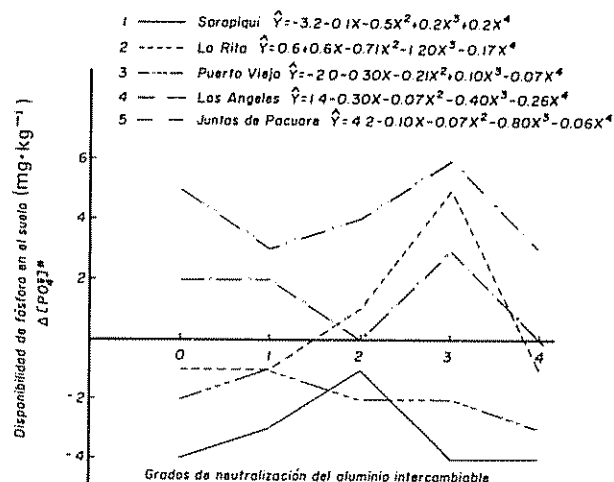


Fig. 2. Variación en el contenido de fósforo por efecto de dosis crecientes de CaCO₃ en cinco suelos ácidos de Costa Rica

* $\Delta [PO_4] = ([PO_4] \text{ luego período incubación}) - [PO_4] \text{ inicial}$

Cuadro 1. Variación en la concentración de fósforo y elementos menores catiónicos por efecto de dosis crecientes de CaCO₃ aplicadas en cinco Ultisoles de Costa Rica.

Localidades:	Niveles de encalado	P	Fe	Cu	Zn	Mn
		(mg kg ⁻¹)				
Sarapiquí	0	1	500	20	2.2	14
	1	2	450	20	2.6	10
	2	4	425	20	2.4	5
	3	1	192	18	2.2	3
	4	1	130	16	1.8	3
La Rita	0	1	174	14	3.4	71
	1	1	142	15	3.4	40
	2	3	189	18	3.4	24
	3	7	88	19	2.4	9
	4	1	64	16	2.0	6
Puerto Viejo	0	5	500	9	5.4	85
	1	6	450	9	4.3	63
	2	5	329	7	2.5	18
	3	5	136	5	1.6	7
	4	4	78	4	1.6	5
Los Angeles	0	4	114	19	3.8	73
	1	4	108	20	3.8	50
	2	2	81	18	2.9	24
	3	5	82	15	3.4	14
	4	2	68	16	2.8	15
Juntas de Pacuare	0	7	168	7	2.4	64
	1	5	156	6	2.4	44
	2	6	106	6	2.2	28
	3	8	118	5	1.6	14
	4	5	90	5	1.6	19

Se encontró la mayor cantidad de fósforo en el tratamiento 3X, siendo ésta de 7, 5 y 8 mg kg^{-1} para los suelos 2, 4 y 5, respectivamente. Se observó una disminución al aplicar la máxima cantidad de cal. En los suelos 1 y 3 se encontró la mayor concentración de este elemento, 4 y 5 mg kg^{-1} en los niveles 2X y 1X de encalado, respectivamente (Cuadro 1).

El aumento en la cantidad de cal aplicada no influyó notablemente en el comportamiento del fósforo, en lo referente a la capacidad de sorción del mismo, hecho que ha sido sugerido por algunos autores (2, 7). Así, otros autores (1, 8) sugieren que el encalado aumenta la absorción de fósforo por las plantas más que afectar la solubilidad del mismo en el suelo.

Según lo encontrado por Quirós y González (16), en pruebas realizadas en suelos similares a los involucrados en el presente estudio, el fósforo no presentó variaciones de consideración al incrementarse la cantidad de cal agregada debido probablemente a las cantidades bajas del fósforo nativo del suelo; sin embargo, al aplicar al suelo cantidades crecientes de fósforo, la concentración del elemento aumentó en forma lineal lo cual coincide con lo encontrado en este estudio. Al neutralizarse 3 y 4 veces la acidez presente, la

disponibilidad del elemento disminuyó lo cual podría deberse a un exceso en la cantidad de cal aplicada induciendo la formación de fosfatos insolubles de calcio, en suelos con alta capacidad de fijación de fósforo (17).

Azufre

La Fig 3 presenta el comportamiento del azufre ante la aplicación de dosis crecientes de CaCO_3 en los suelos estudiados.

Para el suelo Sarapiquí, no se observaron variaciones en cuanto a la disponibilidad del elemento por efecto de los distintos niveles de neutralización del aluminio intercambiable. En todos los tratamientos se extrajo una cantidad de azufre superior al nivel crítico empleado (20 mg kg^{-1}), variando ésta inicialmente entre 42 y 44 mg kg^{-1} .

El suelo La Rita mostró un descenso en la cantidad de azufre extraída, conforme se aumentó el grado de neutralización de la acidez intercambiable. Sin embargo, se extrajo una cantidad del elemento superior al nivel crítico (20 mg kg^{-1}) en todos los tratamientos, variando ésta inicialmente entre 33 y 45 mg kg^{-1} .

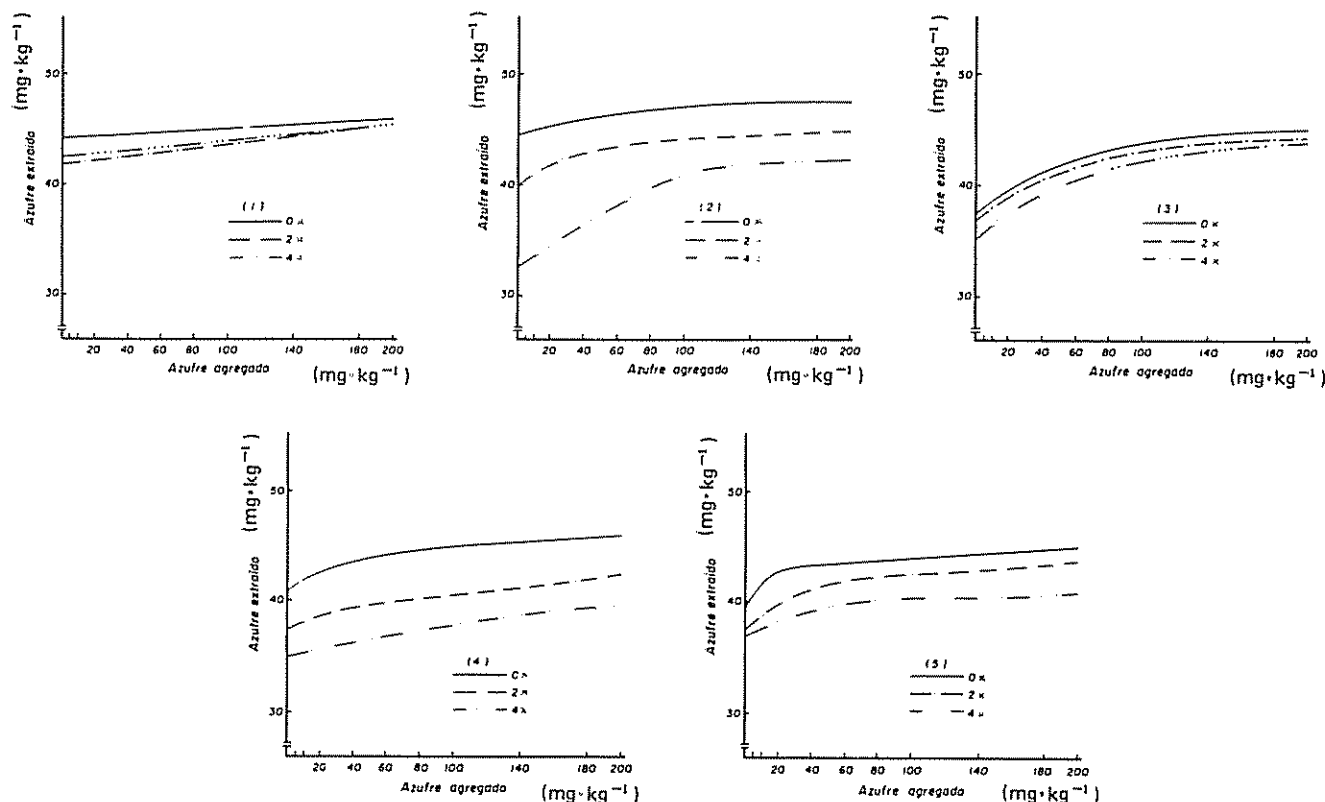


Fig 3 Curva de sorción para azufre en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable (0,1,2,3,4x).

* (nivel crítico: 20 mg kg^{-1})

Los suelos Puerto Viejo, Los Angeles y Juntas de Pacuare mostraron un comportamiento similar al que presentó el suelo anterior, siendo el valor promedio inicial de azufre extraído de 36, 38 y 45 mg kg⁻¹ para cada suelo, respectivamente.

Cabe destacar que, independientemente de la cantidad de cal agregada, se observó una alta fijación de sulfatos en los cinco suelos principalmente cuando se aplicaron dosis altas de elementos (más de 100 mg kg⁻¹), puesto que incrementos en la cantidad de azufre agregado no modificaron sustancialmente la extracción del elemento.

Boro

La Fig. 4 muestra el efecto de la aplicación de dosis crecientes de CaCO₃ sobre la disponibilidad del boro en los cinco suelos estudiados.

En los suelos Sarapiquí y La Rita, hubo poca variación en la cantidad de boro extraída en los diferentes tratamientos con CaCO₃. El comportamiento del elemento fue muy similar en el tratamiento testigo y en el 2X; el tratamiento 4X fue el que presentó la menor disponibilidad del elemento. Sin embargo, en

todos los tratamientos se extrajo una cantidad de boro superior al nivel crítico empleado (2 mg kg⁻¹) variando inicialmente entre 10 y 14 mg kg⁻¹, para ambos suelos.

Para el suelo Puerto Viejo, se mejoró la disponibilidad del elemento al neutralizar dos veces la acidez intercambiable, en tanto que el tratamiento 0X fue el que, en promedio, presentó la menor cantidad de boro extraído. En todos los tratamientos se extrajo una cantidad de boro superior al nivel crítico (2 mg kg⁻¹), variando ésta inicialmente entre 15 y 18 mg kg⁻¹ del elemento.

En el suelo Los Angeles, se presentó un aumento en la disponibilidad del boro al incrementar la cantidad de cal empleada; por lo tanto, fue en el tratamiento 0X en el que hubo la menor cantidad extraída del elemento. En todos los tratamientos se extrajo una cantidad de boro superior al nivel crítico (2 mg kg⁻¹), variando ésta inicialmente entre 15 y 20 mg kg⁻¹.

En el suelo Juntas de Pacuare, se extrajo la mayor cantidad de boro en el tratamiento 2X en tanto que la disponibilidad del elemento, en el tratamiento 4X,

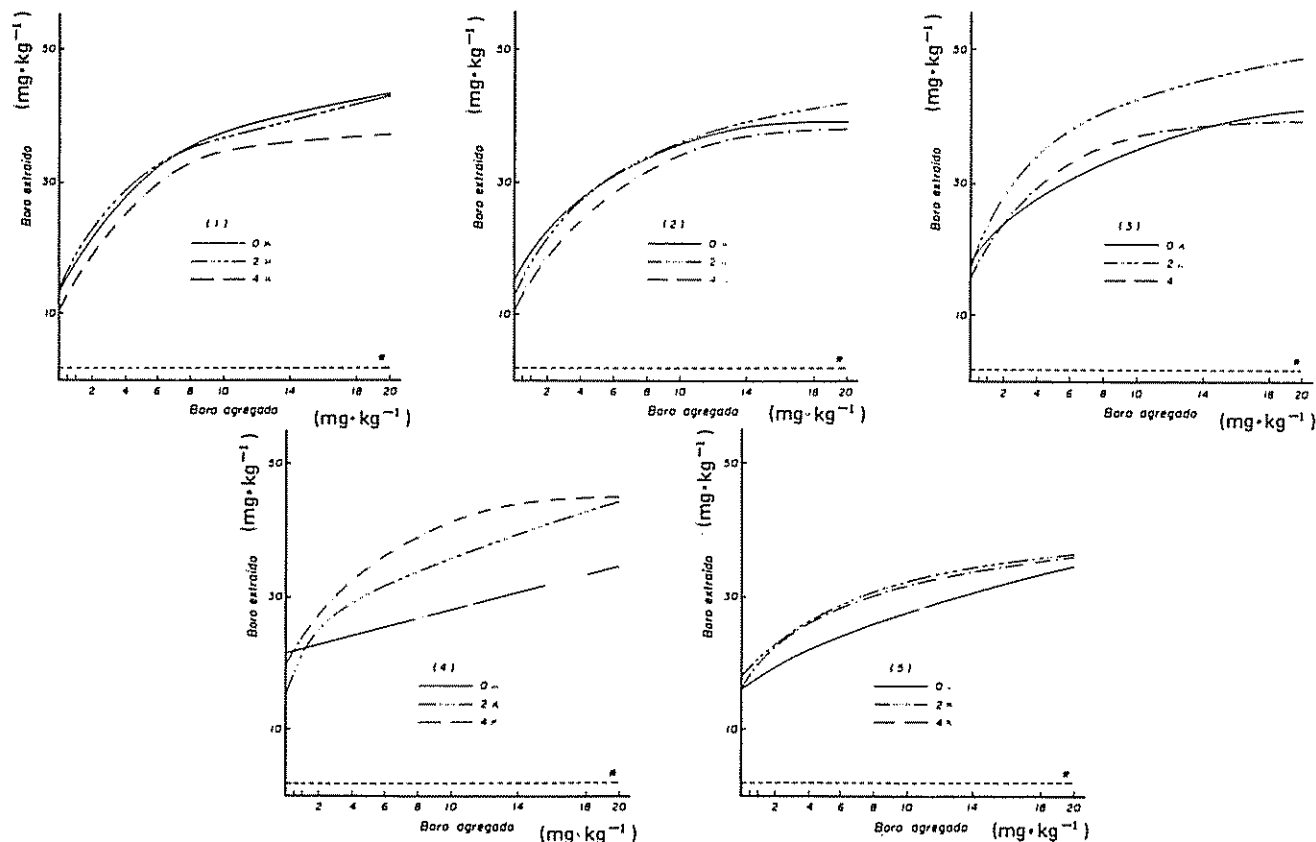


Fig 4. Curva de sorción para boro en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable (0,1,2,3,4x).

* (nivel crítico: 2 mg kg⁻¹).

fue mayor con respecto al testigo (OX) siendo este último el que presentó la menor cantidad de boro extraída. En todos los tratamientos se extrajo una cantidad superior al nivel crítico (2 mg kg^{-1}), siendo muy poca la variación entre tratamientos.

Se observó un efecto cuadrático en el comportamiento del boro, encontrándose mayor fijación del elemento a dosis bajas en el suelo y siendo menor la fijación a dosis altas. Esta tendencia se mantuvo independientemente de las dosis de CaCO_3 , con excepción del suelo Los Angeles, en el cual el tratamiento sin cal (OX) mostró una tendencia lineal positiva, puesto que los incrementos en la cantidad de boro agregada aumentaron la cantidad de boro extraída.

A pesar de la alta retención del boro, al igual que el azufre, este elemento mostró tener una buena disponibilidad debido posiblemente a las altas cantidades iniciales presentes en los cinco suelos, ya que, según Díaz-Romeu y Hunter (4), los niveles críticos para boro y azufre son de 2 mg kg^{-1} y 20 mg kg^{-1} , respectivamente, extraídos con 18 sen modificado, siendo superiores los valores encontrados en los suelos estudiados. Sin embargo, en los niveles máximos de neutralización, la fijación del elemento fue mayor puesto que, al aumentar la cantidad del elemento en la solución del suelo, se incrementa la absorción del mismo.

Hierro

La Fig 5 presenta las diferencias obtenidas entre las concentraciones de hierro posteriores al período de incubación y la concentración inicial de este elemento. Con respecto al valor inicial, se obtuvo un aumento en la cantidad del elemento al aplicarse CaCO_3 en el suelo 5, llegando a un valor de 156 mg kg^{-1} en el tratamiento 1X; los suelos 1 y 2 mostraron una disminución con respecto al valor inicial a partir del tratamiento 3X, obteniéndose valores de 192 y 88 mg kg^{-1} en cada uno de los suelos; en el suelo 4, este descenso ocurrió a partir del tratamiento 1X en el que se obtuvo un valor de 108 mg kg^{-1} . Con relación al suelo 3, se encontró menor cantidad de hierro en todos los tratamientos con respecto al valor inicial (500 mg kg^{-1}). La máxima concentración de hierro se encontró en el tratamiento OX para los suelos estudiados, variando entre 114 y 500 mg kg^{-1} (Cuadro 1).

Cobre

La Fig. 6 presenta el comportamiento del cobre ante las diferentes dosis de CaCO_3 aplicadas en los cinco suelos estudiados.

La tendencia en el comportamiento de los suelos 1, 3 y 4 es similar, o sea, a mayor cantidad de cal aplicada se observa una menor cantidad de cobre extraído. En los suelos 2 y 5 no se manifiesta esta tendencia.

En el suelo Sarapiquí, se observó una menor disponibilidad del elemento al aumentarse el nivel de neutralización, variando la cantidad del elemento extraído entre 23 y 14 mg kg^{-1} en los tratamientos OX y 4X, respectivamente, en el valor inicial. En todos los casos, la cantidad de cobre extraída fue superior al nivel crítico empleado (2 mg kg^{-1}).

Para el suelo La Rita, al neutralizar tres veces la acidez intercambiable presente, se obtuvo la mayor cantidad de Cu extraído, no siendo ésta inferior a 18 mg kg^{-1} en su valor inicial, siguiendo, en orden decreciente, los niveles 2X, 1X, OX y 4X; la variación en el valor inicial entre tratamiento no fue mayor de 4 mg kg^{-1} . En todos los casos, la cantidad de cobre extraído fue superior al nivel crítico empleado (2 mg kg^{-1}).

En el suelo Puerto Viejo, se observó una menor disponibilidad del cobre al aumentarse la neutralización del aluminio de cambio, siendo el cobre extraído inicialmente de 3, 4, 5, 9 y 8 mg kg^{-1} para los tratamientos 4X, 3X, 2X, 1X y OX, respectivamente. En todos los casos, se superó el nivel crítico empleado (2 mg kg^{-1}).

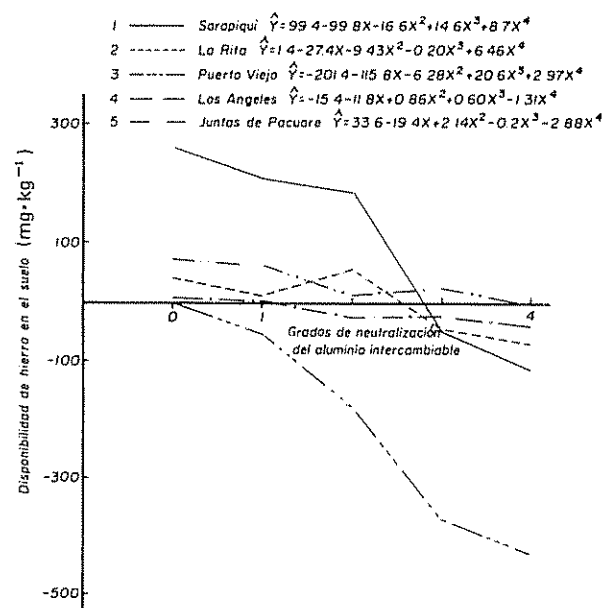


Fig. 5. Variación en el contenido de hierro en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas
 * $[\text{Fe}^{+3}]$ determinada luego incubación — $[\text{Fe}^{+3}]$ inicial.

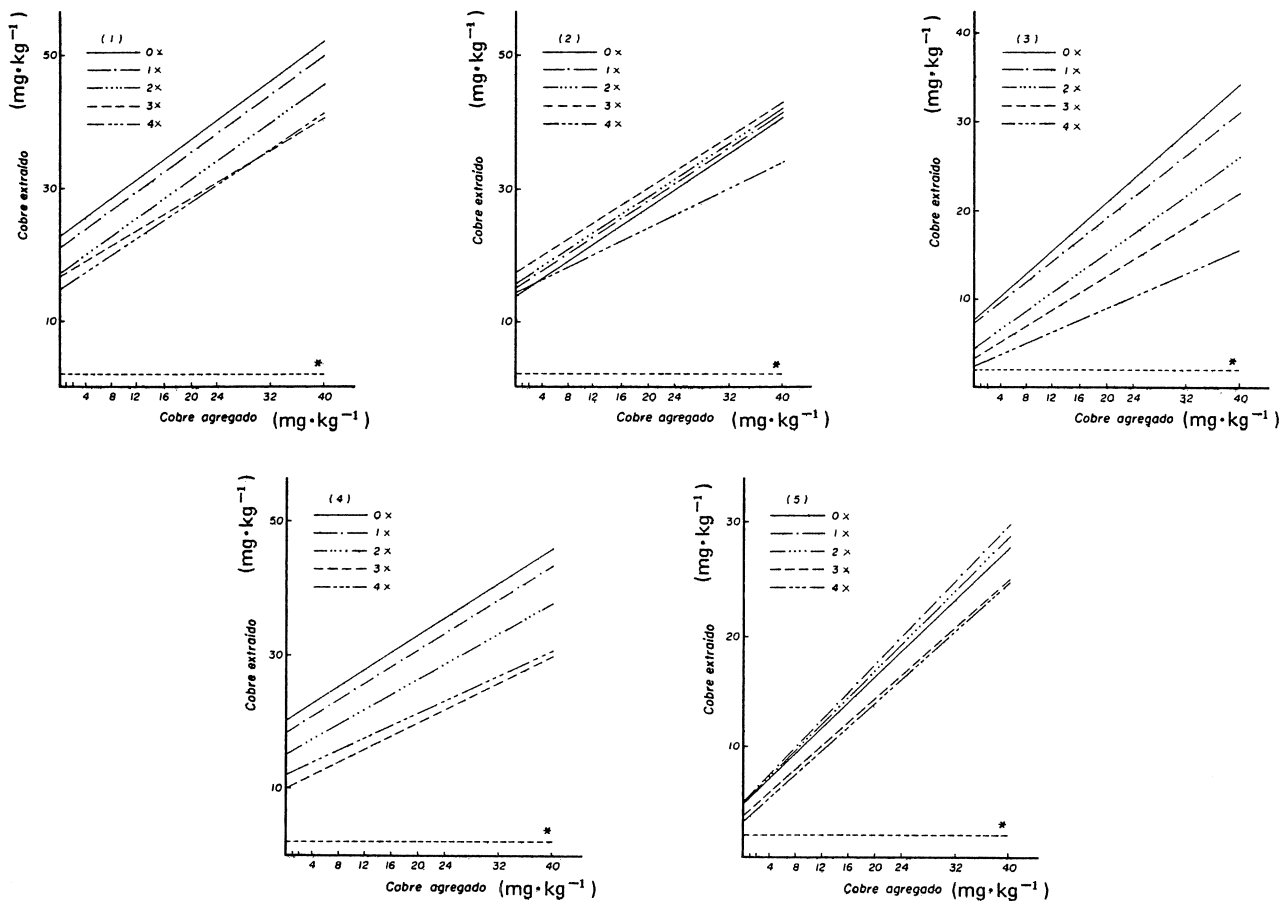


Fig. 6. Curva de sorción para cobre en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable. (0,1,2,3,4x).
 *(nivel crítico: 2 mg.kg⁻¹).

El suelo Los Angeles presentó un comportamiento similar al suelo anterior. El cobre extraído inicialmente fue de 22, 17, 16, 11 y 12 mg kg⁻¹ para los tratamientos 0X, 1X, 2X, 3X y 4X, respectivamente.

En el suelo Juntas de Pacuare, se observó una mayor disponibilidad del elemento al aplicar las menores cantidades de CaCO₃ llegando a valores de 5 mg kg⁻¹ en su valor inicial, a excepción del tratamiento 0X el cual presentó menor cantidad de Cu extraída que los tratamientos 1X y 2X. La variación en la disponibilidad del elemento entre tratamientos inicialmente, no fue mayor de 2 mg kg⁻¹ superando, en todos los casos, el nivel crítico empleado (2 mg kg⁻¹).

Estos suelos muestran una tendencia lineal positiva en la sorción del cobre puesto que, al agregar mayor cantidad del elemento, se extrae mayor cantidad del mismo.

La Fig. 7 presenta las diferencias obtenidas entre la concentración de Cu posterior al período de in-

cubación y la concentración inicial del elemento. Con respecto al valor inicial, se obtuvo un aumento en la cantidad del elemento al aplicarse CaCO₃ en los suelos 1 y 2 llegando a valores promedio de 19 y 16 mg kg⁻¹ en tanto que los suelos 4 y 5 mostraron una disminución con respecto al valor inicial en el tratamiento 3X (15 y 5 mg kg⁻¹ para cada suelo respectivamente); en el suelo 3 este descenso ocurrió a partir del tratamiento 1X que presentó un valor de 9 mg kg⁻¹. La máxima concentración de Cu se encontró en el tratamiento 0X con valores de 20, 9 y 7 mg kg⁻¹ para los suelos 1, 3 y 5 respectivamente; en el tratamiento 1X, 20 mg kg⁻¹ para el suelo 4 y en el tratamiento 3X, 19 mg kg⁻¹ para el suelo 2 (Cuadro 1).

Zinc

La Fig. 8 presenta el comportamiento del zinc ante de las diferentes dosis de CaCO₃ aplicadas, en los cinco suelos estudiados.

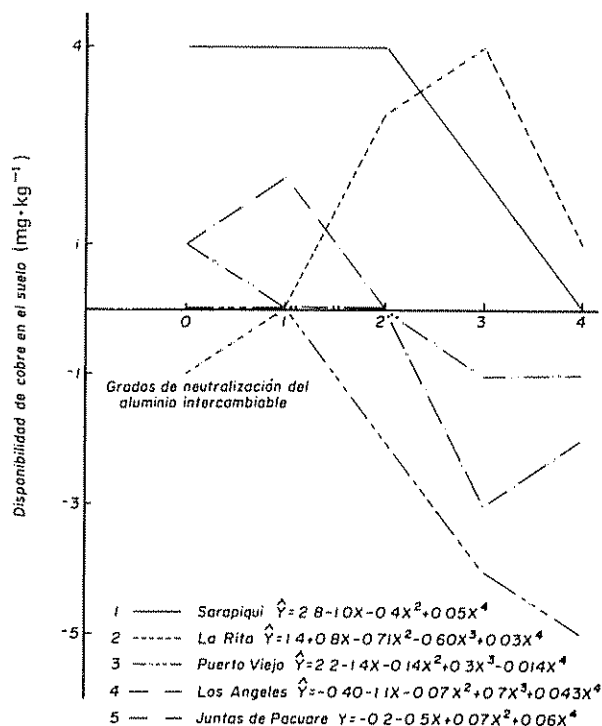


Fig. 7. Variación en el contenido de cobre en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas
 * $[\text{Cu}^{++}]$ determinada luego incubación - $[\text{Cu}^{++}]$ inicial

En el suelo Sarapiquí, hubo menor extracción de Zn conforme se aumentó la cantidad de cal. A excepción del tratamiento 0X, el cual presentó la mayor cantidad de zinc extraído inicialmente (4.8 mg kg^{-1}), los demás tratamientos presentaron valores iniciales inferiores al nivel crítico empleado (4 mg kg^{-1}), siendo necesario agregar 1.4; 6.5; 7.0 y 7.0 mg kg^{-1} para alcanzar dicho nivel en los tratamientos 1X, 2X, 3X y 4X, respectivamente.

En el suelo La Rita se encontró una menor disponibilidad del elemento al aumentar el nivel de neutralización. Para todos los tratamientos se obtuvo una concentración inicial del elemento inferior al nivel crítico empleado (4 mg kg^{-1}), siendo en el tratamiento 4X en el que se extrajo menor cantidad de Zn.

En el suelo Puerto Viejo se observó una menor disponibilidad del elemento al aumentarse la cantidad de CaCO_3 empleada. Solamente en los tratamientos 0X y 1X, la cantidad inicial de zinc extraído fue superior al nivel crítico establecido (4 mg kg^{-1}), en tanto que para los tratamientos 2X, 3X y 4X se agregaron 6, 10 y 14 mg kg^{-1} de Zn para alcanzar dicho nivel.

En el suelo Juntas de Pacuare se obtuvo menor disponibilidad del elemento al aumentar el nivel de

neutralización del aluminio intercambiable. A excepción del tratamiento 0X, el cual presentó la mayor cantidad de zinc extraído en su valor inicial (5 mg kg^{-1}), los demás tratamientos presentaron valores iniciales inferiores al nivel crítico (4 mg kg^{-1}), necesitando agregar 4, 6, 10 y 12 mg kg^{-1} de zinc para alcanzar dicho nivel, en los tratamientos 1X, 2X, 3X y 4X, respectivamente.

La Fig. 9 presenta las diferencias obtenidas entre las concentraciones de zinc posteriores al periodo de incubación y la concentración inicial de este elemento. Con respecto al valor inicial, se obtuvo una disminución en la cantidad del elemento al aplicarse CaCO_3 a partir del tratamiento 1X en los suelos 3 y 4, determinándose valores de 4.3 y 3.8 mg kg^{-1} , respectivamente. En los suelos 2 y 5, esta disminución se presentó a partir del nivel 2X de encalado, con valores de 3.4 y 2.2 mg kg^{-1} del elemento para cada suelo. El suelo 1 presentó un descenso en el contenido de Zn a partir del nivel 3X de neutralización, en el cual se obtuvo un valor de $2.2 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ (Cuadro 1).

El suelo 3 presentó la mayor variación entre niveles de encalado en la concentración de zinc, en tanto que los otros suelos no mostraron diferencias apreciables en el contenido del elemento entre tratamientos, por efecto de la aplicación de cal. Este hecho se puede explicar debido a que la mayor concentración de zinc nativo en el suelo (5.2 mg kg^{-1}) se obtuvo en dicho suelo.

Con respecto al zinc y al cobre, la menor disponibilidad observada a partir del nivel 2X de neutralización, se podría explicar por la adsorción de estos elementos a las superficies de los sesquióxidos predominantes en estos suelos ya que, al aumentar el pH en un sistema con predominio de cargas dependientes de éste, hay un incremento de las cargas negativas, lo cual aumenta el número de sitios donde el zinc y el cobre pueden ser adsorbidos, como lo han encontrado varios autores (5, 12, 18).

Manganeso

La Fig. 10 muestra el efecto de las dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas sobre el comportamiento del manganeso, en los cinco suelos estudiados.

El suelo Sarapiquí mostró un descenso en la disponibilidad del elemento al aumentar el grado de neutralización del aluminio intercambiable. Solamente los tratamientos 0X y 1X mostraron valores extraídos de Mn que eran superiores al nivel crítico empleado (5 mg kg^{-1}) en tanto que, para alcanzar dicho nivel en los tratamientos 2X, 4X y 3X, fue necesario agre-

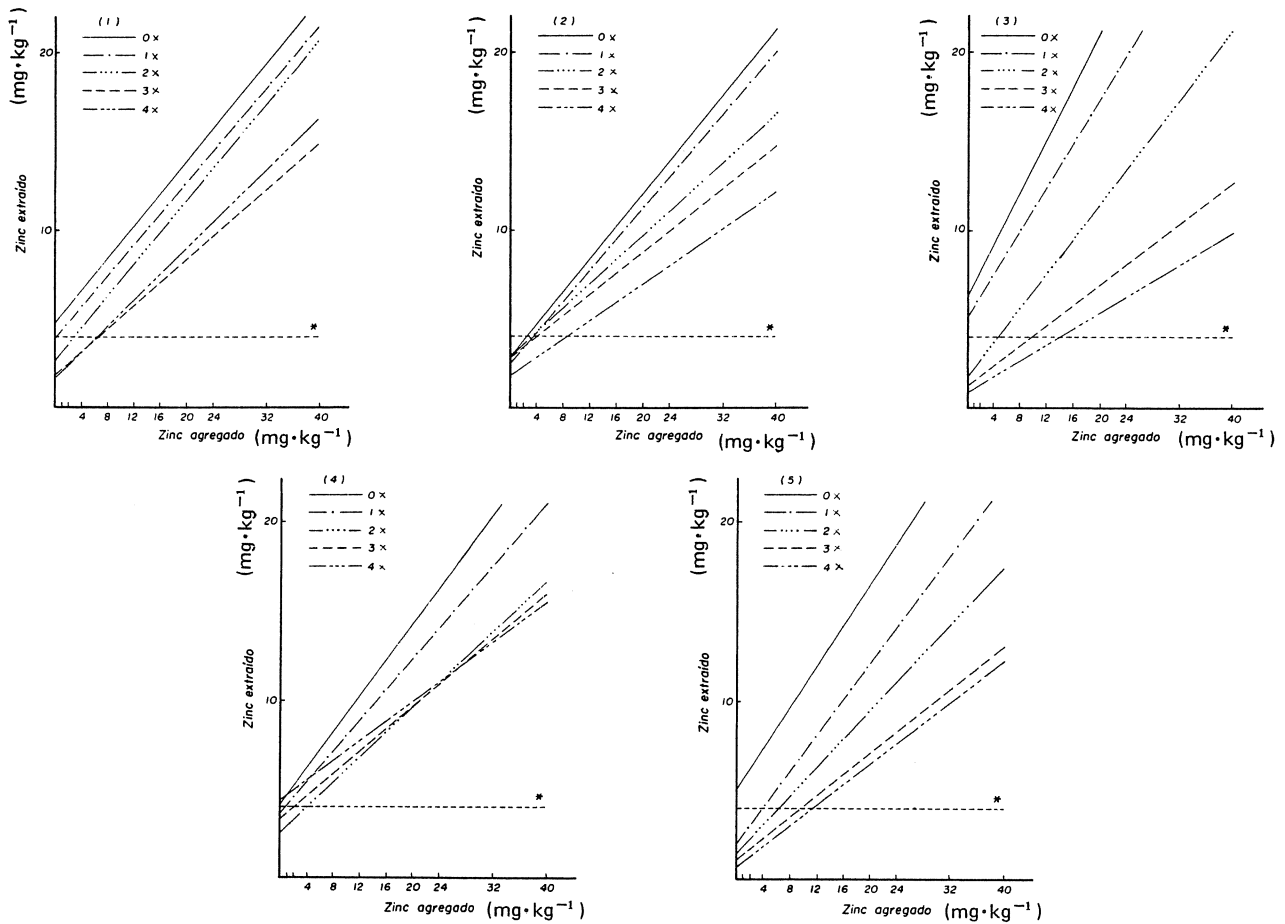


Fig. 8. Curva de sorción para zinc en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) para los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable. (0,1,2,3,4x).
*(nivel crítico: 4 mg·kg⁻¹).

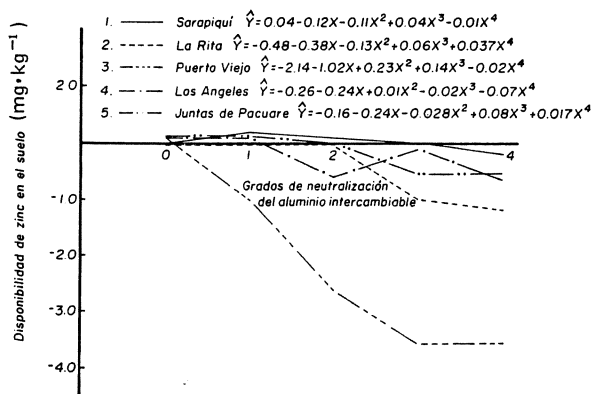


Fig. 9. Variación en el contenido de zinc en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO₃ aplicadas.
*[Zn⁺⁺] determinada luego incubación - [Zn⁺⁺] inicial.

gar 5, 20 y 30 mg kg⁻¹ del elemento, respectivamente.

En el suelo La Rita al aplicar CaCO₃ se observó un drástico descenso en la disponibilidad del Mn. En todos los tratamientos se extrajo una cantidad de Mn superior al nivel crítico empleado (5 mg kg⁻¹), variando las cantidades extraídas inicialmente entre 7 y 86 mg kg⁻¹; los tratamientos 3X y 2X fueron los que presentaron la menor cantidad de manganeso extraída.

En el suelo Puerto Viejo, el descenso en la cantidad de Mn extraída varió notoriamente con respecto al nivel de neutralización del aluminio intercambiable. Los tratamientos 0X, 1X y 2X sobrepasan el nivel crítico empleado (5 mg kg⁻¹) en tanto que, para alcanzar dicho nivel en los tratamientos 3X y 4X, se agregó 2.5 y 40 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente,

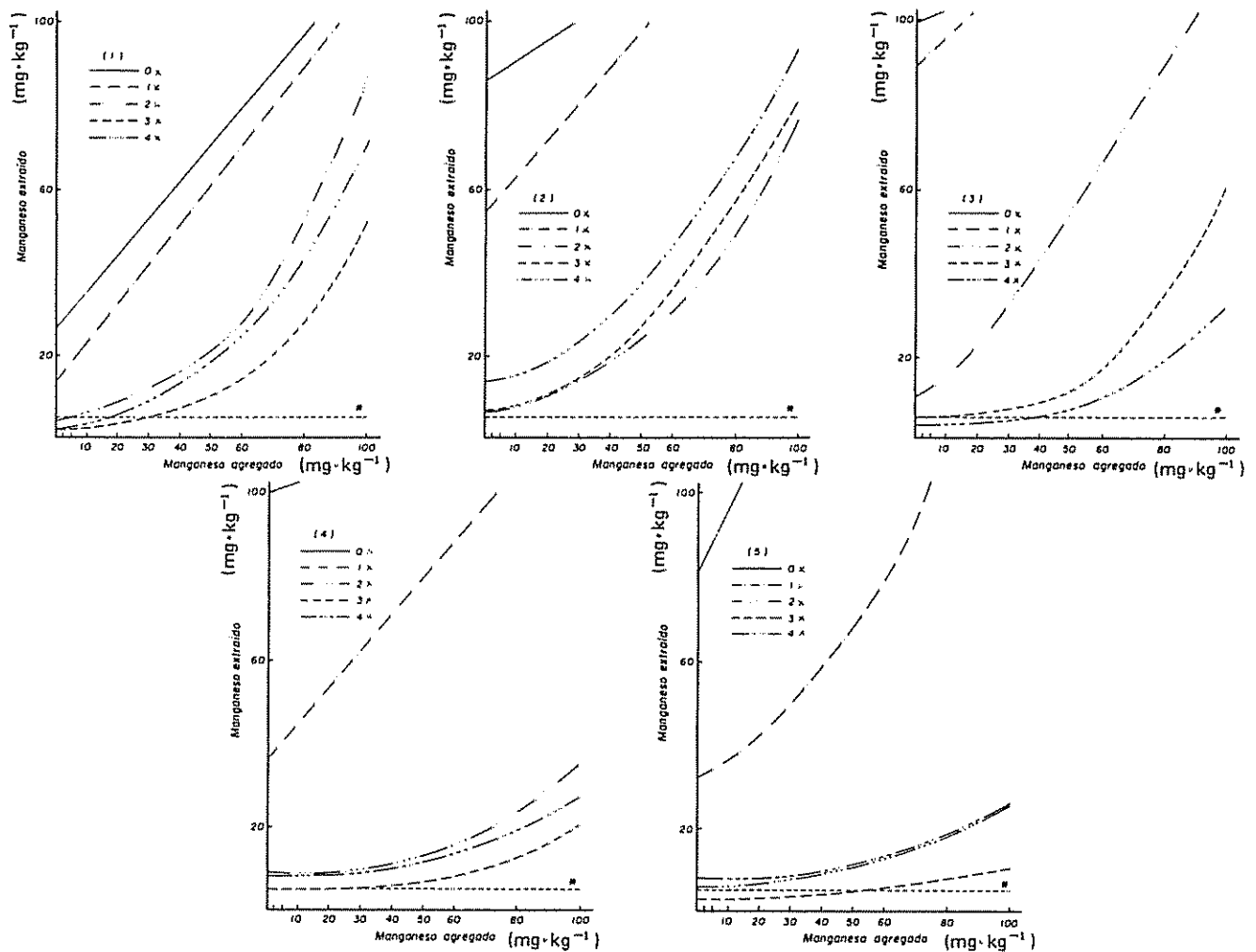


Fig. 10 Curva de sorción para manganeso en el suelo Sarapiquí (1), La Rita (2), Puerto Viejo (3), Los Angeles (4) y Juntas de Pacuare (5) por los diferentes grados de neutralización del aluminio intercambiable. (1,2,3,4x).
* (nivel crítico: 5 mg kg^{-1}).

siendo el tratamiento 4X el que presentó la menor disponibilidad del elemento.

El suelo Los Angeles mostró un descenso marcado en la disponibilidad del Mn al aumentarse la cantidad aplicada de CaCO_3 . En todos los tratamientos, se extrajo una cantidad de manganeso superior al nivel crítico empleado (5 mg kg^{-1}), variando las cantidades extraídas inicialmente entre 5 y 100 mg kg^{-1} ; el tratamiento 3X fue el que presentó la menor cantidad del elemento extraído.

El suelo Juntas de Pacuare, al agregar CaCO_3 , presentó menor disponibilidad del elemento. A excepción del tratamiento 3X, en todos los tratamientos se extrajo cantidades de Mn superiores al nivel crítico (5 mg kg^{-1}). Para alcanzar este nivel en el tratamiento 3X, fue necesario agregar 30 mg kg^{-1} del elemento.

La Fig. 11 presenta las diferencias obtenidas entre las concentraciones de Mn posteriores al periodo de incubación y la concentración inicial de este elemento. Al incrementar las dosis de CaCO_3 en los suelos estudiados, se obtuvo una disminución con respecto al valor inicial en la cantidad del elemento; la máxima cantidad de manganeso se encontró en el tratamiento 0X para todos los suelos, variando este valor entre 14 y 85 mg Mn kg^{-1} (Cuadro 1).

La disminución drástica en la disponibilidad del Mn —tendencia general observada en los cinco suelos— puede ser explicada por el incremento en el potencial de oxidación causado por el aumento en la concentración de bases (aumento en el pH) (3), lo cual provocó que el manganeso pasara a formas oxidadas poco disponibles, en vista de que la disponibilidad de este elemento depende de la actividad del Mn divalente en la solución del suelo (17). El hecho de que en los suelos de Sarapiquí y de Puerto

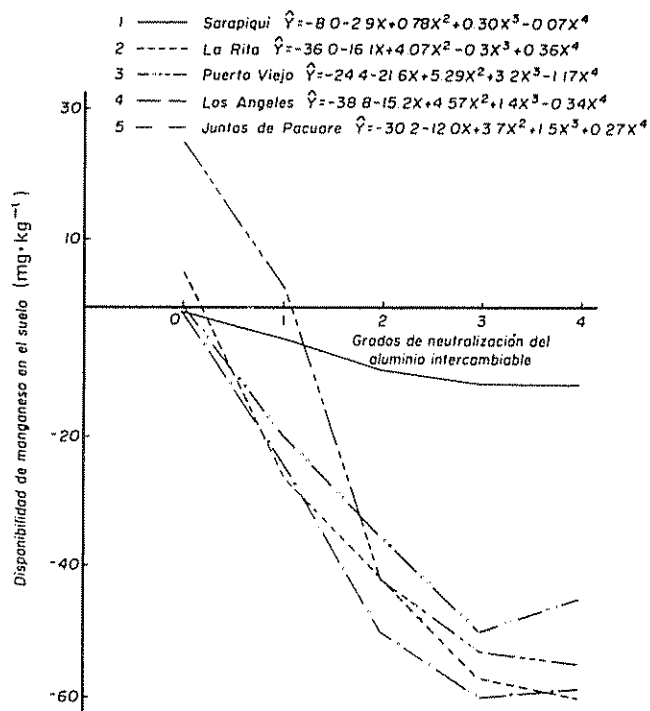


Fig. 11 Variación en el contenido de manganeso en cinco suelos ácidos de Costa Rica por efecto de dosis crecientes de CaCO_3 aplicadas
 * $[\text{Mn}^{++}]$ determinada luego incubación - $[\text{Mn}^{++}]$ inicial

Viejo, la cantidad de Mn extraída —a partir del nivel 1X en el primero y en el nivel 3X en el segundo suelo— fuera menor que el nivel crítico empleado señala posibles deficiencias del elemento en los tratamientos con las mayores dosis de cal, puesto que el manganeso —según lo encontrado por Kamprath (10) en Ultisoles— cuando se alcanzan valores de pH cercanos a 6.0, tiende a precipitar en presencia de óxidos de hierro y de aluminio.

CONCLUSIONES

En los cinco ultisoles evaluados se observó la misma tendencia de fijación de nutrimentos, siendo el fósforo el elemento que mostró la mayor fijación debido a las características predominantemente ácidas de estos suelos. El bajo contenido inicial del fósforo, conjuntamente con los altos porcentajes de retención inducido por los óxidos de hierro y aluminio presentes en esos suelos, hacen que este elemento sea un factor limitante fundamental en la fertilidad de estos suelos. Cabe destacar que la sola aplicación de cal no es suficiente para mejorar el nivel de fertilidad de los suelos estudiados; además, es indispensable el uso adecuado de fertilizantes, especialmente en lo que a fósforo se refiere, para obtener resultados óptimos en la productividad de estos suelos.

Se constató fijación de sulfatos en los cinco suelos, principalmente cuando se aplicaron más de 100 mg kg^{-1} de azufre, dado que, aunque se incrementa la cantidad de S agregado, la extracción del elemento no sufre modificaciones. A pesar de ello, cabe señalar que, en términos generales, el azufre al igual que el boro, mostraron tener un buen suministro en los cinco suelos debido probablemente a las altas cantidades nativas de dichos elementos en estos suelos.

La disponibilidad de hierro, cobre, zinc y manganeso disminuyó conforme se aumentó el nivel de neutralización del aluminio intercambiable; no obstante, el contenido de estos elementos siempre fue mayor que el nivel crítico empleado en cada caso, no constituyéndose en elementos limitantes en estos suelos.

LITERATURA CITADA

- 1 AMARASIRI, S.L.; OLSEN, R.L. 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. Soil Science Society of America Proceedings 37:716-721.
- 2 AWAN, A.B. 1965. Efecto de la cal en la disponibilidad de fósforo en los suelos de El Zamorano Ceiba (Honduras) 10:62-67.
- 3 CHAVARRIA, A.; CORDERO, A. 1987. Encalado de ultisoles en Costa Rica. I. Metodología, pH, acidez intercambiable y cationes (K, Ca, Mg). Turrialba 37(1):1-8.
- 4 DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos. Análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 62 p. (mimeografiado)
- 5 ELLIS, B.G.; KNEZEK, B.D. 1972. Adsorption reaction of micronutrients in soil. In Micronutrients in Agriculture Ed by Mortvedt, J.J.
- 6 FASSBENDER, H.W. 1978. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA p. 168-198 (Serie de Libros y Materiales Educativos No. 24).
- 7 FASSBENDER, H.W.; ROLDAN, J.A. 1973. Formas y equilibrios de manganeso en suelos de América Central. Turrialba (Costa Rica) 23:30-36.
- 8 GONZALEZ, M.; GONZALEZ, M.A. 1982. Efecto de la fuente de Ca y la fertilización con sulfatos y cloruros en la disponibilidad del fósforo en un suelo ácido de Costa Rica. Agronomía Costarricense 6(1/2):11-26.
- 9 IGUE, K.; FUENTES, R.; BORNEMISZA, E. 1971. Mineralización de P-orgánico en suelos ácidos de Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 21:47-52.
- 10 KAMPRATH, E.J. 1971. Potential detrimental effect from liming weathered soils to neutrality. Soil and Crops Science Society of Florida Proceedings 31:200-203.

11. LAIHWELL, D.J. 1979. Phosphorus response on Oxisols and Ultisols. Cornell International Agriculture Bulletin No. 33. 40 p.
12. LINDSAY, W.L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In *Micronutrients in Agriculture* Ed. by Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. Soil Science Society of America Inc. Madison.
13. PARFITT, R.L.; SMART, R.S.C. 1978. The mechanism of sulfate adsorption on iron oxides. *Soil Science Society of America Journal* 42:48-50.
14. PEARSON, R.W. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell International Agriculture Bulletin No. 30.
15. PETERSON, L.A.; NEWMAN, R.C. 1976. Influence of soil pH on the availability of added boron. *Soil Science Society of America Journal* 40:280-282.
16. QUIROS, S.; GONZALEZ, M. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3:137-149.
17. SANCHEZ, P. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York. John Wiley, Inc. p. 135-155, 223-253.
18. SHUMAN, L.M. 1975. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 39:454-458.
19. WHITE, R.P. 1970. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in an acid soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 34:625-629.

Notas y comentarios

Huertos enyerbados tienen menos plagas

Cultivos de cobertura que crezcan entre los árboles de manzanas pueden tener un efecto beneficioso (desde el punto de vista del fruticultor) sobre las poblaciones de plagas existentes en el lugar. Estos efectos han sido estudiados recientemente en tres zonas del norte de California (Sebastopol, Santa Cruz, y Courtland) por dos científicos de la División de Control Biológico de la Universidad de California, en Riverside.

Miguel Altieri y Linda Schmidt compararon huertos con varios cultivos de cobertura, como "bell beans" (*Phaseolus*), "Lana vetch" (*Vicia villosa*), centeno, varios tréboles y malas yerbas mezcladas, o las mantuvieron limpias mediante pasadas de cultivadoras de discos. Entonces, muestrearon y contaron los insectos fitófagos y sus enemigos naturales, y también estimaron los niveles de depredación, colocando tarjetas con huevos o larvas de insectos pegadas a ellas y colectándolas de los árboles en las que las habían puesto, 24 horas después (*Californian Agriculture*, vol. 40, p. 15).

Los árboles con cultivos de cobertura tenían, en general, niveles más bajos de infestación por plagas tales como áfidos, saltahojas, y la mariposa (*Carpocapsa pomonella*, más especies e individuos de depredadores que viven en el suelo, y más depredación real, evidenciada por una mayor eliminación de las presas introducidas artificialmente. Por otra parte, los huertos limpios de malezas y de otras plantas distintas al frutal tenían más insectos fitófagos sobre los árboles, y bajas poblaciones de sus enemigos naturales.

Una razón para esto es que los cultivos de cobertura suministraban alimento y abrigo para tales presas como los áfidos y saltahojas, y éstos a su vez atraían a los depredadores. Además, las varias especies de cultivos de cobertura parecían diferir en su potencial como reservorios de valiosos enemigos naturales de las plagas, con las leguminosas de larga floración comportándose mejor.

Lo que se necesita ahora es una manera confiable de asegurar que los depredadores que están en los cultivos de cobertura se movilicen hasta los árboles para efectuar un eficaz control biológico de las plagas... y aquí puede considerarse la posibilidad de segar esta cobertura en un momento cuidadosamente escogido. A.G.

Some Observations on *Ischaemum indicum* (Poaceae: Panicoideae: Andropogoneae) a Recent Aggressive Introduction to Costa Rican Pastures Lands¹

J.R. Hunter*

ABSTRACT

Ischaemum indicum (Houtt.) Merrill, a grass originally from the Indian subcontinent, has only recently colonized Costa Rica. Of agronomic interest is the rapid proliferation of this species and its ability to dominate other grasses and plants under open (non-forested) situations.

Data from sample plots and farmer interviews have demonstrated the aggressive nature of *I. indicum* under humid tropical conditions in Costa Rica. Observations suggest the possibility of further expansion of the habitat range of this species throughout Central America.

Suggestions as to possible management as a pasture grass are included.

INTRODUCTION

Examples of the distribution, by human influence, of almost every variety of cultivated plant far from its area of origin are legion (1, 10). Since we depend on plants either directly or indirectly in order to live, this attempt to experiment with as many different species as possible in a variety of distinct environments is a natural one. The grass *Ischaemum indicum* (Houtt.) Merrill, locally called "retana", "ratana" or more commonly "rotana", originally from the Indian subcontinent, began to colonize Costa Rica in the very recent past. Whether this was a planned introduction, in an effort to improve grazing capabilities, or a chance invasion is

¹ Received for publication April 14, 1986.

I thank Carter M. Harrison, Emmet J. Judziewicz and Richard W. Pohl for their suggestions and criticisms after reviewing an early version of this manuscript, as well as for corrections of certain of the scientific names. Luis Poveda also assisted in the determination of some of the specimens.

I also appreciate the assistance provided by Allen M. Young.

Tammy Kuczynski prepared the map of Central America.

* Botany Department, University of Wisconsin, Madison
Present Address: Apartado 2732, San José, Costa Rica

COMPENDIO

Ischaemum indicum (Houtt.) Merrill, es un zacate endémico del subcontinente Indio, conocido localmente como "rotana", ha sido introducido recientemente en Costa Rica y ha colonizado extensas áreas del país. Resulta de interés agronómico la rápida propagación de esta especie y su habilidad de dominar otras hierbas y gramíneas en ambientes abiertos (no-forestales).

La información obtenida de muestras de campo y de entrevistas con finqueros, indica que *I. indicum* es muy agresivo bajo las condiciones del trópico-húmedo de Costa Rica. Basado en observaciones de su dominancia sobre otras hierbas, se puede contemplar sobre la posibilidad de su expansión en corto plazo en toda la América Central.

Se incluyen sugerencias sobre un mejor manejo agronómico de esta gramínea como un pasto permanente.

difficult to ascertain. What is known is that this species is now firmly established in Costa Rica.

Costa Rica is located between 8 and 11 degrees north of the equator on the Central American isthmus, north of Panama and south of Nicaragua (Fig. 1). It has a northwest to southeast orientation and is bounded to the east by the Caribbean and to the west by the Pacific ocean. Its principal physiographic characteristic is a series of volcanic mountain ranges also running in a northwest to southeast direction. This central mountain backbone acts to divide the country into the eastern (Caribbean) humid region and the western (Pacific) dry region. However, while the western zone has an extended dry season (Monsoonal) the annual rainfall there is seldom less than 1 400 mm. High temperatures coupled with high precipitation in these latitudes are conducive, under normal conditions, to the growth of forests. Indeed, even as much as four and a half centuries after the arrival of Europeans, according to Powell (9), "nearly nine-tenths of the Republic (of Costa Rica) are forested and there are an estimated 48 million board feet of lumber."

Since a large part of the one-tenth which was not forested was planted to either food crops, coffee, bananas or cacao, pastures and grasslands were not of a high level of importance in the local agriculture of that date. Stanley (11) conducted field work in

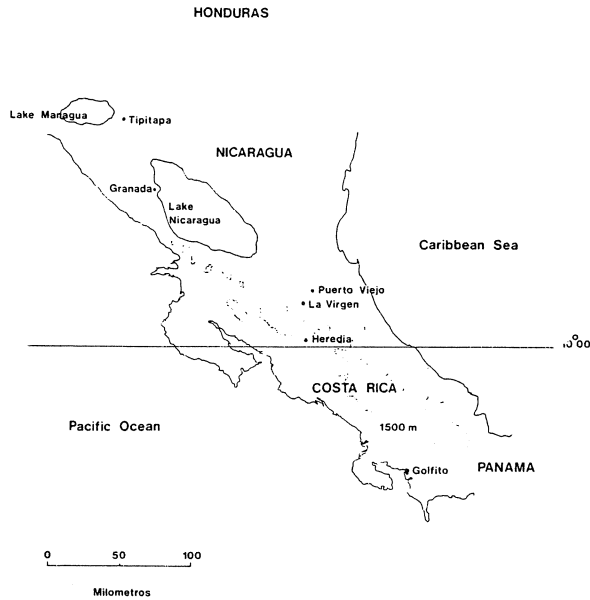


Fig. 1. Location of Costa Rica showing the Puerto Viejo and La Virgen sites.

Costa Rica during the winters of 1923-24 and 1925-26. In the introduction to his four volume publication, he makes little mention of grasses except in relation to the dry Pacific-northwest. He attributes a great deal of the extension of grassland there to the practice of annual burning. *I. indicum* is not included in his study. Hitchcock (3) also makes no mention of this grass in his volume, "Grasses of Central America."

By 1975, due to intense population pressure on available land resources, only 25% of Costa Rica could be classified as forest (4) and today this figure is considerable lower. Thus, a much larger habitat conducive to the growth and spread of grasses has been developed, in a relatively short time span, through the elimination of forests. Much of this change in land use is attributable to an economic situation favorable for livestock development, and Hall (2) has documented this increase in both meat and milk production in Costa Rica, along with the expansion of lands devoted to pastures.

Pohl (8) indicated that the earliest collection he made of *I. indicum* in Costa Rica was from the grass garden at CATIE, Turrialba in August, 1966. This voucher specimen is at the Herbarium of the Iowa State University at Ames. Subsequently, he stated with regard to this species (8) that the "only Costa Rican collection (at the Field Museum in Chicago) is the following: Puntarenas, Golfito: very common on

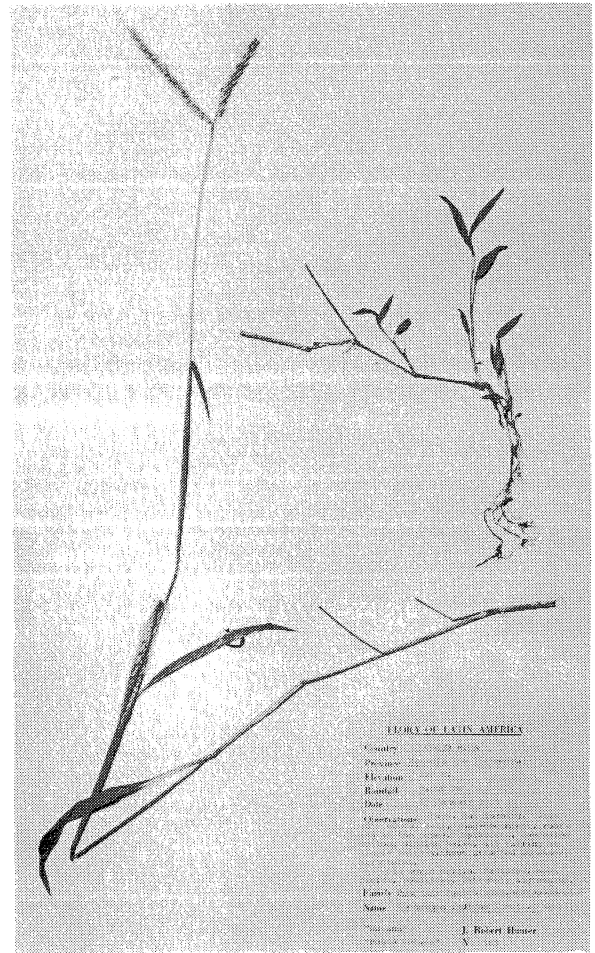


Fig. 2. Sheet corresponding to the specimen 565 collected near Sarapiquí, Costa Rica.

sand along a stream, elevation 2M. 11 December 1968. P & D 11571. Introduced from the Old World and reported from Panama and Guyana."

The Herbarium at Iowa State University also has two sheets from Panama (Nee 9007, 1973 and Folsom & Collins 6427, 1977), both collected from roadsides. There is another sheet from Trinidad obtained in 1982 - Harriman 17516. A further sheet (1981) was made from specimens collected near Las Cañas, Costa Rica, where this grass had been planted for forage. There it was called "pasto ratana."

The Herbarium at the Museo Nacional in San Jose contains the following collections: Pohl 11571, 11 December 1968, Golfito; Pohl 13195, 7 June 1976, Sixaola; Ocampo 3086, 1981, Talamanca; Judziewicz 4325, 6 November 1983, La Selva; Gómez-Laurito 9703, 14 January 1984, San Ramón; Hunter 565, 15 January 1985, La Tirimbina (Fig. 2).

In a three year study of tropical succession carried out from 1969 through 1972, in the humid lowlands of Costa Rica near the town of Puerto Viejo de Sarapiquí (5), not a single example of this grass was encountered among the hundreds of voucher samples taken. In the studies of lowland succession which Opler, Baker and Frankie (7) conducted in wet land (Finca La Selva, also near the town of Puerto Viejo) and dryland (5 km northwest of Las Cañas) sites, of the thousands of species collected and identified, not one was *I. indicum*. Only a few years later, however, Judziewicz and Pohl (6) collected some samples of *I. indicum* just to the south of the entrance to the La Selva Station and concluded that, while introduced from the Old World, it was "apparently becoming fairly common in pastures in lowland Costa Rica."

This information suggests that the grass in question is a very recent import to Costa Rica. However, there is so much hearsay that it is difficult to provide exact dates and localities of its introduction. Reports of immigration from Panama clash with those of a Nicaraguan origin. Montiel (personal communication, 1985) of the Facultad de Agronomía of the Universidad de Costa Rica, felt that it had been introduced from Colombia, but there were no data as to who brought *I. indicum* into the country or when. No one has made a positive claim of any kind concerning the importation of this species. Furthermore, no one estimates its establishment earlier than the decade of the 1960s.

Growth and habitat characteristics of *Ischaemum indicum*

This is a mat-forming grass, rooting at the nodes. In addition to this vegetative system of propagation, it is a prolific seed producer. The inflorescence consists of two spreading racemes reddish in color. Although day length at this latitude is minor, *I. indicum* is obviously a short day plant with flowering

beginning in the northern hemisphere in late November and lasting through January or February. Newly established mats of the plant are readily identified by reddish congregations of inflorescences between 15 and 20 cm in height

During flowering, this grass is very unpalatable to cattle and horses. Limited observations have not shown that it is a food of choice by any seed-eating birds.

L. Poveda (personal communication, 1985) of the Universidad Nacional in Heredia and the Museo Nacional has suggested that its dominating habit may be due to some inhibitory substance secreted from the roots, but there is no concrete evidence of this.

It does not appear to be at all demanding of topography or soil type. Table 1 gives the soil analyses of two different sites in which species comparisons were made during successive years.

During 1984 and 1985, this grass was observed in Costa Rica from sea level to 1 500 m in elevation and under rainfall regimes varying from as much as 4 500 mm to as low as 1 650 mm. It was also noted in the spring of 1985 between Granada and Tipitapa in Nicaragua; there I was informed that it had been reported as invading lowland pastures farther north, up to and including Honduras.

METHODS

I first learned of *I. indicum* in 1983, and was sufficiently impressed with its aggressive characteristics by early 1984 to initiate a series of observations on its performance in tropical lowland situations.

Two pastures were selected in the northeastern part of Costa Rica near the town of La Virgen de Sarapiquí for study. The first was of the traditional

Table 1. Some chemical properties of the soils under two different pastures in the lowlands of northeastern Costa Rica.

Soil Sample	pH	OM %	Al	Ca Meg/100 g	Mg	K	P ppm
Slash-and-burn							
0 - 10 cm	4.1	6.25	2.70	1.7	0.7	0.10	2.5
10 - 40 cm	4.3	4.7	1.50	2.1	1.1	0.15	2.0
Planted Pasture							
0 - 10 cm	4.5	8.50	2.60	1.50	0.6	0.13	2.0
10 - 40 cm	4.7	9.38	1.20	3.0	1.8	0.12	2.0

Table 2. Numbers of plants (by species – alphabetical by family) identified in four 1 m² plots in a slash-and-burn pasture in the humid lowlands of Costa Rica in two successive years.

Species	Number of Individuals	
	January 1984	January 1985
Acanthaceae		
<i>Blechnum brownii</i> Juss	10	2
Amaranthaceae		
<i>Cyathula achyranthoides</i> (HBK) Moq	34	6
<i>Cyathula prostrata</i> (L.) Blume	5	
Commelinaceae		
<i>Campelia zanonii</i> (L.) HBK	18	
Cyperaceae		
<i>Cyperus</i> sp. 1	10	2
<i>Cyperus</i> sp. 2	18	7
Labiatae		
<i>Hyptis captata</i> Jacq	3	
Melastomataceae		
<i>Clidemia dentata</i> D. Don	8	14
Mimoseae		
<i>Mimosa pudica</i> L.	42	16
<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntz	1	
Myrtaceae		
<i>Psidium guajava</i> L.	2	
Poaceae		
<i>Andropogon bicornis</i> L.	3	
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv	62	6
<i>Digitaria ciliaris</i> (Ritz.) Koel.	13	
<i>Ischaemum indicum</i>	8	762
<i>Genus</i> sp. 1	42	13
Rubiaceae		
<i>Hamelia patens</i> L.	14	2
<i>Sabicea villosa</i> R. and S.	2	
Solanaceae		
<i>Solanum umbellatum</i> Mill	8	3
also		
<i>Pteridium</i> sp.	43	14

type for this region, developed by cutting down the forest, then burning the refuse when possible, or just leaving everything to decompose. Once the area was fenced, cattle were turned in to fend for themselves. Here, the hope is that the animals will trample down the trash and organic matter and thus provide a habitat which grasses present in the immediate vicinity can easily invade. This strategy is aided from

time to time (but rarely more than three times a year), by sending in men with machetes to cut down the persistent woody successional weeds, the shade of which could impede the growth of any grasses present. This pasture was established in 1963.

The other pasture was one in which attempts had been made to actually plant a forage of recognized

worth and eliminate by means of herbicides as much of the weedy growth as possible, at least in the establishment stage. In this case, the pasture grass, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, locally known as "estrella" or "estrella africana" is a persistent plant in its own right, spreading extensively by stolons and rhizomes, as well as by seed. This pasture was established in 1976.

During January of 1984, four randomly selected 1 m² plots were staked in the two different lots. This gave a total area of four square meters in each pasture from which a census was taken of all plants encountered. These data are presented in Table II

In January of 1985, four new randomly selected plots each 1 m² were staked out in each pasture. As

during the preceeding year, a tally was made of the different species encountered in the total of four square meters for each pasture. These data are presented in Table III.

In addition to these analyses, a survey was made of twenty cattlemen in an area ranging from Puerto Viejo de Sarapiquí to Ciudad Quesada, some 50 km to the west. The basis of the survey was a questionnaire which included questions about when the grass first appeared. Was it introduced and if so by whom? What is the best type of management? What is the best means of establishment? What is known of the nutritional value? How does it compete with other pasture grasses? With other plants? What is the observed palatability for cattle and horses? Also included was information as to locality, altitude,

Table 3. Numbers of plants (by species – alphabetical by family) identified in four 1 m² plots in a slash-and-burn pasture in the humid lowlands of Costa Rica in two successive years.

Species	Number of Individuals	
	January 1984	January 1985
<i>Amaranthaceae</i>		
<i>Cyathula achyranthoides</i> (HBK) Moq.	8	
<i>Commelinaceae</i>		
<i>Campelia zanonía</i> (L.) HBK	14	
<i>Cyperaceae</i>		
<i>Cyperus</i> sp. 1	16	2
<i>Cyperus</i> sp. 2	11	4
<i>Labiatae</i>		
<i>Hyptis captata</i> Jacq.	4	
<i>Melastomataceae</i>		
<i>Clidemia dentata</i> D. Don	7	11
<i>Mimoseae</i>		
<i>Mimosa pudica</i> L.	23	7
<i>Poaceae</i>		
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	18	6
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	462	46
<i>Ischaemum indicum</i>	27	426
Genus sp. 1	4	
<i>Rubiaceae</i>		
<i>Hamelia patens</i> L.	9	
also		
<i>Pteridium</i> sp.	23	8

rainfall, how long the farm had been established, whether its primary purpose was for dairy, fattening or cow-calf operations, and so on

Every farmer contacted was quite willing to give his opinion about this grass. A summary of these observations is included below.

RESULTS AND DISCUSSION

Based on the data gathered from the pasture census, the rapid colonization of *I. indicum* in two different pastures in the humid tropical lowlands of Costa Rica, within the period of only one year, is quite obvious. It is clear that an exotic grass, which until very recently had not even been recorded in the literature, has become one of the dominant species in this region.

With regard to the farmer interviews, all agreed that *I. indicum* is a most aggressive competitor and that within a very short time has become one of the predominant grasses in the area. They split into three groups as to their opinion of its value and how to deal with this recent intruder

The first group, which included four university-trained agronomists, felt it was unfortunate that this species had ever reached Costa Rica and that every possible effort should be taken to eradicate it. They said that it was dominating and eliminating the grasses they had planted for forage, such as *Axonopus scoparium* (Fluegge) Kuhlman, *Bracharia mutica* (Forsk.) Stapf, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *C. nlemfuensis*, *Panicum purpurascens* Raddi and even *Panicum maximum* Jacq. These farmers felt quite strongly that *I. indicum* was not a satisfactory forage grass, even though it was very aggressive.

The second and largest group believed that "rotana" was a fortuitous introduction, since it established itself so rapidly in newly cleared land. This group reported that *I. indicum* was able to dominate not only common weeds in pastures but also such persistent plants as *Coix lacryma-jobi* L. Although cattle and horses would not eat *I. indicum* when it was in flower, these ranchers agreed that their animals could generally find something else to tide them over until the "rotana" became more palatable

The third group, consisting of a single lowland dairy farmer, insisted *I. indicum* was so thoroughly established that instead of hoping to eradicate it (a very expensive task), the best alternative would be to learn how to manage it for year-around pasturage. He suggested that probably the most important management practice would be to cut or pasture

the grass early in November to prevent flower formation and thus keep the mats in vegetative condition.

Despite any attempts to eliminate this grass, it is apparent that *I. indicum* will soon dominate a great deal of lowland pasture as well as abandoned open fields and roadsides, particularly in the more humid regions of Costa Rica up to an altitude of 1 500 m. There is evidence that it is now on the way to dominating non-forested areas in other regions of Central America. From an agronomic standpoint, the most reasonable approach for dealing with this recent exotic invader is to understand its behavior under different ecological conditions so as to learn how to manage it for optimum milk and meat production.

LITERATURA CITADA

- 1 CLARK, J.; STEVEN, A. BRANDT (Eds). 1984. From hunters to farmers. University of California Press Berkeley 433 p.
- 2 HALL, C. 1983. Costa Rica, una interpretación geográfica con perspectiva histórica. Editorial Costa Rica, San José, 466 p.
- 3 HITCHCOCK, A. S. 1930. Grasses of Central America. Contributions from the U.S. National Herbarium Vol. 24(9). Smithsonian Institution U.S. National Museum, Washington, D.C.
- 4 HUNTER, J. 1975. The forest resources of Costa Rica: The biological approach. Associated Colleges of the Midwest, San José, Costa Rica. 115 p.
- 5 HUNTER, J. 1968. Succession following clear-cutting in a humid lowland Costa Rican rain forest. *Journal of Tropical Ecology* (in press).
- 6 JUDZIEWICZ, J.; RICHARD, W. 1984. Grasses of La Selva, Costa Rica. Contributions from the University of Wisconsin Herbarium Vol. 1(3) Madison, Wisconsin.
- 7 OPLER, A.; HERBERT, G.; GORDON, W. 1977. Recovery of tropical lowland forest ecosystems. In *Recovery and restoration of damaged ecosystems*. Ed. by Cairns, Dickson & Herricks. University Press of Virginia. 531 p.
- 8 POHL, R. 1980. Family No. 15 Gramineae. In *Flora Costarricense*. Ed. by B. William. Field Museum of Natural History Chicago.
- 9 POWELL, J. S. 1943. Agriculture in Costa Rica. Pan American Union, Washington, D.C.
- 10 PURSEGLOVE, J. W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons. Longmans, Green and Co. Ltd. London. 2 Vol.
- 11 STANLEY, P. 1937. Flora of Costa Rica. Field Museum of Natural History, Vol. XVIII, Chicago. 4 vol.

Nematodos Asociados al Arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica.
III. Microscopía Electrónica de Rastreo de *Meloidogyne* y *Tylenchorhynchus annulatus*¹

R. López*, L. Salazar*

ABSTRACT

The external morphology of females, males and second-stage juveniles of *Meloidogyne salasi* and of females of *Tylenchorhynchus annulatus*, two plant-parasitic nematode species of rice in Costa Rica, was observed with the scanning electron microscope (SEM). The presence of two rounded pores on each spicular tip of *M. salasi* males and the characteristics of *T. annulatus*, as seen with the SEM, are illustrated for the first time.

COMPENDIO

Se observó e ilustró la morfología externa de hembras, machos y juveniles en el segundo estudio de *Meloidogyne salasi* y hembras de *Tylenchorhynchus annulatus*, dos nematodos parásitos del arroz en Costa Rica, con la ayuda del microscopio electrónico de rastreo (MER). La presencia de dos poros redondos en cada espícula de los machos de *M. salasi* y las características de las hembras de *T. annulatus*, vistas con el MER, son ilustradas por primera vez.

INTRODUCCION

El uso del microscopio electrónico de rastreo (MER) para la observación de la morfología de los nematodos fitoparásitos se ha extendido considerablemente en los últimos años. Avances logrados como la gran resolución, la profundidad de campo, la facilidad de interpretación de las imágenes obtenidas y la versatilidad en los movimientos de la platina en que se colocan los especímenes para examen, han hecho del MER un instrumento extremadamente

útil para estudiar la taxonomía de estos parásitos, al hacer posible su observación y la toma de fotografías desde numerosos ángulos; esto permite una mejor interpretación de los rasgos microtopográficos (6, 11).

Por otra parte, en Costa Rica se ha iniciado un estudio de la nematofauna asociada al arroz (*Oryza sativa* L.) que tiene, entre otros, los objetivos de caracterizar en forma detallada y ampliar la información disponible sobre la morfología de los nematodos parásitos de este cultivo. En este trabajo se presentan los resultados de observaciones hechas con el MER en dos especies: *Meloidogyne salasi* López, 1984 y *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971 (= *T. martini*).

MATERIALES Y METODOS

Los especímenes de *M. salasi* fueron colectados de raíces de arroz en la localidad de Los Chorros, cantón de Corredores, en el Sur de Costa Rica, mientras que los de *T. annulatus* se recogieron de un suelo infestado en un arrozal localizado en las cercanías del aeropuerto La Managua, cantón de Quepos; ambos lugares pertenecen a la provincia de Puntarenas, Costa Rica.

¹ Recibido para su publicación el 13 de octubre de 1986.

Parte del Proyecto 312-85-028 de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Los autores agradecen la financiación otorgada por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y la ayuda técnica para la Srita. Carmen Gutiérrez y del personal de la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad de Costa Rica.

* Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. El primer autor es beneficiario del CONICIT de Costa Rica.

Los especímenes, hembras, machos y juveniles, en el segundo estadio (J2), de *M. salasi* fueron extraídos siguiendo un método previamente descrito (8), mientras que las hembras de *T. annulatus* fueron extraídas del suelo mediante la técnica de tamizado y centrifugación en solución azucarada (7). Los nematodos fueron aislados en un volumen conocido de agua destilada y enfriados a 5°C durante 1 h en un refrigerador; posteriormente, se agregaron dos gotas de glutaraldehído al 4% (v/v) en una solución amortiguadora de fosfatos (NaH_2PO_4 , $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.1 M), pH 7.2, a intervalos de 30 minutos hasta duplicar el volumen inicial de agua destilada. Los especímenes fueron fijados durante 72 h adicionales a 5°C en la solución resultante de glutaraldehído al 2%; al final de este periodo fueron trasladados a una pequeña cámara plástica que tenía una malla fina en el fondo (abertura de 15 μm) y lavados tres veces en una solución amortiguadora de fosfatos, pH 7.2, en un periodo de 15 minutos; luego, fueron posfijados en una solución de tetraóxido de osmio al 2% (v/v) en la solución amortiguadora de fosfatos a 5°C. Los especímenes fueron mantenidos en esta solución durante 18 h y luego fueron lavados tres veces en la solución amortiguadora de fosfatos a 5°C por un periodo de 15 minutos. Inmediatamente después se procedió a deshidratarlos en una serie graduada de etanol a 21-23°C (5-10-20-35-50-65-80-95-100-100-100% de etanol, v/v), con intervalos de 15 minutos entre cada paso. Una vez que los nematodos estaban en la última etapa con etanol absoluto, se colocó una tapa de malla fina sobre la cámara plástica que los contenía. Los nematodos fueron secados inmediatamente en un secador de punto crítico Hitachi HCP-2, con siete cambios de CO_2 de 10 minutos de duración cada uno. Los nematodos secos fueron montados en forma inclinada sobre fragmentos de cabello humano que descansaban horizontalmente sobre la superficie engomada de una platina de aluminio. Los especímenes fueron cubiertos con oro durante 5 minutos en un colector iónico GIKO 1B-3 y observados en un MER Hitachi S-570 a 15 Kv de voltaje acelerador. En cada caso, se observaron 15 especímenes de cada especie o estado del ciclo de vida. Para la descripción de la morfología de los diferentes estados de *M. salasi* se siguió la terminología propuesta por varios autores (2, 3, 4).

RESULTADOS

La Fig. 1 ilustra la morfología de la parte frontal y los diseños perineales de hembras de *M. salasi*. En la parte frontal, el redondeado disco labial aparecía levemente elevado, con el estoma redondeado u ovalado en el centro; las sensilas labiales internas eran difíciles de observar, pero, cuando fueron visibles, aparecieron como pequeños poros redondos al

rededor del estoma. Los labios medios (ventral y dorsal) estaban fusionados con el disco labial; el ventral era de mayor tamaño que el dorsal; ambos tenían el borde externo ligeramente curvo. Los labios laterales eran levemente arqueados. Las aberturas anfidiales eran rectangulares y se localizaron entre los labios laterales y el disco labial, debajo de este último. La región cefálica aparecía como un solo anillo, marcado por cortas líneas longitudinales; con frecuencia este anillo apareció incompleto.

Los diseños perineales (Fig. 1D-F) eran ovalados, con las estrias externas finas y las internas un poco más gruesas; las estrias externas eran mayormente lisas y continuas. La vulva, en forma de una rendija alargada, estaba orientada en el eje lateral del diseño. El arco dorsal era ancho, relativamente alto y cuadrado.

En la Fig. 2 se ilustra la morfología de la parte anterior y de las espículas del macho. Visto de frente, el disco labial aparecía grande y redondeado, ligeramente elevado sobre los labios medios, con los bordes laterales levemente arqueados. El ovalado y relativamente grande preestoma estaba localizado en el centro del disco labial y circundado por seis sensilas labiales internas, en forma de pequeños poros redondos. La abertura del estoma tenía la forma de una rendija, orientada en el eje dorso-ventral. Los labios medios eran un poco más anchos que el disco labial y tenían, cada uno, dos sensilas cefálicas en forma de pequeñas depresiones cuticulares. En algunos especímenes (Fig. 2B, C), se observaron unas protuberancias, en número variable, que yacían a la par de las sensilas cefálicas. Se encontró un espécimen aberrante (Fig. 2D) que tenía unos lóbulos de forma irregular localizados entre el disco labial y uno de los labios medios. En todos los especímenes observados los labios laterales eran inconspicuos y estaban marcados por cortas incisuras que se iniciaban en la conjunción del disco labial con los labios medios, extendiéndose sobre la región cefálica. Las aberturas anfidiales aparecían como rendijas relativamente largas, colocadas debajo de los bordes laterales del disco labial (Fig. 2A-E). La región cefálica presentaba de dos a tres hileras de anulaciones cortas e incompletas, colocadas en diferentes niveles de la misma. Las espículas presentaban cada una dos poros circulares, uno en su porción distal y el otro un poco más atrás (Fig. 2F).

La Fig. 3 muestra la morfología de la parte anterior de los J2. El elongado disco labial estaba levemente elevado sobre los labios medios y presentaba los bordes laterales rectos o levemente arqueados. El ovalado preestoma se localizaba en el centro del disco labial y estaba rodeado por seis sensilas labiales internas, en forma de pequeños poros redondos. El

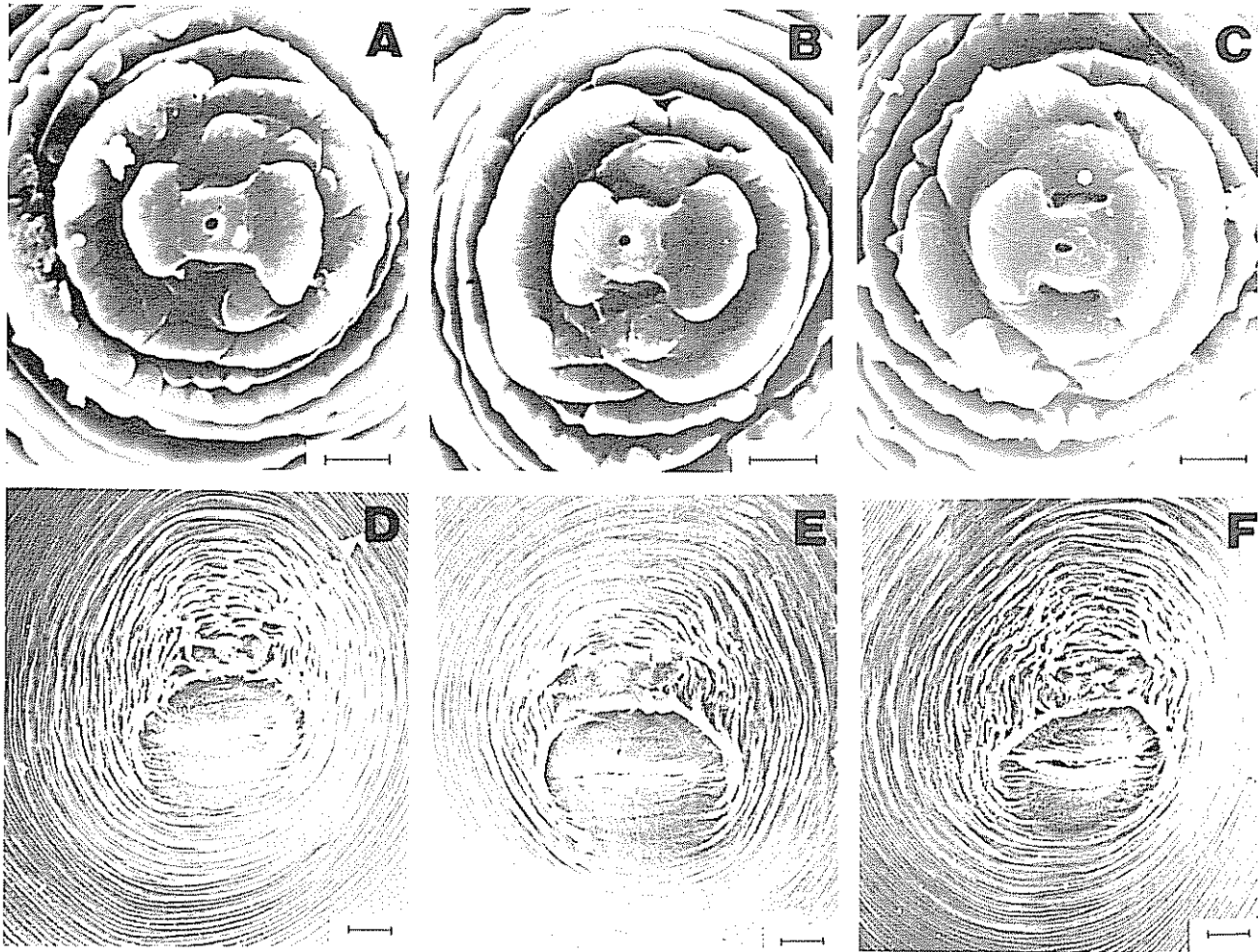


Fig. 1. Fotomicrografías de la porción frontal (A-C) y el diseño perineal (D-F) de hembras de *Meloidogyne salasi*. La barra en A-C = 10 μ m; en D-F = 2 μ m

estoma tenía una abertura en forma de rendija, difícil de observar. Los labios medios eran más anchos que el disco labial, tenían los bordes redondeados y en conjunto, con el disco labial, formaban una estructura similar a un corbatín. Los labios laterales eran angostos; sus bordes eran rectos o ligeramente arqueados y corrían paralelos a los bordes laterales del disco labial. Las aberturas anfidaes aparecían en forma de rendijas colocadas debajo de los bordes laterales del disco labial. La región cefálica era lisa, sin anulaciones

La Fig. 4 ilustra algunas características morfológicas de las hembras de *T. annulatus*. Vista lateralmente (Fig. 4A), la parte anterior aparecía levemente redondeada o aplanada (Fig. 4B). La región cefálica no presentó ninguna anulación marcada que la separara del resto del cuerpo. El disco labial (Fig. 4C, D) era rectangular, con la parte más larga en el sentido dorso-ventral y la más corta en el sentido lateral; las

uniones de los bordes laterales del disco labial, con los bordes orientados dorso-ventralmente, eran angulares. Las aberturas anfidaes se localizaban hacia el centro de los bordes laterales del disco labial; tenían forma de óvalos relativamente grandes y ocupaban parte del disco labial y parte de la porción lateral de la región cefálica. La abertura del estoma tenía forma ovalada, era relativamente pequeña y estaba orientada dorso-ventralmente; en apariencia, alrededor de la misma, se localizaban seis sensilas, tres a cada lado (Fig. 4B) pero esta característica no pudo ser observada claramente en vistas de la porción frontal (Fig. 4C, D). Los campos laterales se iniciaban como dos incisuras localizadas a 15-16 anillos del disco labial (Fig. 4A). Al observar esta parte del cuerpo con mayor aumento (Fig. 4E) se notó que, a unos 6-7 anillos del inicio de los campos laterales, aparecía una tercera incisura en el centro de los mismos, la que los dividía en dos sectores del mismo ancho; los bordes externos eran

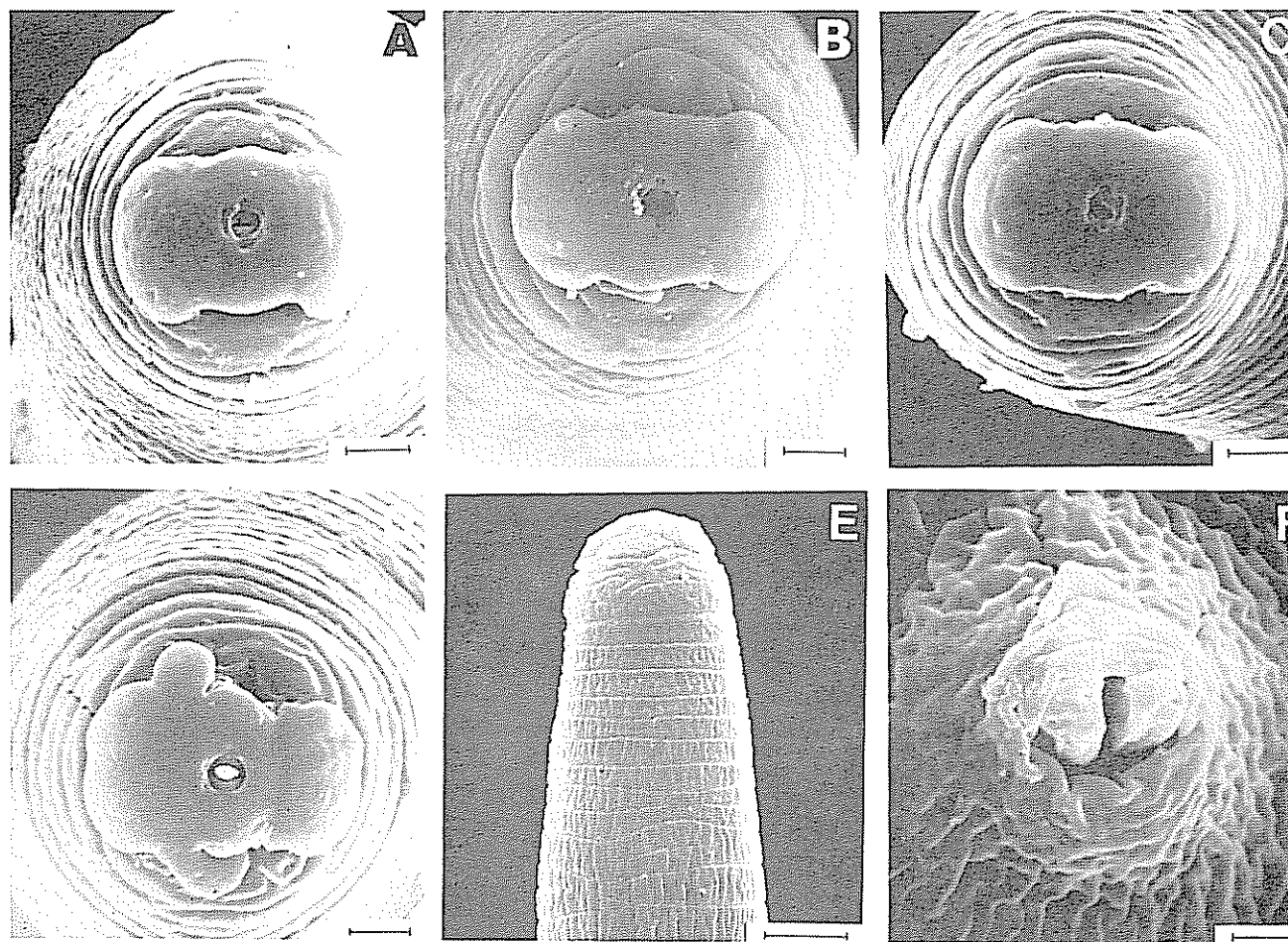


Fig 2 Fotomicrografías de la porción frontal (A-D) porción anterior (E, lateral) y de las espículas (F) de machos de *Meloidogyne salasi*. La barra en A-D = 2 μ m; en E = 5 μ m y en F = 1 μ m

arqueados y había correspondencia entre las anulaciones del cuerpo y las incisuras transversales en los campos laterales; en pocas oportunidades, las incisuras transversales atravesaron los campos hasta llegar a la incisura central, produciendo una areolación incompleta. En esta parte del cuerpo los campos laterales ocupaban 1/5 de su diámetro. A mitad del cuerpo (Fig. 4F), los campos laterales presentaban cuatro incisuras que los dividían en un sector central angosto y dos sectores laterales, aproximadamente iguales entre sí pero de mayor ancho que el central; los bordes externos de los campos laterales conservaban su característica de arqueados, pero, las incisuras transversales no los atravesaban por lo que no había aerolación de los mismos. En esta parte del cuerpo los campos laterales ocupaban aproximadamente 1/3 de su diámetro.

La porción caudal (Fig. 4G, H) era subcilíndrica, con una parte terminal redondeada. Los fasmidios se localizaban en la banda central de los campos laterales

y se abrían al exterior, a través de un poro redondeado. Los campos laterales estaban delimitados por cuatro incisuras, de manera similar a lo observado a mitad del cuerpo. Las cuatro incisuras llegaban hasta el último anillo de la cola donde se fusionaban; las dos incisuras externas tenían los bordes arqueados.

DISCUSION

La morfología de la población de *M. salasi* utilizada en este estudio fue muy similar a la de la población usada para la descripción de la especie (8), excepto por unos pequeños detalles. Así, se podría mencionar que la forma de la porción frontal de las hembras difirió de la descrita como típica de *M. salasi*, ya que el labio ventral no era puntiagudo. Sin embargo, fue idéntica a la de una variante poco frecuente en la población usada para la descripción de la especie (8, Fig. 3D). Entonces, podría decirse que la morfología de la población utilizada en este estudio se mantuvo

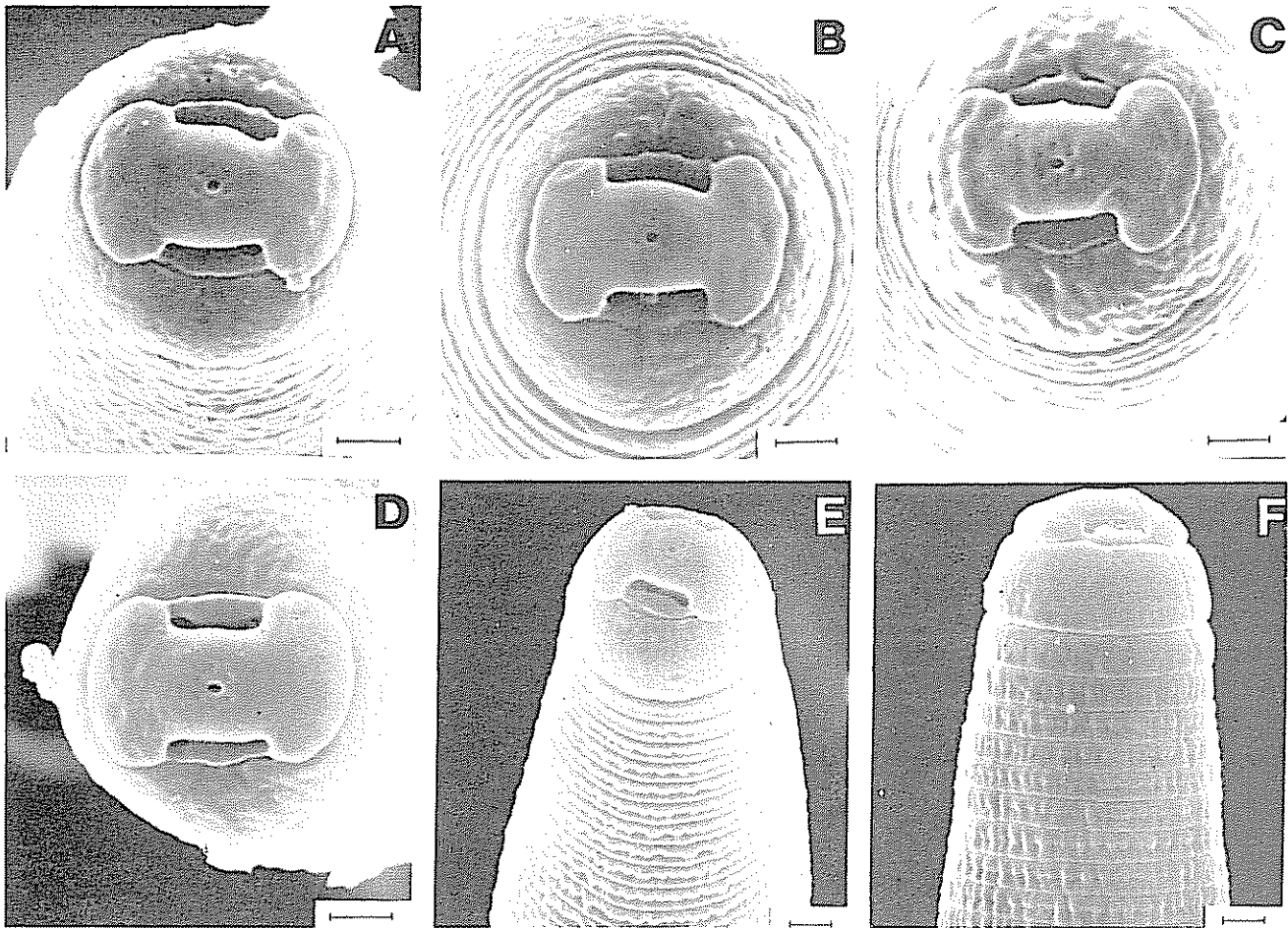


Fig 3 Fotomicrografías de la porción frontal (A-D) y la porción anterior (E = lateral, F = laterodorsal) de segundos estados juveniles de *Meloidogyne salasi*. La barra en A-F = 1 μ m

dentro de la variación propia de *M. salasi*. Otro de los aspectos diferentes fue la presencia de dos poros circulares en cada una de las espículas de los machos; originalmente (8), se mencionó que cada espícula tenía una abertura transversal. La observación de los especímenes obtenidos en este estudio y su comparación con los usados en la descripción original permiten asegurar que los de este estudio estaban en mejores condiciones de preservación cuando fueron observados con el MER, por lo que posiblemente la primera observación fue de especímenes un poco distorsionados por el proceso de fijación y secado. En este sentido, pareciera entonces que la condición normal de las espículas de machos de *M. salasi* es la de tener dos poros redondos en sus extremos; esto concordaría con lo anotado por Eisenback (1), de que las terminaciones nerviosas que entran por la base de cada espícula en los machos de *Meloidogyne* spp. abren al exterior a través de dos po-

ros en la punta. La mejor preservación de los especímenes usados en este estudio permitió también ilustrar con mejor detalle la morfología de la porción anterior del cuerpo de los J2; las fotografías de la parte frontal de los J2 en la descripción original (8, Fig 3E, F) están un poco fuera de foco, mientras que las aquí presentadas tienen una mejor resolución y están mejor enfocadas.

En cuanto a *T. amulatus*, esta parece ser la primera vez en que tal nematodo es observado con el MER ya que después de un exhaustivo análisis de la literatura sólo se logró encontrar ilustraciones hechas con la ayuda del microscopio de luz (5, 10). Las observaciones hechas en esta investigación sirvieron para, en ciertos casos, confirmar y en otros ampliar la información existente sobre la morfología de esta especie. Por ejemplo, no se observó incisura alguna que separara en forma clara la región cefálica del resto del

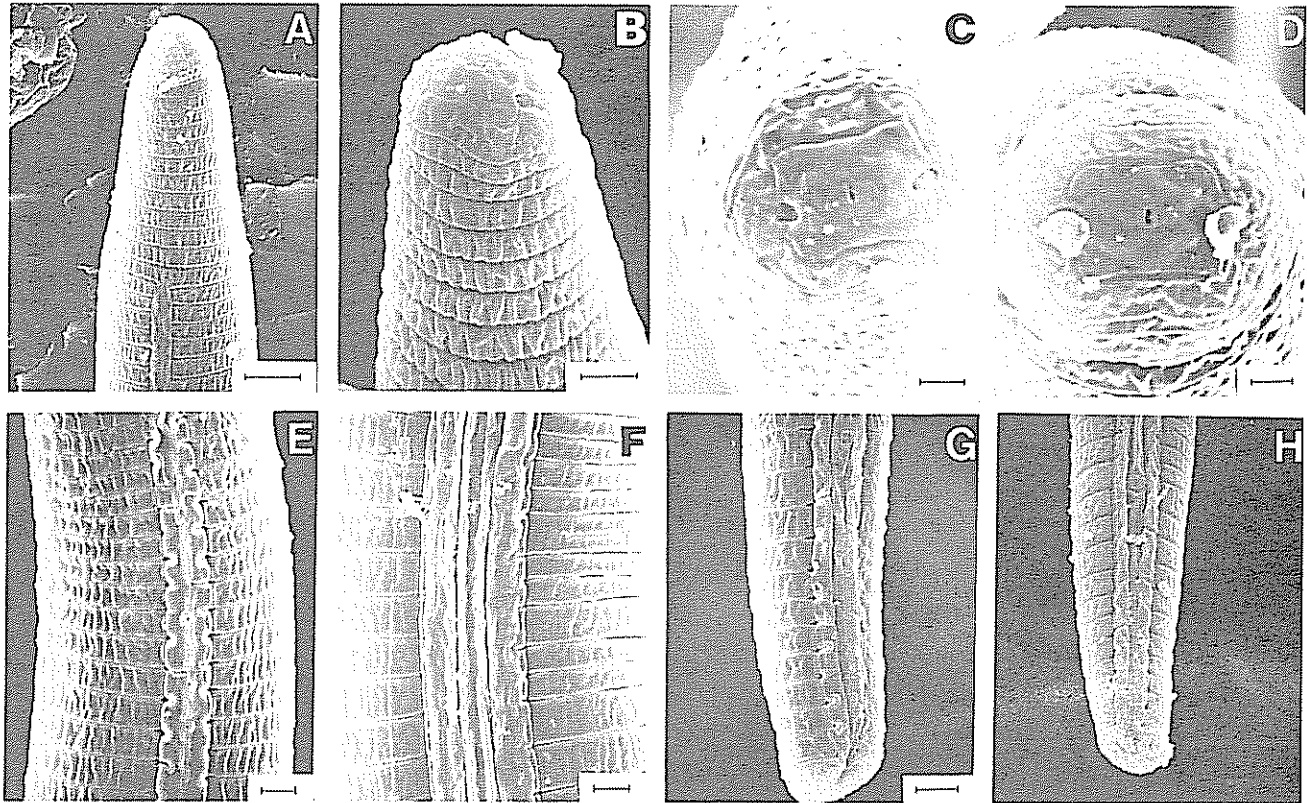


Fig 4 Fotomicrografías de hembras de *Tylenchorhynchus annulatus* (A-H). A: parte anterior; B: región cefálica; C y D: porción frontal; E: inicio del campo lateral; F: como lateral a mitad del cuerpo; G y H: cola. La barra en A = 4 μm ; en B = 2 μm ; en C y D = 1 μm ; en E y F = 2 μm ; en G y H = 4 μm

cuerpo (Fig. 4A). En estudios realizados con el microscopio de luz se ha mencionado que la región labial tiene tres anillos (5, 9, 10); Siddiqi (10) también ha mencionado que la región cefálica está levemente separada del resto del cuerpo por un mayor diámetro, mientras que según Fielding (5) la región cefálica está separada por una ligera constricción. Las observaciones hechas con el MER no confirmaron lo anotado por estos dos últimos autores, ya que no se observó incremento alguno en el diámetro de la región cefálica o constricción que la separara del resto del cuerpo; por esta razón, no se podría afirmar que la región cefálica tiene tres anillos, aunque esto sea visible con el microscopio de luz. Por otra parte, las características de los campos laterales en las partes media y caudal del cuerpo ya habían sido observadas e ilustradas previamente (5, 9, 10), así como las de la porción terminal de la cola y las de los fasmidios (9, 10). La morfología de la región labial y la de los campos laterales en su inicio no habían sido ilustradas previamente, por lo que pareciera que ésta es la primera vez que son observadas en detalle.

LITERATURA CITADA

- 1 EISENBACK, J.D. 1985 Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males, and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). In An advance treatise on *Meloidogyne* Vol I Biology and control. Ed. by J.N. Sasser, Carter, C.C., Raleigh, N.C. North Carolina State University Graphics. p 47-77.
- 2 EISENBACK, J.D.; HIRSCHMANN, H. 1979 Morphological comparison of second stage juveniles of six populations of *Meloidogyne hapla* by SEM. *Journal of Nematology* 11(1):5-16.
- 3 EISENBACK, J.D.; HIRSCHMANN, H. 1980 Morphological comparison of *Meloidogyne* males by scanning electron microscopy. *Journal of Nematology* 12(1):23-32.
- 4 EISENBACK, J.D.; HIRSCHMANN, H.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1980 Morphological comparison of *Meloidogyne* female head structures, perineal patterns, and stylets. *Journal of Nematology* 12(4):300-313.

- 5 FIELDING, M.J. 1956. *Tylenchorhynchus martini*, a new nematode species found in the sugarcane and rice fields of Louisiana and Texas. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 23(1): 47-48.
- 6 HIRSCHMANN, H. 1983. Scanning electron microscopy as a tool in nematode taxonomy. In Concepts in nematode systematics. Ed. by A.R. Stone, H.M. Platt, L.F. Khalil. New York: Academic Press. p. 95-111.
- 7 JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter 48:692.
- 8 LOPEZ, R. 1984. *Meloidogyne salasi* sp. n. (Nematoda: Meloidogynidae), a new parasite of rice (*Oryza sativa* L.) from Costa Rica and Panamá. Turrialba 34(3):275-286.
- 9 LOPEZ, R.; SALAZAR, L. 1986. Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. II. Variaciones intraespecíficas en *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930). Golden, 1971. Turrialba 36(3):321-328.
- 10 SIDDIQI, M.R. 1976. *Tylenchorhynchus annulatus* (= *T. martini*). Commonwealth Institute of Helminthology. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes No. 85. 4 p.
- 11 WERGIN, W.P. 1981. Scanning electron microscopic techniques and applications for use in nematology. In Plant parasitic nematodes Vol. III. Ed. by B.M. Zucherman, R.A. Rhode. New York: Academic Press. p. 175-204.

Reseña de libros

VLECK, P.L.G. Micronutrients in tropical food crop production. M. Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. Dordrecht, Holanda. 260 p.

Este volumen presenta 10 capítulos escritos por expertos de la materia de cuatro continentes e intenta la tarea difícil de resumir la bibliografía fuertemente dispersa sobre el tema en capítulos bien organizados. Reunir la materia dispersa en publicaciones más o menos conocidos y presentarla en un conjunto sistemático es el mayor mérito de los 16 autores, especialmente del editor Dr. Paul L.G. Vlek del Centro Internacional para el Desarrollo de Fertilizantes.

Otra contribución importante de la obra es la de incluir las bibliografías a finales de cada capítulo.

El primer capítulo, es el más largo, discute en forma general la química de los oligoelementos en suelos. Los puntos de vista son generales y este capítulo igual a las 45 referencias, en su mayoría de tipo de obras de referencia, proporcionan información general incluyendo la década de los setenta.

El segundo capítulo sobre las necesidades de oligoelementos de los cultivos alimenticios tropicales, presenta información muy útil y difícil de obtener.

Es particularmente interesante un subcapítulo que relacione los problemas de oligoelementos con técnicas de manejo de cultivos y niveles de rendimientos. Las 80 referencias reúnen mucha información poco conocida pero bastante útil para el lector Latinoamericano.

El tercer capítulo se refiere a los problemas de micronutrientes en la Asia tropical. Las 171 referencias indican el trabajo voluminoso y la importancia de este problema en la región. Las investigaciones en la India y en las Filipinas son las más voluminosas y los problemas de arroz inundado han recibido una considerable atención. Los problemas parecen ser múltiples y en muchos lugares el trabajo es incipiente.

El cuarto capítulo, el segundo más largo del volumen, se dedica a los problemas de oligoelementos en Latinoamérica y se ajusta al título de la obra, estudiando principalmente la bibliografía de tipo general y relacionada a los cultivos alimenticios, y aún así se llega a 169 citas que incluyen información hasta en revistas publicadas en 1982. Se presentan los proble-

mas en relación a las propiedades geológicas y climatológicas de los ecosistemas de Latinoamérica

En el quinto capítulo se analiza los problemas de oligoelementos en la parte tropical de Africa. Este capítulo, un poco más corto que los dos anteriores y con solamente 111 referencias indica que se conoce menos sobre la problemática en este continente, a pesar de que este capítulo incluye en su discusión alguna información también sobre cultivos perennes, que no se hace en los otros capítulos.

El sexto capítulo se dedica a los oligoelementos y a la agroecología de regiones tropicales y mediterráneas. En este capítulo se aprovecha información de un amplio estudio de la FAO que incluyó 24 países mediterráneos y tropicales. Un subcapítulo analiza las relaciones de oligoelementos y clima, otro las relaciones entre tipos de suelo y éstos. Solamente 28 referencias, pero de gran amplitud de información concluyen el capítulo. La determinación de los micronutrientes en suelos tropicales es el tópico del séptimo capítulo, por desgracia las 45 referencias solamente conciernen a los aspectos generales del capítulo y no informan sobre la variable metodología usada, siendo así difícil ir a las fuentes de la información.

El capítulo octavo, uno de los más breves, se refiere al análisis de tejidos vegetales como técnica para determinar deficiencia y excesos. La bibliografía bastante amplia de 121 referencias se refiere a trabajos de importancia general, casi sin mencionar trabajos del trópico. Por desgracia se presenta también un punto de vista relativamente estrecho del autor, dejando sin mencionar enfoques tan importantes como el

sistema DRIS, aplicable también para análisis de oligoelementos.

Una parte valiosa del capítulo es su enfoque en la problemática analítica y en un análisis útil de errores posibles y métodos para controlarlos.

El noveno capítulo se dedica al abonamiento con oligoelementos y a los abonos que contienen estos materiales. Se analiza aquí las fuentes de estos materiales, y su eficiencia agronómica.

Esta es una información bastante escasa y las 56 referencias serán una buena contribución a la información de los lectores.

El último capítulo se refiere a las fuentes de materiales para la producción de fertilizantes de oligoelementos.

Aunque esta información es de poco uso, la mayoría de los investigadores ayuda a entender los materiales empleados y así contribuyen a un mejor manejo.

El libro tiene una presentación sencilla y los autores o el editor se preocuparon por un estilo claro y comprensible aún para lectores sin un profundo dominio del inglés y no debe faltar en las referencias de quienes en una u otra forma están relacionados con la investigación o enseñanza sobre oligoelementos en los trópicos.

ELEMER BORNEMISZA
CIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Evaluación y Validación del Sistema de Policultivo de Tomate y Frijol como Componente de un Programa de Manejo Integrado de Plagas de Tomate, en Nicaragua¹

P. Rosset*, I. Diaz**, R. Ambrose**, M. Cano***, G. Varrela***, A. Snook***

ABSTRACT

We report here the results of experiments designed to evaluate and validate the use of a tomato and bean polyculture as part of an Integrated Pest Management (IPM) program for tomatoes in Nicaragua. Polycultures and monocultures of both crops were grown in the Sébaco Valley Agricultural Experiment Station under irrigation during the dry season of 1982-1983 cropping cycle.

The polyculture overyielded significantly, with a Land Equivalent Ratio (LER) of 1.92 ($P < 0.03$). Beans as a companion crop did not affect the yield of tomatoes in the polyculture (Relative Yield, or RY = 0.97), while the intercrop bean yield was 75% of the monocultural production (RY = 0.75).

The polyculture greatly reduced the attack of three principle tomato pests, the *Heliothis* spp. ($P < 0.015$) and *Spodoptera* spp. ($P < 0.10$) complexes, and *Liriomyza sativa* ($P < 0.005$). A large scale validation experiment, conducted in 1984 in the Department of Managua, showed a similar pattern of strongly reduced attack by *Heliothis* spp. and *Spodoptera* spp. (> 90% reduction in damage).

Intercropping had no effect on tomato diseases.

An economic analysis showed that the polyculture was between 2.2 and 1.1 times more profitable than the tomato monoculture, depending on the wholesale market price of tomatoes.

Overall, the results of this evaluation and validation in terms of yields, pest management and profitability indicate that tomato and bean intercropping should be strongly considered as part of tomato IPM in the tropics.

COMPENDIO

El presente artículo muestra los resultados de la evaluación y validación del sistema de policultivo de tomate y frijol como componentes de un programa de Manejo Integrado de Plagas, en el cultivo del tomate, en la época seca en Nicaragua. Se obtuvo un Uso Equivalente de Tierra (UET) de 1.72, lo cual significa que el policultivo sobrerindió, dando un 72% más de producción por unidad de área que los monocultivos separados de tomate y frijol. La siembra de frijol asociado con tomate no afectó el rendimiento de éste, produciendo además un 75% de una producción normal de frijol (Rendimiento Relativo de 0.75). Resultados de ensayos hechos en Costa Rica indican que se pueden diseñar sistemas asociados de producción pares tomate y frijol que produzcan por área un rendimiento de tomate mayor que el que se obtiene en los monocultivos.

La asociación con frijol redujo el ataque de algunas plagas principales del tomate, tales como los complejos de *Heliothis* y *Spodoptera* y la mosca minador (*Liriomyza sativa*). El mismo efecto fue obtenido en lotes grandes de validación. No se observó ningún efecto significativo con respecto a las enfermedades. Este sistema debe ser considerado como un componente importante de un programa de Manejo Integrado de Plagas de tomate, reduciendo así las necesidades de insecticidas.

El policultivo resultó ser entre 119% y 9% más rentable que el monocultivo de tomate, dependiendo del precio del tomate. De lograrse mejorar el Rendimiento Relativo (RR) del tomate, como se hizo en Costa Rica, se aumentaría todavía más la ventaja en rentabilidad del policultivo sobre el monocultivo. Actualmente, se le considera como una medida de protección contra el ataque de las plagas y las fluctuaciones del mercado, constituyendo así una técnica importante en el manejo del cultivo de tomate.

¹ Recibido para publicación el 20 de julio de 1986

Los autores agradecen al Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria (MIDINRA) de Nicaragua, al Ing. Julio Castillo, Director de la Dirección General de Técnicas Agropecuarias (DGTA-MIDINRA), al Ing. Eliseo Ubeda, Director de Producción, MIDINRA Región VI (Matagalpa/Jinotega), a los trabajadores y técnicos de la Estación Experimental Regional del Valle de Sébaco, a la Lic. Ligia Lacayo, Responsable de Investigación y Diagnóstico, Dirección de Sanidad Vegetal (MIDINRA) y a los miembros de la Cooperativa Agrícola Luciano Vilchez. Este trabajo fue financiado por la Organización de Estados Americanos y la Fundación Nacional de las Ciencias (NSF) de los Estados Unidos.

* Dirección de Sanidad Vegetal, DGA-MIDINRA, Managua, Nicaragua. (Dirección actual: Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Turrialba, Costa Rica)

** MIDINRA Región VI Matagalpa, Nicaragua

*** Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA) Managua, Nicaragua

INTRODUCCION

Los policultivos o cultivos asociados constituyen un tema frecuente en las investigaciones agroecológicas (8, 23, 24, 25). Muchos experimentos han demostrado que los policultivos producen un rendimiento por área mayor que los monocultivos separados. Algunos ejemplos de policultivos que han mostrado esta ventaja son: maíz y frijol (22); maíz, frijol y yuca (7); tomate y pepino (20); tomate y frijol (15); y muchas otras (10, 18, 30)

Uno de los enfoques de las investigaciones en policultivos es el efecto de la diversidad de plantas sobre la población de los insectos plaga. Las revisiones de

literatura citan muchos estudios básicos que muestran un decremento en el ataque de las plagas con el uso de un cultivo asociado (1, 6, 12, 14). Sin embargo, existen muy pocos ejemplos prácticos del uso de un policultivo como medida de control de las plagas

El propósito de la presente investigación es evaluar y comprobar el potencial que representa un cultivo asociado de frijol como componente de un programa de Manejo Integrado de Plagas del tomate en Nicaragua. El control químico de éstas se dificulta por el hecho de que dos de las principales plagas, el complejo de *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) y el complejo de *Spodoptera* spp. (Noctuidae), ya adquirieron una fuerte resistencia a los productos químicos de la zona aldonera (27). Una tercera plaga, *Liriomyza sativa* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), es ampliamente conocida como una plaga provocada por el uso excesivo de dichos productos (11). Debido a este antecedente, la búsqueda de alternativas, como lo es el policultivo, es muy importante.

El policultivo de tomate y frijol parece ser un sistema muy prometedor al considerar su alto rendimiento (15) y su capacidad de proteger el tomate de las plagas. Estudios previos han sugerido que la siembra de frijol, como cultivo asociado con tomate, puede disminuir el ataque del gusano *Manduca* spp (26), de los áfidos (15) y de *Spodoptera sunia* (17)

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente ensayo se condujo en la Estación Experimental del Valle de Sébaco, Matagalpa, Nicaragua, en la época seca de 1982-1983. El campo experimental estuvo sembrado anteriormente con arroz; por esa razón, se encontraron poblaciones altas de la maleza denominada coyolillo (*Cyperus rotundus*). Un análisis del suelo realizado por el Laboratorio de Clasificación y Caracterización de Suelos, Departamento de Química Agrícola, DGTA-MIDINRA, generó la información que se presenta en el Cuadro 1.

Manejo del ensayo

Se sembraron por separado policultivos y monocultivos de las variedades UC-82, de tomate industrial y Revolución 79, de frijol rojo. En ambos cultivos, la siembra se realizó en forma directa, el 14 de enero de 1983, dejando 10 semillas de tomate cada vez y dos semillas de frijol. Se usaron camas de 1.2 m de ancho, con 0.4 m entre sí. Se suministraron 260 kg/ha (4 qq/mz) de fertilizante, de la fórmula comercial 12-30-10 a los surcos del tomate, al momento de la

Cuadro 1. Características del suelo en la Estación Experimental del Valle de Sébaco, Matagalpa, Nicaragua (1982-1983).

Textura:	franco
Arena:	46%
Limo:	34%
Arcilla:	20%
pH:	pasta, 6.8; 1:2.5 H ₂ O, 6.8
CO:	0.99%
MO:	1.71%
N total:	0.11%
Al:	1.6 me/100 g
P:	27 µg/ml
Intercambiables, me/100 g:	Ca, 19.50; Mg, 6.84; Na, 0.31; K, 2.25; H, 5.
CIC Sum:	33.90; NH ₄ OAc: 30.5
Sat de Bases, Sum:	85%; NH ₄ OAc: 95%

siembra, y 130 kg/ha (2 qq/mz) de urea (46% N), cada vez, a los 38 y 62 días después de sembrar (DDS). No se suministró ningún fertilizante a los surcos de frijol. La limpieza de parcelas se condujo a mano a los 10, 19 (solamente al bloque 1), 39, y 67 (solamente el tomate) DDS. También, se ralearon las plantas de tomate dejando una planta cada vez. Se hizo un aporque del tomate a los 39 DDS. El frijol fue cosechado a los 80 DDS y el tomate a los 88 DDS (12 abril, 1983). El ensayo fue regado aproximadamente cada 8 días. A los 12 DDS, se aplicó Lannate (contra *Diabrotica*) y Benlate (contra *Phytophthora*). No se hizo ninguna otra aplicación de plaguicidas.

Diseño experimental

La parcela experimental consistió de 6 camas de 10 m de largo (9.6 x 10 m), dejando una cama o un metro muerto entre sí, como borde. El diseño experimental consistió de 5 bloques completamente al azar, con los siguientes tratamientos:

- 1) Monocultivo de tomate: 2 surcos centrales por cama, con 0.4 m entre sí, colocando los golpes a 0.25 m (50.000 golpes/ha).
- 2) Monocultivo de frijol: 2 surcos centrales con 0.4 m entre sí, y un surco más a 0.3 m, de cada lado, para un total de 4 surcos por cama, colocando los golpes a 0.10 m (250.000 golpes/ha).
- 3) Policultivo de tomate y frijol: 2 surcos centrales de tomate por cama, con 0.4 m entre sí (los golpes a 0.25 m; 50.000 golpes/ha) más 2 surcos de frijol a 0.3 m de cada lado (los golpes a 0.10 m; 125.000 golpes/ha).

Obtención de datos de campo

Al dejar un metro, en cada extremo como borde, se obtuvo el peso y número de frutos comerciales de tomate y el número de frutos rechazados en las cuatro camas centrales de cada parcela. En una muestra de 100 frutos cosechados por parcela se calculó el porcentaje rechazado por categoría de daño (Cuadro 5). Con respecto al frijol, se cosecharon las dos camas centrales de cada parcela, más las mitades interiores de las dos camas adyacentes.

Cada semana, se hizo un recuento de las plagas y enfermedades que atacaron al tomate. Con respecto a las plagas, se examinó un total de 20 plantas por parcela, 4 plantas por 5 estaciones fijadas al azar. En cada planta se recopilaron los siguientes datos:

1. Número de minas activas de la mosca minador (*Liriomyza sativa*) en la cuarta hoja compuesta de la planta.
2. Número de frutos dañados por los gusanos *Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp. Aunque generalmente estos gusanos se encuentran fuera de la planta durante el día, fue posible identificar sus daños, de acuerdo a las fotografías y descripciones del "IPM Manual Group" (9).

Con respecto a las enfermedades, se contaron las plantas afectadas por *Fusarium* (la enfermedad más común), en las cuatro camas centrales de cada parcela y el número de plantas que sobrevivieron.

A los 53 DDS se escogieron 8 plantas de frijol al azar de cada parcela y se contó el número de nódulos.

Ensayo de validación

En enero de 1984, se estableció un contrato con los campesinos de la Cooperativa Agrícola Luciano Vélchez, ubicada en el km 13 de la Carretera Vieja a León, Departamento de Managua, para sembrar el policultivo, a escala comercial como validación de dicha técnica. Se transplantaron aproximadamente cuatro hectáreas de la variedad industrial Roma, dividida en dos lotes de dos hectáreas cada uno. En el primer lote, se transplantó el tomate en surcos a 1 m entre plantas y entre surcos. En el segundo lote, se alternaron surcos de tomate con surcos de frijol. Durante el ciclo de crecimiento, se revisaron las plantas anotando el número de plagas encontradas y el porcentaje de frutos dañados por los gusanos.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos absolutos y relativos que se obtuvieron y los UET's, o "Uso Equivalente de la Tierra" (18.22), por bloque y para todo el ensayo.

El análisis de varianza (ANDEVA) del rendimiento de tomate en monocultivo y policultivo no muestra ninguna diferencia significativa. El ANDEVA del rendimiento de frijol tampoco mostró ninguna diferencia.

Se evaluó la hipótesis nula de que el UET = 1, mediante una transformación de datos siguiendo la metodología de Schultz (19). En cada bloque, se calculó un Rendimiento Transformado del Monocultivo (RTM):

$$RTM = Tm + k (Fm),$$

Cuadro 2. Rendimientos (kg/ha) absolutos y relativos de los monocultivos y policultivos (Sébaco, 1983).

Bloque No.	Monocultivos/Policultivos						
	Rendimiento tomate	Rendimiento frijol ^b	Rendimiento tomate	Rendimiento frijol ^b	RR ^a tomate	RR ^a frijol	UET ^c
I	5 426	717	6 445	662	1.19	0.92	2.11
II	6 566	347	7 253	223	1.10	0.64	1.75
III	11 628	779	8 372	336	0.72	0.43	1.15
IV	10 022	594	12 430	728	1.24	1.22	2.46
V	11 633	1 080	7 077	567	0.61	0.53	1.14
media	9 055	703	8 315	503	0.97	0.75	1.72*
s ^d	2 897	268	2 403	216			

* El UET es significativamente mayor que 1 (P > 0.03)
 a RR = rendimiento relativo al del monocultivo
 b 15% humedad.
 c UET = el RR del tomate más el RR del frijol (18, 22).
 d s = desviación estándar

donde: T_m y F_m son los rendimientos del tomate y frijol, respectivamente, en monocultivo, y k es un constante, $k = T_m/F_m$ (T_m y F_m , en este caso, son las medias de todo el ensayo). También, se calculó para cada bloque el Rendimiento Transformado del Policultivo (RTP):

$$RTP = T_p + k (F_p),$$

donde: T_p y F_p son los rendimientos de tomate y frijol en policultivo y k es la misma constante. Con los valores calculados de esta manera, la prueba de la hipótesis nula,

$$RIP = RTM,$$

es equivalente a la prueba de la hipótesis nula de interés,

$$UET = 1.$$

Se puede usar cualquier prueba de muestras en pares (como ANDEVA con bloques, Prueba de Wilcoxin, etc.) para intentar rechazar esta hipótesis. En el presente caso, se usó la Prueba de los Signos (21). La hipótesis fue rechazada ($P < 0.03$). El UET resultó significativamente mayor que 1 y el policultivo sobrepasó al monocultivo.

En el Cuadro 3 se presentan los porcentajes de frutos de tomate rechazados por presentar síntomas de: tizón (*Phytophthora infestans*), bacteria (*Xanthomonas vesicatoria*), virus (no identificado) y daño de gusanos (*Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp). Ninguna de las diferencias entre policultivos y monocultivos fueron significativas, aunque hubo una tendencia hacia presencia de más virus en los monocultivos.

Las Figs. 1, 2 y 3 muestran la dinámica poblacional de las tres plagas del tomate que se presentaron a niveles analizables. *Liriomyza sativa*, el minador de la hoja, atacó temprano presentándose en números

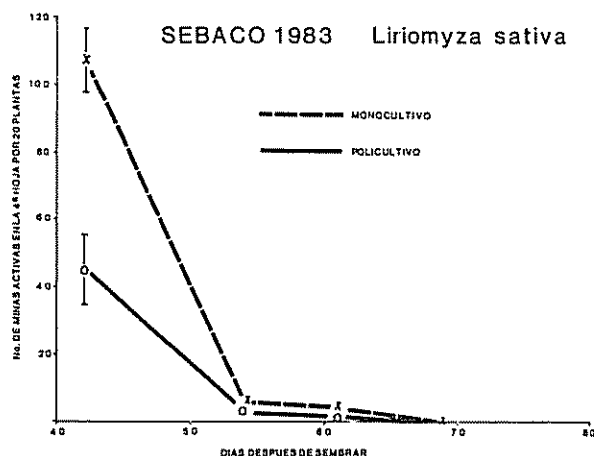


Fig. 1. Dinámica poblacional de *Liriomyza sativa* en tomate en monocultivo y policultivo de tomate y frijol (\pm error típico; $P < 0.005$, ANDEVA de medidas repetidas).

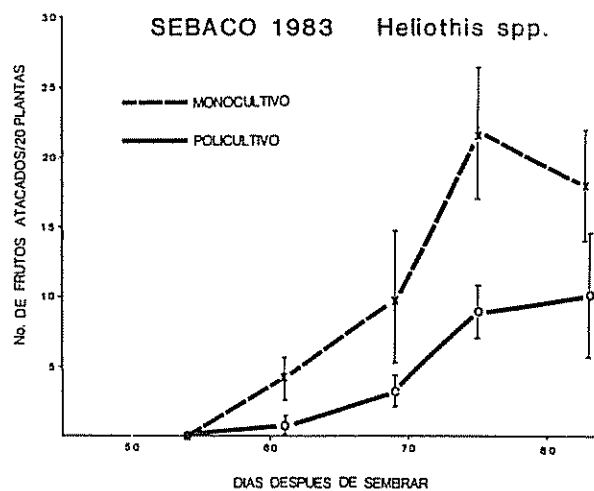


Fig. 2. Número de frutos de tomate dañados por gusanos del complejo de *Heliothis* spp. en monocultivo y policultivo de tomate y frijol (\pm error típico; $P < 0.015$, ANDEVA de medidas repetidas).

Cuadro 3. Frutos de tomate rechazados en la cosecha (%).

Bloque	Tizón P/M ^a	Bacteria P/M	Virus P/M	Gusano P/M	Total P/M
I	3 2/6.1	11 1/11.6	10.1/16.5	5.3/6.1	29 7/40.4
II	0 9/2.6	8 3/7.9	7.4/14.3	9.3/6.9	26.0/31.7
III	2 5/1.2	5 3/4.3	5 7/5.9	8.8/7.4	22.3/18.8
IV	1 1/2.6	5 1/7.5	3 4/6.1	7.1/7.9	16 8/24.2
V	1 2/0.9	3 9/3.8	4 8/3.8	7 9/7.0	17 9/15.5
Media	1.8/2.7ns	6.7/7.0 ns	6.3/9.3 ns	7.7/7.1 ns	22.5/26.1 ns

a Policultivo/monocultivo

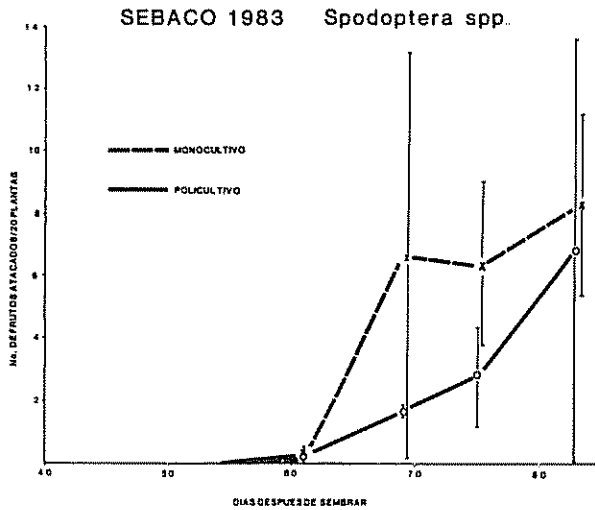


Fig 3. Número de frutos de tomate dañados por gusanos del complejo de *Spodoptera* spp. en monocultivo y policultivo de tomate y frijol (\pm error típico; $0.05 > P < 0.10$, ANDEVA de medidas repetidas).

muchos mayores en los monocultivos que en los policultivos (Fig. 1; $P < 0.005$). El número de frutos dañados por el complejo *Heliothis* fue significativamente mayor en los monocultivos (Fig. 2, $P < 0.015$). Se observó el mismo patrón en el ataque del complejo de *Spodoptera* pero, ante la alta varianza, la diferencia no fue significativa (Fig. 3, $P < 0.10$).

Fusarium causó una alta mortalidad de plantas, tanto en los monocultivos como en los policultivos. En la Fig. 4 se presenta la epidemiología de dicha enfermedad. Aunque hubo una tendencia en la época tardía del ciclo hacia un ataque más fuerte en los monocultivos y en la época temprana, menos fuerte, las diferencias no fueron significativas.

La Fig. 5 muestra la sobrevivencia de plantas. Aunque no hubo diferencias significativas, la tendencia fue hacia una mayor mortalidad de plantas maduras en los monocultivos, y una mayor mortalidad de plantas inmaduras en los policultivos.

El Cuadro 4 presenta el número de nódulos por planta del frijol en las diferentes parcelas.

No hubo diferencia significativa entre tratamientos ni tampoco hubo correlación entre nodulación y rendimiento del frijol.

Ensayo de validación

En la Fig. 6 se presenta la dinámica de ataque de los gusanos *Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp. en los lotes grandes de monocultivo y policultivo. El daño de ambas plagas fue mucho mayor en el monocultivo que en el policultivo.

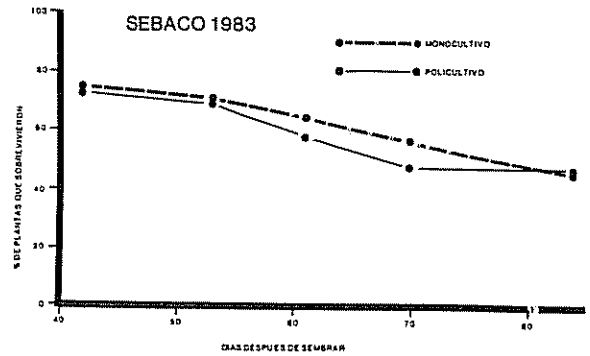


Fig. 4. Porcentaje de plantas de tomate con síntomas de *Fusarium* en monocultivo y policultivo de tomate y frijol

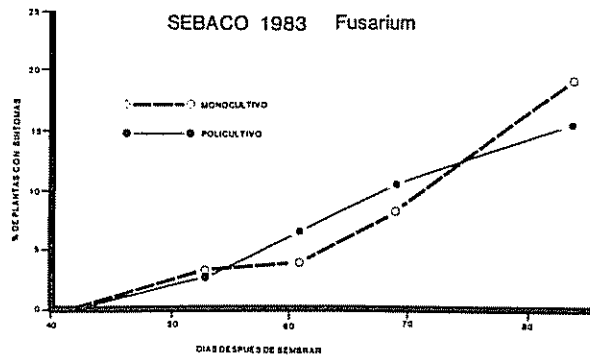


Fig 5. Porcentaje de plantas de tomate que sobrevivieron en monocultivo y policultivo de tomate y frijol.

Cuadro 4. Número promedio de nódulos por planta de frijol, a los 53 días después de sembrar.

Bloque Policultivo/Monocultivo		
I	3.88	6.63
II	10.13	5.75
III	5.88	9.63
IV	5.13	3.13
V	2.75	3.38
Media	5.55	5.70 n.s

No hubo diferencia significativa entre tratamientos ni tampoco hubo correlación entre nodulación y rendimiento del frijol.

DISCUSION

El UET de 1.72 significa que el policultivo produjo 72% más por unidad de área que los monocultivos separados considerando ambos: tomate y frijol. El hecho de que el Rendimiento Relativo de tomate no haya sido significativamente diferente de 1 (RR =

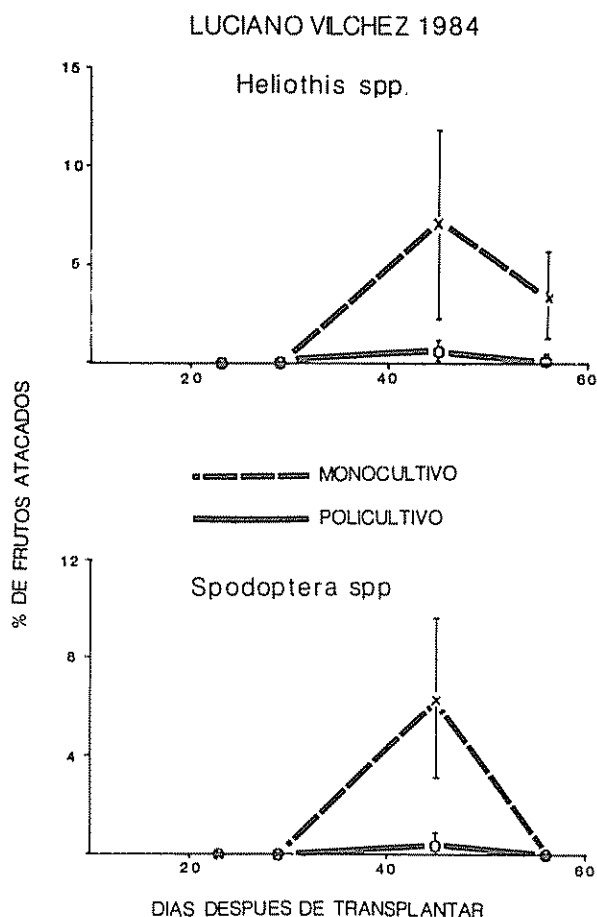


Fig. 6. Porcentaje de frutos de tomate dañados por los gusanos de los complejos de *Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp. en lotes de validación de monocultivo y policultivo de tomate y frijol (\pm error típico).

0.97), indica que: a) se puede sembrar frijol en un cultivo del tomate sin afectar el rendimiento de dicho fruto; b) se puede lograr la cosecha del 75% (RR = 0.75 de frijol) en un rendimiento normal del frijol.

El RR de 0.97 de tomate no concuerda con los resultados obtenidos en Costa Rica (RR = 1.62) (15). Una posible explicación del bajo RR es que la tasa de nodulación, en el presente ensayo de los frijoles, fue más baja (Cuadro 5) que la de los ensayos en Costa Rica (observación personal). Si el frijol estuviera suministrando nitrógeno al tomate, se explicaría la diferencia (ej. 4, 18). En cualquier caso, los resultados de Costa Rica indican que hay posibilidad para mejorar el RR obtenido en los ensayos en Nicaragua. Sería interesante realizar un ensayo con diferentes niveles de nitrógeno, con y sin inoculación de *Rhizobium*, para tratar de aumentar el RR y para ver si el policultivo puede reducir la necesidad de urea en el tomate.

Cuadro 5. Valor Relativo de Producción (VRR) del policultivo de tomate y frijol.

VRR ^a	Precio del tomate (en córdobas/caja)				
	20*	30**	40	60****	80***
	2.19	1.44	1.26	1.14	1.09

* Precio usado por el BND (2, p. 26).
 ** Precio usado por el BND (2, p. 28).
 *** Precio del tomate al Mercado Mayor, abril 1982 (CIERA y INEC).
 **** Promedio de los precios en abril de 1981 y 1982 (CIERA y INEC).
 a VRR = el valor monetario de la producción del policultivo dividido por el valor monetario de la producción del monocultivo de mayor rentabilidad (20).

También, es necesario indicar que los Rendimientos Relativos y Absolutos son el resultado de la suma de varias interacciones. Sin bien es cierto que la competencia entre el tomate y el frijol (por ejemplo, por agua, luz, nutrimentos, etc.), afecta negativamente al tomate (23), también es cierto que otras interacciones benéficas pueden cancelar este efecto. Esto se conoce como el "Principio de Modificación del Ambiente" (24). Aunque éste no fue cuantificado, se ha sugerido que los surcos del frijol protegen al tomate de los efectos evaporativos del viento (13). También, la sombra del frijol disminuye la temperatura del suelo, lo cual es importante para el tomate en los trópicos (28).

Con respecto a los efectos fitosanitarios, no hubo diferencia significativa de frutos rechazados en monocultivos y en policultivos, con la excepción de una tendencia no significativa hacia menos virus en el policultivo. Esto concuerda con los resultados de Costa Rica (15). Sin embargo, muchos frutos afectados cayeron antes de la cosecha y por lo tanto, no fueron incluidos en el análisis. En este sentido, el ataque menor de los gusanos de frutos *Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp (Figs 1 y 2), pudo haber contribuido significativamente a mejorar la producción de los policultivos ya que los frutos atacados generalmente se pudren y se caen. El policultivo también resultó ser un buen control de la mosca minadora *Liriomyza sativa* (Fig. 3), aunque la misma no muestra tener un efecto fuerte en el rendimiento de tomate (16). Con respecto a las plagas, el policultivo podría ser una valiosa técnica para incluirla en un programa de Control Integrado de Plagas.

Debido a que no hubo ninguna diferencia en las enfermedades bacteriales y fungales, el policultivo no cambiaría el manejo necesario para el control de las mismas.

Los rendimientos de tomate, tanto en monocultivo como en policultivo, fueron bajos: los 9.05 t/ha del monocultivo (Cuadro 2) son equivalentes a 560 cajas/mz; el Banco Nacional de Desarrollo (BND) basa sus estimaciones en un rendimiento de 800 cajas/mz de tomate tecnificado de secano (2). Una posible explicación para el bajo rendimiento es que no se aplicó ningún plaguicida durante la formación de frutos porque se quiso estudiar el efecto del policultivo sin interferencia alguna. Sin embargo, en el caso de que no se hubiese rechazado fruto alguno, solamente se incrementaría el rendimiento a 12-13 t/ha (cálculo basado en los datos del Cuadro 3). Otra explicación es el fuerte ataque de *Fusarium* (Fig. 4) y la alta mortalidad de plantas en todo el ensayo (Fig. 5). Una otra posibilidad es que el fertilizante suministrado y recomendado, fue 12-30-10 NPK, en tanto que el tomate, generalmente, utiliza más potasio que fósforo (29). Además, dado a que el Mg es antagonico al K (5, 29), y que la razón Mg/K fue 6.84/2.25 (Cuadro 1) es muy posible que el tomate no logró absorber suficiente potasio.

Análisis económico

Se estimaron los gastos de producción (pre-corte y cosecha) para el policultivo y el monocultivo de tomate con los insumos, labores y operaciones del campo, y los precios de los mismos del acuerdo con las cifras del BND (2, 3). Asumiendo un precio de frijol de 390 córdobas/qq* se calcularon los Valores Relativos de Producción, o VRR's (20) para diferentes precios del tomate (Cuadro 5)

El policultivo sobrerindió económicamente. Con un precio bajo del tomate (20 c\$/caja) el policultivo sería 119% más rentable que un monocultivo de tomate. El VRR cae de 2.19 a un precio de 20 c\$/caja hasta un 1.09 a un precio alto de 80 c\$/caja. Es improbable que el agricultor logre recibir un precio de 80 c\$/caja para toda su cosecha, debido a los problemas de transporte y a las mermas que éstos provocan. A ningún precio, el policultivo resulta menos rentable que el monocultivo. Siendo así, el policultivo podría ser una buena protección contra las fluctuaciones del mercado (o del rendimiento de tomate).

Ensayo de validación

El hecho de que se observó el mismo patrón en la disminución del ataque de las plagas del tomate con el frijol asociado, esto indica que tal efecto no es un artificio del uso de parcelas pequeñas en los ensayos experimentales. Los resultados también concuerdan

con los de otro ensayo de validación, en el cual el gusano *Spodoptera sunia* destruyó completamente los lotes de tomate en monocultivo, sin afectar al tomate en policultivo (17).

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el policultivo sería un componente valioso en un programa de Manejo Integrado de las Plagas del tomate, porque, el mismo reduce la vulnerabilidad del sistema al ataque de las plagas y a las fluctuaciones de demanda y oferta. Se debe recordar que los resultados obtenidos en Costa Rica (15) indican que hay lugar para mejorar los Rendimientos Relativos, lo cual aumentaría significativamente la rentabilidad del policultivo.

Literatura citada

1. ALTIERRI, M.A.; SCHOONHOVEN, A. van; DOLL, J. 1977. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. PANS 23(2):195-205
2. BANCO NACIONAL DE DESARROLLO. 1983 a. Presupuestos de financiamientos agrícolas. Crédito rural. Ciclo 1983/1984. Banco Nacional de Desarrollo, Managua, Nicaragua
3. BANCO NACIONAL DE DESARROLLO. 1983b. Presupuestos de financiamientos agrícolas. Crédito rural. Ciclo 1983/1984. Banco Nacional de Desarrollo, Managua, Nicaragua.
4. BOUCHER, D.H.; ESPINOZA, J.; AMADOR, M.F. Increasing mutualism through competition: nodulation in corn-legume polycultures. Dept. des Sciences Biologiques. Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succ. A., Montréal, Québec, Canada H3C 3P8.
5. COREY, R.B. 1973. Factors affecting the availability of nutrients to plants p. 23-33. In Soil testing and plant analysis, Ed. by Walsh, I.M. and Beaton. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin
6. CROMARTIE, W. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. CRC Handbook on Pest Management, D. Pimental (ed)
7. HARI, R.D. 1974. An bean, corn and manioc polyculture system I. The effect of interspecific competition on crop yield. Turrialba 25:294-301.
8. HORWITZ, B. 1985. A role for intercropping in modern agriculture. Bioscience 35:286-291
9. IPM MANUAL GROUP. 1982. Integrated pest management for tomatoes. University of California Statewide IPM Project, Division of Agricultural Sciences. Publication No. 3274. 104 p.

* Precio mínimo garantizado al productor por la Empresa Nacional de Alimentos Básicos (ENABAS).

10. KASS, D C 1978 Polyculture cropping systems: review and analysis Cornell International Agriculture Bulletin 32:1-69
11. OAIMAN, E E ; KENNEDY, G G 1976 Methomyl induced outbreaks of *Liriomyza sativa* on tomato Journal of Entomology 69:667-668.
12. PERRIN, R M 1977 Pest management in multiple cropping systems Agroecosystems 3:93-118
13. RADKE, J K ; HAGSTROM, R I 1976 Strip intercropping for wind protection American Society of Agronomy Special Publication No. 27:201-222
14. RISCH, S J ; ANDOW, D ; ALIILRI, M A 1983 Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions, and new research directions Environmental Entomology 12(3):625-629
15. ROSSET, P M ; AMBROSE, R J ; POWER, A G ; HRUSKA, A 1984 Overyielding in a polyculture of tomatoes and beans in Costa Rica Tropical Agriculture (Trinidad) 61:208-212
16. ROSSET, P M ; POWER, A G 1983. Plagas del tomate: investigaciones de dinámica poblacional, el uso de insecticidas selectivos y la relación con rendimiento, en el Valle de Sébaco. MIDINRA Región VI y Sección de Control Biológico, Sanidad Vegetal, DGTA-MIDINRA, Managua, Nicaragua
17. ROSSET, P M ; VANDERMEER, J ; CANO, M ; VARRELA, G ; SNOOK, A ; HELLPAP, C 1985. El frijol como cultivo trampa para el control de *Spodoptera sunia* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) en plántulas de tomate Agronomía Costarricense 9(1):99-102
18. SANCHEZ, P A 1981. Suelos del Trópico IICA, San José, Costa Rica 634 p.
19. SCHULTZ, B A significance test for overyielding indicated by the land equivalent ratio (LER) School of Natural Sciences, Hampshire College, Amherse, MA, 01002, EEUU
20. SCHULTZ, B ; PHILLIPS, C ; ROSSET, P ; VANDERMEER, J 1982 An experiment in intercropping cucumbers and tomatoes in Southern Michigan, USA Scientia Horticulture 18:1-8
21. SIEGEL, S 1979 Estadística no paramétrica. Editorial Trillas, México 346 p
22. SORIA, J ; *et al* 1975. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25:283-293.
23. VANDERMEER, J 1981 The interference production principle: an ecological theory for agriculture Bioscience 31:361-364.
24. VANDERMEER, J 1984 The interpretation and design of intercrop systems involving environmental modification by one of the components: a theoretical framework. Biological Agriculture and Horticulture 2:135-156
25. VANDERMEER, J ; AMBROSE, R ; HANSEN, M ; McGUINNESS, H ; PERFECTO, I ; PHILLIPS, C ; ROSSET, P ; SCHULTZ, B 1984 An ecologically based approach to the design of intercrop agroecosystems: an intercropping system of soybeans and tomatoes in Southern Michigan. Ecological Modelling 25:121-150.
26. VANDERMEER, J ; DOS SANTOS, A ; HORWITH, B ; McGUINNESS, H ; PERFECTO, I ; SCHULTZ, B Altering plant apparency with intercropping: a test case with tobacco hornworm and a tomato/bean intercrop Division of Biological Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 48109, EEUU
27. VAUGHN, M A ; LEON, G 1976 Pesticide management on a major crop with severe resistance problems. Entomological Society of America, XV Annual Congress of Entomology: 812-815.
28. VILLAREAL, R 1982 Tomates IICA, San José, Costa Rica 184 p.
29. VON UEXHULL, H R 1979 Tomato: nutrition and fertilizer requirements in the tropics Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato, 1978, at Shanshua, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan
30. WILLEY, R W 1979. Intercropping - its importance and research needs I y II Field Crop Abstracts 3:1-10, 73-83

Preservación de Semilla de Maíz Tratada con Fungicidas, Almacenada con Diferentes Contenidos de Humedad¹

E. Moreno M. *, J. Ramirez G. *, H. Plata B. *

ABSTRACT

Fungicide-treated seeds of maize, previously infected with storage fungi, lost their viability faster than treated seeds not previously infected with fungi.

However, some of the fungicides protected the seed viability up to 120 days; germination of previously infected seeds, when treated, ranged from 83 to 88%, while only 64% of control seeds germinated. On the other hand, the germination of the initially non-infected seeds, during the same storage period, ranged from 87 to 92% and the control seed germination was 66%.

At 180 days the initially infected seeds treated with carbendazim*m, captan and chlorotalonil had 78, 76 and 76% germination, respectively; the other treated and control seeds had lower rates of germination, ranging from 42 to 62%.

Non-infected seed treated with carbendazim*m, captan, captafol and chlorotalonil had germination rates of 86, 89, 89 and 92% respectively. Seeds treated with benomyl, thiabendazole, and the control seed had germination rates of 68, 71 and 62%, respectively.

Seed with a high initial humidity content (18%) lost its viability faster than that with medium (14%) or low (10%) content. Such loss occurred faster when seed was treated with benomyl than with carbendazim*m.

According to the results, it seems that the viability loss for treated seeds is due in part to high seed moisture content, the action of undetected fungi, and perhaps to a phytotoxicity effect of the fungicides which, under these storage conditions, was not clearly defined.

INTRODUCCION

El combate de los hongos de almacén mediante el uso de fungicidas es una alternativa en la preservación de las semillas almacenadas en las regiones calientes y húmedas Moreno y Vidal (1); Moreno y Ramírez (4). Para emplear los fungicidas en forma eficiente y segura es necesario conocer sus limitaciones de uso. En este sentido se han realizado diversos trabajos con el fin de definir la dosis más adecuada, la efectividad del fungicida en semillas con bajo y alto contenido de humedad, los períodos de pro-

COMPENDIO

Semillas de maíz tratadas con fungicidas, previamente invadidas con hongos de almacén, perdieron su viabilidad más rápidamente que las semillas no invadidas por estos hongos. Sin embargo, algunos de los fungicidas protegieron la viabilidad de las semillas por más de 120 días; la germinación de semilla tratada, previamente invadida, presentó promedios de 83 a 88%, mientras que el testigo tuvo 64%. Por otro lado la germinación de la semilla inicialmente no invadida, en el mismo tiempo de almacenamiento, fue de 87 a 92% y del testigo 66%.

A los 180 días de almacenamiento la semilla inicialmente no invadida y tratada con carbendazim*m, captan, captafol y clorotalonil tuvo germinaciones de 86, 89, 89 y 92% respectivamente; y la semilla tratada con benomyl, con tiabendazol y testigo 68, 71 y 62% respectivamente.

La semilla de maíz con un alto contenido de humedad inicial (18%) perdió más rápidamente su viabilidad que la de contenido medio (14%) o bajo (10%). Tal pérdida fue más rápida cuando se trató la semilla con benomyl que con carbendazim*m.

De acuerdo a los resultados la pérdida de viabilidad de la semilla de maíz tratada con fungicidas se debe al contenido de humedad; a la posible actividad de hongos que no fueron detectados por la acción de residuos del fungicida en el medio de cultivo y tal vez a un ligero efecto fitotóxico de los fungicidas, que bajo las condiciones en que se realizaron estas pruebas de almacenamiento no fue posible definir con claridad.

tección y la acción de los fungicidas en semillas ya invadidas por hongos de almacén Moreno *et al.* (2) almacenaron lotes de semillas de maíz, invadida y no invadida por hongos de almacén, tratada con fungicidas. En este trabajo utilizaron semilla con contenido de humedad de 16.5% e hicieron la prueba a una humedad relativa de 85% encontrando que, una vez invadida la semilla, los fungicidas no tenían la misma efectividad que cuando se les aplica como preventivos. La humedad inicial de la semilla en ese experimento fue alta, 16.5% por lo que la pérdida de viabilidad de la semilla fue rápida; una de las posibles causas de la rápida pérdida de viabilidad, entre otras, pudo ser la fitotoxicidad de algunos de los fungicidas bajo esas condiciones de humedad, por lo que se consideró interesante probar los mismos fungicidas en semillas con humedad más baja (15.0-15.3%), tanto

¹ Recibido para publicación el 14 de mayo de 1985.

* Laboratorio de Conservación de Granos y Semillas Instituto de Biología, UNAM. 04510 México, D.F. México.

en semillas invadidas, como en semilla libre de hongos de almacén al momento de aplicar los fungicidas; así como la realización de una prueba de almacenamiento con semillas con diferente contenido de humedad iniciales, 14, 16 y 18%, para tratar de determinar el efecto protector de dos de los fungicidas estudiados, carbendazim^m M y benomyl, en función del contenido inicial de humedad al momento de la aplicación del fungicida

MATERIALES Y METODOS

Semilla de maíz. Para las pruebas con semilla invadida o no invadida tratada con fungicidas se utilizó semilla del híbrido comercial H-412, con 99% de germinación, humedad de la semilla de 9.7% y libre de invasión por hongos de almacén. Para la prueba de aplicación de fungicidas a semilla almacenada con diferentes contenidos de humedad, se utilizó semilla de la variedad V-524, con una germinación inicial de 99% y un contenido de humedad de 9.8%. Igualmente las semillas de la variedad V-524 no estaban invadidas por hongos de almacén.

Germinación. La viabilidad de las semillas se midió a través del porcentaje de germinación el cual se determinó colocando 100 semillas de cada repetición entre toallas de papel húmedas, las que se enrollaron e incubaron a 25°C, durante siete días, llevándose a cabo conteos de germinación a los cuatro y siete días Moreno (3)

Contenido de humedad. Para determinar el contenido de humedad de las semillas empleó el método de secado en estufa del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (6) El contenido de humedad se expresó en porcentaje con base en peso húmedo de la semilla. El contenido de humedad deseado en la semilla se ajustó mediante la adición de agua Pixton (5)

Micoflora. Para la determinación del número y clase de hongos se utilizaron 25 semillas en cada repetición del experimento, que fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos, sembradas en MSA (2% de malta, 6% de sal y 2% de agar) e incubadas a 27°C, hasta que las colonias pudieron ser contadas e identificadas

Fungicidas. Para la prueba de fungicidas en semilla invadida o no invadida por hongos, se utilizaron seis fungicidas: benomyl, captan, clorotalonil, carbendazim^m, captafol y tiabendazol. Para la segunda prueba, sobre la aplicación de fungicidas en semilla con diferentes contenidos de humedad, se utilizaron dos fungicidas, benomyl y carbendazim^m. En ambas pruebas se utilizaron dosis de 750 ppm de ingrediente

activo. La cantidad de fungicida se aplicó junto con 7 ml de agua y 0.8 ml de adherente (Spreader Sticker, de Dupont), por kg de semilla.

Almacenamiento de las semillas. Aplicación de fungicidas a semillas previamente invadidas o no invadidas por hongos. El lote inicial de la semilla utilizada en este experimento fue de 18 kg, el cual se dividió en dos lotes iguales de 9 kg cada uno (lote 1 y lote 2). El lote 1 fue ajustado a un contenido de humedad de 16.5% y se almacenó durante siete días a 27°C, para favorecer la invasión de la semilla por hongos de almacén; al término de este periodo, el lote se secó a un contenido de humedad de 12.1%. Un día antes de la aplicación de los fungicidas los lotes 1 y 2 se ajustaron a un contenido de humedad aproximado de 14.5% y antes de almacenar las semillas se determinaron en cada lote los porcentajes de germinación, contenido de humedad y micoflora (Cuadro 1)

La aplicación de los fungicidas se hizo en forma aleatoria para cada una de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Cada repetición fue de 390 g, que se almacenaron en cestas perforadas de plástico, las cuales a su vez se colocaron en cámaras conteniendo una solución saturada de sulfato de amonio, para mantener una humedad relativa de 80% Winston y Bates (7). Las unidades experimentales se colocaron al azar dentro de las cámaras de humedad relativa bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las cámaras con la humedad relativa se mantuvieron en un cuarto incubadora a 27°C durante todo el periodo de almacenamiento, que fue de 180 días. Se realizaron muestreos a los 60, 120 y 180 días y en cada uno de ellos se determinaron los porcentajes de germinación, contenido de humedad y micoflora, mediante los métodos descritos anteriormente.

Aplicación de los fungicidas de benomyl y carbendazim^m a semilla con diferentes contenidos de humedad. El lote inicial de semilla de maíz V-524 fue de 7.2 kg, el cual se dividió en 24 unidades experimentales de 300 g cada una, para obtener cuatro repeticiones para cada uno de los tres contenidos de humedad (10, 14 y 18%) probados por fungicida. Los fungicidas fueron aplicados en forma aleatoria e independiente a cada una de las cuatro repeticiones del experimento. Cada repetición se almacenó en cestas perforadas de plástico, las cuales a su vez se colocaron dentro de cámaras de humedad relativa de 85%, manteniéndose ésta con una solución saturada de cloruro de potasio Winston y Bates (7).

Las 24 unidades experimentales se distribuyeron completamente al azar dentro de las cámaras de humedad relativa de 85% y el experimento se realizó bajo un diseño de parcelas divididas con cuatro repe-

Cuadro 1. Germinación, contenido de humedad y micoflora iniciales de la semilla de maíz H-412.

Lote de semilla		Germinación ¹ %	Contenido de humedad ² %	Semillas invadidas por hongos % <i>Aspergillus glaucus</i>
1	(Invadido)	96	14.7	12
2	(No invadido)	98	14.6	0

1 Promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una
2 Promedio de cinco repeticiones.

ciones. Las cámaras de almacenamiento se mantuvieron en cuatro incubadoras con temperatura controlada de 26-27°C. El período de almacenamiento fue de 150 días, realizándose muestreos a los 50, 100 y 150 días. En cada uno de los muestreos se determinaron los porcentajes de germinación, contenido de humedad y micoflora de la semilla mediante los métodos descritos anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aplicación de fungicidas a semillas previamente invadidas por hongos.

Los resultados de germinación se muestran en el Cuadro 2. El contenido de humedad se mantuvo entre 15.0 y 15.3% durante los 180 días de almacenamiento.

El análisis de varianza de los datos de germinación durante los 180 días de almacenamiento, no mostró

diferencias significativas (0.05) en la interacción de los tres factores, (invasión, tratamientos y tiempo), pero sí se detectaron diferencias altamente significativas (0.01), en las interacciones de tratamientos con tiempo, invasión con tiempo y de invasión con tratamientos; por lo tanto se decidió fijar al tiempo, para poder determinar la relación entre invasión y tratamientos en cada uno de los períodos de muestreo de 60, 120 y 180 días.

Almacenamiento a 60 días. El contenido de humedad de las semillas fluctuó entre 15.1 y 15.3%. El análisis de varianza de los datos de germinación a los 60 días de almacenamiento no mostró efectos significativos (0.05) en la interacción invasión-tratamientos, pero sí se encontraron diferencias altamente significativas (0.01), entre los lotes invadidos y no invadido, y entre tratamientos. Por lo que se realizó un análisis de varianza por separado para cada uno de los lotes, encontrándose en el lote 1, (invadido), por medio de la prueba de rango múltiple de Duncan, que los trata-

Cuadro 2. Germinación* de semilla de maíz, invadida y no invadida por hongos de almacén, tratada con fungicidas, almacenada 180 días en una humedad relativa de 80% a 26°C**.

Tratamiento (750 ppm)	Semilla previamente invadida			Semilla previamente no invadida		
	60	120 (Días)	180	60	120 (Días)	180
Benomyl	96 a***	88 a	44 c	98 a	95 a	68 b
Captan	97 a	88 a	76 a	98 a	96 a	89 a
Clorotalonil	95 ab	86 a	76 a	98 a	94 ab	92 a
Carbendazim*m	94 ab	85 a	78 a	97 a	92 abc	86 a
Captafol	93 ab	85 a	62 b	97 a	89 bc	89 a
Tiabendazol	93 ab	83 a	46 c	96 a	87 c	71 b
Testigo	85 b	64 b	42 c	88 b	66 d	62 c

* Porcentaje de germinación promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una

** El contenido de humedad de la semilla se mantuvo entre 15.0 y 15.3% durante todo el período de almacenamiento

*** Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan, 0.05)

mientos captan y benomyl, que fueron los que presentaron los porcentajes de germinación más altos, 97 y 96% respectivamente, fueron estadísticamente superiores al tratamiento testigo, presentando éste el porcentaje de germinación más bajo, 85% (Cuadro 2); los tratamientos clorotalonil, carbendazim^m, captafol y tiabendazol, no pudieron diferenciarse de los dos grupos anteriores. En el lote 2 (no invadido), la prueba de Duncan mostró que todos los tratamientos con fungicidas fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al tratamiento testigo, que fue el que presentó el porcentaje más bajo de germinación, por lo que las diferencias detectadas entre tratamientos está dada por la diferencia entre el testigo y los tratamientos con fungicidas (Cuadro 2)

Almacenamiento a 120 días. El contenido de humedad de la semilla fluctuó entre 15.1 y 15.3%. El análisis de varianza para los datos de germinación a los 120 días de almacenamiento, no mostró efectos significativos (0.05) en la interacción invasión-tratamientos, pero sí se encontraron diferencias altamente significativas (0.01) entre los lotes invadido y no invadido y entre tratamientos. Por lo que se realizó un análisis de varianza por separado para cada uno de los lotes

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla del lote 1 (invadido) mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos, por lo que se llevó a cabo la prueba de rango múltiple de Duncan, encontrándose que todos los tratamientos con fungicidas resultaron iguales entre sí y superiores al tratamiento testigo, que fue el que presentó el promedio de germinación más bajo, 64% (Cuadro 2).

El análisis de varianza de los datos de germinación del lote 2 (no invadido) mostró diferencias altamente significativas (0.01) entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de Duncan, encontrándose que los tratamientos captan y benomyl fueron iguales entre sí y superiores a los tratamientos captafol, triabendazol y testigo. Los tratamientos clorotalonil y carbendazim^m, no pudieron diferenciarse de los tratamientos captan y benomyl ni del tratamiento captafol (Cuadro 2).

Almacenamiento a 180 días. El contenido de humedad fluctuó entre 15.1 y 15.3%. El análisis de varianza para los datos de germinación a los 180 días de almacenamiento no mostró efectos significativos (0.05) en la interacción invasión-tratamientos, pero sí entre los lotes invadido y no invadido y entre tratamientos. Por lo que se realizó un análisis de varianza por separado para cada uno de los lotes

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla del lote 1 (invadido) mostró diferencias

significativas (0.05) entre tratamientos, por lo que se llevó a cabo una prueba de rango múltiple de Duncan, encontrándose que los tratamientos carbendazim^m, captan y clorotalonil resultaron estadísticamente iguales entre sí y superiores a todos los demás tratamientos. A pesar de que estos fungicidas protegieron la viabilidad de la semilla de maíz inicialmente invadida por hongos de almacén, esta protección no fue suficiente para mantener el porcentaje de germinación superior al 85%, que es el requerido para las siembras agrícolas con semilla certificada

El análisis de varianza de los datos de germinación del lote 2 (no invadido) mostró diferencias altamente significativas (0.01) entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de Duncan, encontrándose que los tratamientos captan, clorotalonil, captafol y carbendazim^m resultaron iguales entre sí y superiores a los tratamientos tiabendazol, benomyl y testigo, que fue el que presentó el promedio de germinación más bajo, 62% (Cuadro 2).

En general, se puede decir que en las semillas tratadas con los diferentes fungicidas no se manifestaron los hongos durante el almacenamiento, con excepción de las tratadas con captafol y captan, que presentaron una ligera invasión por estos microorganismos

Al comparar los resultados de este trabajo con los obtenidos por Moreno *et al.* (2), resalta la importancia de la humedad sobre la viabilidad de las semillas. Las semillas tratadas por ellos, con los mismos fungicidas utilizados en este trabajo, pero con contenido de humedad entre 16.4 y 16.9%, perdieron más rápidamente su poder germinativo. La germinación de la semilla inicialmente no invadida por hongos, tratada con fungicidas y almacenada 120 días, fluctuó de 54 a 91% y de la semilla testigo solamente germinó 26% Moreno *et al.* (2). En cambio en el mismo periodo de almacenamiento, pero con menor contenido de humedad, 15.0-15.3% las germinaciones fluctuaron entre 87 y 96% y las semillas testigo tuvieron una germinación de 66%. En ambos trabajos se ha demostrado el efecto protector de los fungicidas, cuando las semillas son almacenadas en contenidos de humedad de 15.0 a 16.9%; en los cuales la germinación de las semillas tratadas con algunos de los fungicidas fue muy superior a la de la semilla testigo. También hay que resaltar que en ambos trabajos se puede inferir el efecto de la humedad de la semilla sobre su deterioro biológico, independientemente del ocasionado por los hongos, ya que no obstante que los fungicidas prácticamente no permitieron el desarrollo de los hongos, la viabilidad de las semillas sigue decreciendo a través del periodo de almacenamiento.

En el presente trabajo se observó que al final del período de almacenamiento, 180 días, las semillas tratadas con benomyl y tiabendazol tuvieron germinaciones semejantes a las de las semillas testigo, tanto las semillas previamente invadidas como las que al inicio del almacenamiento estaban libres de hongos; en cambio, a los 120 días, estos mismos tratamientos sí protegieron la viabilidad de las semillas. Este comportamiento puede deberse a la pérdida de efectividad de los fungicidas a través del tiempo, lo que se puede agudizar al aumentar el contenido de humedad. Para estudiar lo anterior se realizó el siguiente experimento, en el cual se almacenaron semillas de maíz en una humedad relativa de 85%, favorable para el deterioro biológico y desarrollo de hongos, con tres diferentes contenidos de humedad inicial, 10, 14 y 18%, tratadas con dos de los fungicidas probados, benomyl, que protegió la germinación de la semilla por menor tiempo que otros fungicidas y carbendazim*m, que tuvo una protección mejor de la viabilidad de la semilla durante todo el período de almacenamiento, siendo superior al tratamiento testigo. Los resultados de este experimento se describen a continuación.

Aplicación de benomyl y carbendazim*m a semilla de maíz con diferentes contenidos de humedad.

Los Cuadros 3 y 4 muestran los promedios de germinación de la semilla tratada con benomyl y carbendazim*m, que fueron almacenadas por 150 días con contenidos de humedad iniciales de 10, 14 y 18%

Los contenidos de humedad de las semillas de la prueba con benomyl y carbendazim*m a lo largo del período de almacenamiento, fluctuaron entre 15.1 y 16.0%

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla tratada con carbendazim*m mostró diferencias significativas entre tiempos de almacenamiento (0.05) por lo que se realizó un análisis de varianza en cada uno de los tiempos de muestreo.

El análisis de varianza a los 50 días de almacenamiento no mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos, indicando que durante ese tiempo el fungicida protegió por igual la viabilidad de las semillas en los tres contenidos de humedad, (Cuadro 3).

El análisis de varianza a los 100 días de almacenamiento mostró diferencias altamente significativas (0.01) entre tratamientos, por lo que se llevó a cabo una prueba de rango múltiple de Duncan, la cual mostró que no hubo diferencias significativas entre los promedios de germinación de las semillas con contenidos de humedad de 10 y 14% y que estas resultaron superiores a los de las semillas con humedad de 18%, que fueron las que presentaron el porcentaje de germinación más bajo, 62% (Cuadro 3)

El análisis de varianza a los 150 días de almacenamiento también mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de Duncan, la cual mostró que nuevamente los promedios de germinación de las semillas con contenidos de humedad de 10 y 14% fueron iguales entre sí y superiores al promedio de germinación de la semilla con contenido de humedad de 18%. A pesar de que se encontraron diferencias entre los tratamientos de humedad en este período de almacenamiento los promedios de germinación de los tratamientos son muy bajos para propósitos agrícolas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Semilla de maíz V-524 con diferente contenido de humedad inicial, tratada con carbendazim*m, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 85% a 26°C.

Días de almacenamiento	Contenido de humedad*		Germinación** (%)	Porcentaje de semillas invadidas por <i>Aspergillus glaucus</i>
	Inicial	Final		
50	10	15.3	99 a***	0
	14	15.5	97 a	0
	18	16.0	98 a	0
100	10	15.3	82 a	0
	14	15.5	85 a	0
	18	15.8	62 b	0
150	10	15.3	36 a	0
	14	15.5	34 a	0
	18	15.7	22 b	0

* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones

** Germinación promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una

*** Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan, 0.05)

Cuadro 4. Semilla de maíz V-524 con diferente contenido de humedad inicial, tratada con benomyl, almacenada durante 150 días en una humedad relativa de 85% a 26°C.

Días de almacenamiento	Contenido de humedad*		Germinación** (%)	Porcentaje de semillas invadidas por <i>Aspergillus glaucus</i>
	Inicial	Final		
50	10	15.1	98 a***	0
	14	15.5	97 a	0
	18	16.0	98 a	0
100	10	15.4	64 a	0
	14	15.5	54 b	0
	18	15.9	29 c	0
150	10	15.3	12 a	0
	14	15.4	11 a	25
	18	15.5	3 b	25

* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones

** Germinación promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una

*** Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan, 0.05).

El análisis de varianza de los datos de germinación de la semilla tratada con benomyl mostró diferencias altamente significativas entre tiempos de almacenamiento (0.01), por lo que se realizó un análisis de varianza en cada uno de los tiempos de muestreo.

El análisis de varianza a los 50 días de almacenamiento no mostró diferencias significativas entre tratamientos, es decir, que durante ese tiempo el fungicida protegió por igual la viabilidad de las semillas en los tres contenidos de humedad (Cuadro 4).

El análisis de varianza a los 100 días de almacenamiento mostró diferencias altamente significativas (0.01) entre tratamientos, por lo que se llevó a cabo una prueba de rango múltiple de Duncan, la cual mostró que hubo diferencias significativas entre los promedios de germinación de las semillas de los tres contenidos de humedad; en la humedad de 10% el fungicida protegió mejor la viabilidad de la semilla, en cambio en la humedad de 18% el fungicida no protegió la viabilidad con la misma efectividad (Cuadro 4).

El análisis de varianza a los 150 días de almacenamiento también mostró diferencias significativas (0.05) entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de Duncan. Esta prueba mostró que los promedios de germinación de la semilla con contenido de humedad de 10 y 14% fueron iguales entre sí y superiores al promedio de germinación de la semilla con contenido de humedad de 18% (Cuadro 4).

En este experimento se observaron grandes diferencias entre la germinación de las semillas tratadas con ambos fungicidas. Después de 100 días de alma-

cenamiento la semilla tratada con benomyl presentó germinaciones más bajas que la tratada con carbendazim*^m y entre más alto fue el contenido de humedad mayor fue la diferencia entre los fungicidas.

Con el tratamiento de benomyl el desarrollo de hongos de almacén no fue evidente a 50 y 100 días, sino hasta los 180 días y solamente en las humedades de 14 y 18%, lo cual puede ser indicativo de una degradación del compuesto activo de este fungicida.

Por otra parte, estos resultados muestran la importancia del contenido de humedad de las semillas al momento de la aplicación del fungicida, siendo más efectiva la acción del fungicida cuando el contenido de humedad es inferior al 14%. La pérdida de viabilidad de la semilla de maíz en estos experimentos en parte se debe al deterioro biológico normal que es favorecido por la humedad y también, posiblemente debido a cierta acción de los hongos, que si bien no se manifiestan al sembrar las semillas en el medio de cultivo porque pueden ser inhibidos por residuos activos de los fungicidas que no son eliminados con el lavado de hipoclorito de sodio, ya que éste no es un inhibidor de los fungicidas. Por último podría pensarse en un ligero efecto fitotóxico que se va manifestando a lo largo del período de almacenamiento, aún cuando en el primer experimento no hubo germinaciones más bajas que las del tratamiento testigo, sin embargo la viabilidad se vio más afectada a los 180 días en los tratamientos con benomyl y tiabendazol ya que fue similar a la del testigo, requiriéndose un período mayor de 180 días para observar si la viabilidad de las semillas tratadas con estos fungicidas es menor que la del testigo.

Con base en estos resultados se hace necesario realizar una investigación para determinar el efecto de la humedad por sí sola en el deterioro fisiológico, así como el posible efecto fitotóxico de los fungicidas, almacenando lotes de semillas con diferentes contenidos de humedad, tanto libres de hongos de almacén como inoculados, tratados y no tratados con fungicidas y con períodos de almacenamiento superiores a los 180 días; lo cual dará mayor información respecto a las causas de pérdida de viabilidad de las semillas tratadas con estos fungicidas.

LITERATURA CITADA

1. MORENO, M.E.; Vidal, G. 1981 Preserving the viability of sorted maize seed with fungicides *Plant Disease* 65:260-261
2. MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J.; MENDOZA, M.; VALEN-CIA, G. 1982 Efecto de fungicidas sobre la con-servación de semilla de maíz previamente invadida por hongos de bodegaje *Turrialba* 32(2):97-101
3. MORENO, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas Instituto de Biología, UNAM, México. 385 p.
4. MORENO, M.E.; RAMIREZ, G.J. 1985 Protective effect of fungicides on corn seed stored with low and high moisture contents. *Seed Science and Technology* 13:285-290.
5. PIXTON, S.W. 1967. Moisture content, its significance and measurement in stored products *Journal Stored Production Research* 3:35-47
6. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1979. Grain equipment manual G R 916-6 Federal grain inspection service, Standarization Division, Richards-Geabayer A.F.B. Kansas City Mo
7. WINSTON, P.W.; BATES, D.H. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41:232-237.

Reseña de libros

LEOPOLD, A.C. 1985. *Membranes, metabolism, and dry organisms*. Ithaca, New York. Cornell University.

"Membranas, metabolismo y organismos desecados" es un excelente libro de anhidrobiología. Esta es la ciencia que estudia las ventajas adaptativas que por evolución han adquirido ciertos organismos con capacidad para tolerar los efectos de la deshidratación casi absoluta. En consecuencia, también se ocupa de investigar los mecanismos fisiológicos o bioquímicos directamente asociados con la adquisición de dicha tolerancia. Generalmente se admite que las ventajas adaptativas son tres: 1) La desecación provee medios para eludir períodos de estrés ambiental. 2) La desecación permite la suspensión de la actividad metabólica en tiempo de estrés, y 3) la desecación provee un estado de tolerancia a extremos de temperatura que van desde -270°C hasta 370°C .

En esta obra el Dr. Leopold reunió los trabajos presentados por un selecto y variado grupo de profesores de Agricultura, Bioquímica y Biofísica, en una conferencia que se llevó a cabo en la Villa Serbelloni, Bellagio, Italia, entre el 21 y el 25 de octubre de 1985, bajo los auspicios de la Fundación Rockefeller. Consideramos que tanto el Comité de Planeamiento de la reunión como la Editorial de la Universidad de Cornell, han hecho una contribución de alto valor científico y práctico, al presentarnos un libro poco común por la naturaleza de su contenido y por la habilidad con que se organizó el material. Por tanto deseamos congratular a quienes hicieron posible este suceso y recomendamos llenos de confianza su lectura. Además creemos que "Membranes, Metabolism, and Dry Organisms" puede ser de gran provecho como texto en cursos superiores sobre Conservación de Semilla y Polen, o en cursos regulares de Biología Celular Vegetal.

La capacidad de perder agua celular hasta el punto en que la deshidratación del organismo es casi total,

y aún así los efectos no son letales, necesariamente va acompañada de la capacidad para absorber agua, también sin menoscabo de la integridad celular, cuando el organismo vuelve a encontrar condiciones adecuadas para el crecimiento, y debe entonces reactivar su metabolismo. ¿Cómo es que tales procesos se llevan a cabo? ¿Qué reajustes estructurales y funcionales demandan la adquisición de tolerancia al secamiento drástico? ¿A qué velocidad se dan normalmente esos cambios? ¿Cuáles son las sustancias endógenas (metabolitos) que proporcionan mayor protección contra la sequedad y el frío? ¿A qué nivel celular se da la protección? ¿Bajo qué condiciones fisiológicas la deshidratación puede tener efectos irreversibles? ¿Qué grado de control puede ejercer el hombre en materia de regulación de la capacidad para tolerar la desecación en plantas recalcitrantes (muy sensibles a la pérdida de humedad)? Algunas de las preguntas anteriores tienen respuestas concretas en el libro; otras no, porque la experimentación aún no ha concluido o no se ha iniciado todavía. Casualmente, podría argumentarse que uno de los objetivos de un libro como el presente es estimular a un mayor número de científicos para que se unan al grupo de especialistas que asistió a la Villa Serbelloni a comunicar no sólo sus experiencias, sino también a discutir el conocimiento generado en otros laboratorios y épocas.

El libro consta de 20 capítulos y 4 apéndices. Por las características de los diferentes temas abordados, podría conjeturarse que los 9 primeros capítulos son fisiológicos (con excepción del quinto). Por otra parte, el enfoque es marcadamente bioquímico y fisicoquímico en la segunda mitad del libro. Aunque esto podría dificultarle a ciertos lectores la asimilación

del material correspondiente, pensamos que si se observa el cuidado de leer los capítulos ordenadamente, tal dificultad desaparece. Al menos así nos sucedió a nosotros. Acerca del último capítulo quisiéramos destacar que ahí se analizan algunos problemas asociados con el almacenamiento y preservación de semillas y germoplasmas. Esta información es muy importante en vista de que la agricultura moderna depende para su desarrollo, de la riqueza y variabilidad de los recursos genéticos vegetales. Por lo tanto, el valor de la investigación en preservación de materiales vegetales estriba en que tiene aplicación permanentemente. En los apéndices el lector va a encontrar información sobre los métodos fisicoquímicos actualmente en uso en Anhidrobiología, así como discusiones sobre conceptos básicos, por lo cual juzgamos que es útil tanto para el biólogo como para el agrónomo moderno.

Para finalizar esta reseña quisiera hacer un comentario muy particular y es el siguiente: para un fitofisiólogo que por años trató de someter la semilla de cacao, recalcitrante por excelencia, a un periodo de descanso forzado pero sin que sufriera deterioro la semipermeabilidad de sus membranas celulares y, por ende, su viabilidad, resultó confortante leer "Membranes, Metabolism, and Dry Organisms", pues ahora tenemos una visión clara de la complejidad del problema que nos habíamos propuesto resolver. Y si antes nos sentimos "derrotados" por la semilla de cacao, al menos hoy nos queda el consuelo de saber que perdimos en una lucha desigual.

EDUARDO JIMENEZ SAENZ
ESCUELA DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Análisis Agroclimático para Determinar la Fecha Óptima de Siembra de los Cultivos Anuales, en los Países de la Zona Intertropical¹

O.E. Rojas*

ABSTRACT

The methods of agroclimatic analysis presented herein are useful in determining the date of optimum climatic conditions for planting annual crops. For conditions in the intertropical zone, where water is frequently the limiting factor, this can be defined as the date that will give the highest probability of meeting the water needs of the crop. The best date for planting the crop can be calculated through frequency analysis of rainfall, compared with the evapotranspiration potential (ETP) and the water needs of each phenological stage of the crop. The method here described was applied to four annual crops —cotton, rice, corn and peanuts— in the a northern Pacific region of Costa Rica.

COMPENDIO

El método de análisis agroclimático que se presenta en este estudio permite determinar la fecha óptima, desde un punto de vista climático, para la siembra de un cultivo anual. Para las condiciones de la zona intertropical, donde el agua es a menudo el factor limitante de la producción, se puede definir esta fecha como aquella que asegure, con una probabilidad alta, la satisfacción de las exigencias hídricas del cultivo. Por medio del análisis frecuencial de lluvias en relación a la evapotranspiración potencial (ETP) y conociendo las necesidades hídricas de cada fase fenológica del cultivo, se determina la fecha más adecuada para la siembra. El método aquí descrito se aplicó a cuatro cultivos anuales: algodón, arroz, maíz y maní, en una región del Pacífico Norte de Costa Rica.

INTRODUCCION

En los países de la zona intertropical, la lluvia es uno de los factores del clima que con mayor frecuencia se vuelve limitante para el desarrollo de los cultivos anuales. Su distribución en el transcurso del año es muy desigual (alternancia: estación seca-estación lluviosa) y su variabilidad interanual es sumamente alta. Por el contrario, la temperatura y la duración del día, varían muy poco y raras veces representan un impedimento para el desarrollo de los cultivos. Por tales razones, uno de los principales problemas que debe resolver el agrónomo es seleccionar la fecha

de siembra más adecuada, que considere las posibles restricciones climáticas y las exigencias del cultivo. Con base en ello, esta fecha debería determinarse utilizando un criterio hídrico. La metodología de análisis que se desarrolla en el presente artículo permite definir una fecha óptima de siembra desde un punto de vista agroclimático, esto es, la fecha que asegure, con una probabilidad alta, satisfacer las exigencias hídricas del cultivo.

METODOLOGIA

Los cultivos anuales tienen necesidades de agua que varían según el curso de su ciclo de desarrollo. Ciertas fases fenológicas son, en particular, más sensibles que otras a la falta de agua en el suelo; una sequía, durante estas fases, puede provocar una disminución importante en el rendimiento y a veces, la pérdida total de la cosecha.

Para cada localidad, la oferta climática de agua la constituyen los datos pluviométricos diarios registrados en el curso de los diferentes años. Las necesidades del cultivo deben ser definidas, por un lado, dividiendo el ciclo del cultivo en fases de acuerdo a su

¹ Recibido para publicación el 5 de mayo de 1986

* El presente artículo es parte de los resultados obtenidos por el Proyecto de Agroclimatología del IICA, establecido dentro del marco de Cooperación IICA-ORSTOM (Francia) Se agradece a los doctores Michel Eldin y Jean-Paul Lhomme, Especialistas en Agroclimatología del ORSTOM, así como al Dr. Michael Montoya, del IICA

* Ingeniero Agrónomo, D A A. INA Paris-Grignon Especialista en Agroclimatología del IICA

requerimiento hídrico, y por otro, cuantificando para cada fase, este requerimiento en agua.

El método de análisis que se presenta se basa en el principio de obtener un buen rendimiento, el cual está a su vez condicionado por el "éxito" de las fases sensibles, esto es, por la satisfacción prioritaria de las necesidades hídricas propias del cultivo. Por lo tanto se trató de escoger la fecha de siembra para la cual las necesidades coincidan con el máximo de probabilidad de ser satisfechas (2, 3, 4). Ciertas fases necesitan agua abundante, otras, por el contrario, como la maduración de varios cultivos (algodón, maní), no soportan lluvias fuertes. En términos agroclimáticos, estos ciclos se componen de varios períodos articulados de manera diferente (1):

- períodos en los cuales el cultivo necesita una disponibilidad de agua inferior a la mitad de la evapotranspiración potencial (ETP). En general, la germinación y la maduración;
- períodos en los cuales el cultivo exige una disponibilidad de agua superior a la mitad de la ETP pero inferior a 0.9 ETP;
- períodos en los cuales el cultivo necesita satisfacer en forma plena sus requerimientos hídricos (más de 0.9 ETP).

El método de análisis consiste en dividir el año en períodos elementales de diez días, denominados décadas. Para cada década se determinan las frecuencias de que la lluvia acumulada en el transcurso de estos diez días sobrepase la ETP y la mitad de la ETP. Estas frecuencias se calculan directamente a partir de la muestra de las lluvias diarias, sin ser ajustadas a una función de probabilidad.

La evapotranspiración potencial (ETP) representa aproximadamente el requisito óptimo en agua de un cultivo bien desarrollado y que cubre bien el suelo. Se puede considerar que la mitad de la evapotranspiración potencial (ETP/2) representa el requisito mínimo para obtener un rendimiento satisfactorio (pero no necesariamente óptimo). Esto constituye evidentemente una aproximación necesaria para simplificar el problema. La ETP se calculó utilizando la fórmula de Priestley y Taylor (5).

Un período de diez días representa una duración estándar que toma en cuenta la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo. Por ejemplo, si se considera un suelo con una capacidad máxima de almacenamiento de 50 mm (reserva útil) y una evaporación máxima de 5 mm día⁻¹, este suelo podrá ceder agua a las plantas durante diez días sin que exista la necesidad de una nueva lluvia. Sin embargo, este es un

caso extremo ya que generalmente la reserva útil del suelo es mayor y la evapotranspiración menor a la del ejemplo.

Los resultados, es decir, las frecuencias para cada década, son representados en un gráfico, cuya abcisa corresponde a una escala de tiempo que abarca todo el año y está graduada en décadas (36 décadas) y la ordenada es una escala de frecuencia graduada de 0 a 1.

Las curvas obtenidas pueden ser utilizadas para determinar la época potencial de cultivo (inicio, duración y final), fijando un nivel de frecuencia. Generalmente, se escoge el valor de 0.75, lo cual significa una frecuencia de ocurrencia del fenómeno de 3 años cada 4; pero, la misma, puede ser variada según las exigencias de agua del cultivo en estudio. Con la ayuda de los resultados del análisis frecuencial de lluvias y conociendo las necesidades hídricas por fase fenológica del cultivo, se podría definir la fecha más adecuada para la siembra.

Localización y cultivos

Para ilustrar este método de análisis se seleccionó la estación de Santa Cruz, ubicada en el Pacífico Norte de Costa Rica (10°16' Latitud Norte, 85°35' Longitud Oeste y 54 msnm de altitud). Esta estación dispone de 30 años de registros pluviométricos. El clima en esta región se caracteriza por presentar dos estaciones bien definidas: la estación seca y la lluviosa. La estación lluviosa presenta la característica de tener dos máximos, separados por una disminución de la intensidad de la lluvia, en los meses de julio y de agosto, debido a una conjugación de factores meteorológicos denominada "canícula" o "veranillo".

Los cultivos seleccionados para el ejemplo fueron: algodón (*Gossypium, hirsutum*), arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y maní (*Arachis hypogaea*). Los ciclos de estos cultivos y su división, según las necesidades hídricas de cada fase fenológica, se presentan en forma de esquemas (1) en la Fig. 1. En esta parte, se intenta confrontar las diferentes necesidades hídricas de cada fase fenológica del cultivo con el aporte natural de agua. Los períodos más sensibles a la sequía deberán coincidir con las frecuencias más altas de que la lluvia supere el valor de la ETP (6).

RESULTADOS Y DISCUSION

Un primer ejemplo podría ser: sembrar, durante el primer período de cultivo en la región de Santa Cruz una variedad precoz de maní (90 días), la cual, sin embargo, necesitaría de una lluvia, previa a la

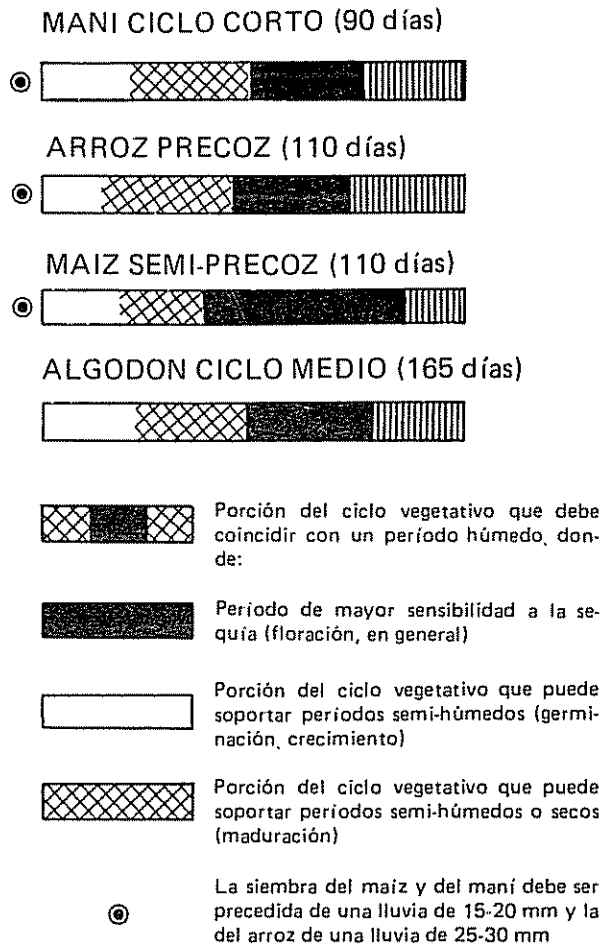


Fig. 1 Duración de los ciclos vegetativos y la sensibilidad de cada fase a la sequía.

siembra, de unos 15 ó 20 mm o en su defecto (que es lo más probable que suceda), se deberá recurrir al riego. Además, a partir de la década 22, se podría sembrar una variedad de maíz de 110 días. Esto se presenta en la Fig. 2.

Si el problema fuera encontrar la mejor época de cultivo para el maní en Santa Cruz, el segundo período de cultivo sería más adecuado. Este razonamiento se sustenta en que, como se aprecia en la Fig. 2, a partir de la década 17 dentro del primer período de cultivo (o sea, a mediados de junio), las frecuencias de que la lluvia sea superior a la ETP disminuyen y esta disminución coincide con un período de alta sensibilidad a la sequía. Por esta razón, es más conveniente el segundo período, el cual se adapta mejor a las necesidades hídricas del maní, como se aprecia en la Fig. 3.

Otro ejemplo: si el análisis de estudios económicos indicara, como cultivos más rentables para la región

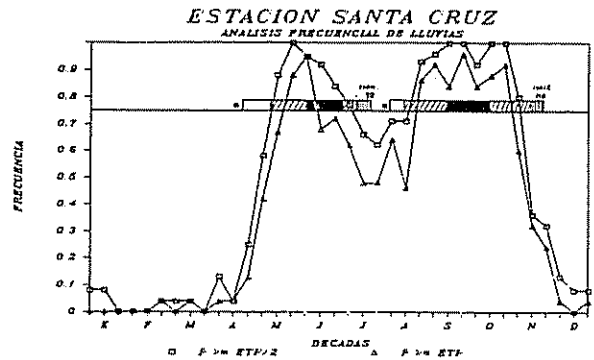


Fig. 2. Fechas óptimas de siembra para el caso de dos cultivos, maní (alrededor del 20 de abril) y maíz (alrededor del 10 de agosto).

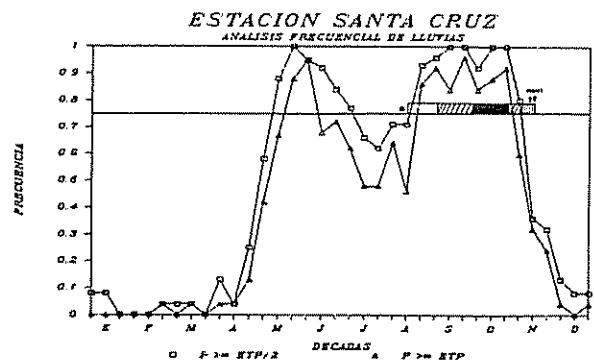


Fig. 3. Fecha óptima de siembra en el caso de una variedad de maní de 90 días (alrededor del 20 de agosto).

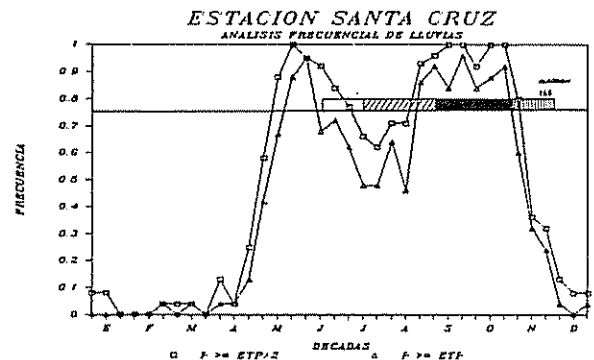


Fig. 4. Fecha óptima de siembra en el caso de una variedad de algodón de 165 días (alrededor del 20 de junio)

al algodón (165 días) y a una variedad precoz de arroz (110 días), sería indispensable, en este caso, contar con riego complementario —tanto al inicio de la siembra (en el caso de arroz) como a mediados (en el caso del algodón). Esta necesidad de riego suplementario se debe a la conjugación de factores meteorológicos que tiene lugar durante los meses de julio y agosto y que provoca una disminución de las precipitaciones (Figs. 4 y 5).

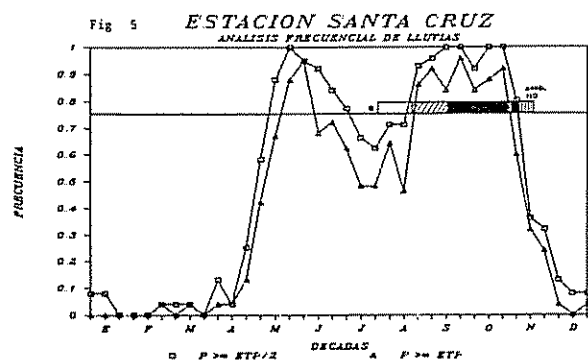


Fig 5. Fecha óptima de siembra en el caso de una variedad de arroz de 110 días (alrededor del 30 de julio)

LITERATURA CITADA

- 1 DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. 1984. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje 24. Roma. 194 p.
- 2 ELDIN, M. 1983. A system of agroclimatic zoning to evaluate climatic potential for crop production In Agroclimatic information for development. Reviving the Green Revolution. Ed by D.F. Cusack, D.F. Boulder, Colorado, Westview p 83-91.
- 3 FRANQUIN, P. 1973. Analyse agroclimatique en régions tropicales: méthode des intersections et périodes fréquentielle de végétation. L'Agronomie Tropicale, 28 No. 6-7.
- 4 LHOMME, J.P.; ROJAS, O.E. 1983. Análisis de los riesgos climáticos para la agricultura en el Departamento de La Paz, Bolivia. Metodología y resultados. Costa Rica: IICA-ORSTOM. 43 p.
- 5 PRIESTLEY, C.; TAYLOR, P.A. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters Monthly Weather Review 100(2)81-92.
- 6 ROJAS, O.E. 1985. Estudio agroclimático de Costa Rica Serie Publicaciones Misceláneas No. 617. IICA. 178 p.

Reseña de libros

FERNANDEZ-CALDAS, E.; YAALON, D.H. 1985. Volcanic soils. Catena Verlag. Cremlingen, Rep. Federal Alemana. 152 p.

Aunque los suelos volcánicos cubren mundialmente menos del uno por ciento de la superficie sólida terrestre, su importancia es muy superior ya que ofrece condiciones agrícolas con frecuencia muy adecuadas, y así el medio para la vida de muchos agricultores.

Este volumen incluye doce trabajos escogidos, de los que se presentaron en el Congreso Internacional de Suelos Volcánicos en Tenerife, Islas Canarias en julio de 1984. Los artículos se refieren a problemas pedológicos y de química de suelos volcánicos con cierto énfasis en el sitio del congreso, dedicándole a esta región una cuarta parte de los trabajos incluidos en el volumen.

Los trabajos sobre química de suelos volcánicos incluyen uno sobre la estimación de cantidades de alofán y halloysita en suelos de Nueva Zelanda, dos sobre las reacciones con oxalato de amonio de suelos de Las Canarias y uno sobre cargas en las superficies de suelos de Nueva Guinea.

Dos de los trabajos se dedican a la meteorización de materiales volcánicos, en ambientes muy diferentes

y adicionan información poco común a los conocimientos de estos tipos de suelos.

El último tercio del libro se dedica al génesis y caracterización de suelos volcánicos en ambientes muy diferentes, como lo es el ambiente húmedo tropical del Pacífico Sur-oeste, seco caliente en Las Canarias, templado en Italia y el frío en Canadá.

De los dos trabajos restantes uno se dedica a la carbonatación, como proceso formador de suelos en la Isla Lanzarote, Las Canarias y el otro al estudio de los minerales pesados en dos suelos volcánicos de Colombia.

Este revisor por no conocer la totalidad de los artículos presentados en el Congreso, no puede estimar con que criterio se escogieron estos trabajos.

Sin duda, todos ellos ofrecen información novedosa y de valor sobre este tipo de suelos.

La presentación del volumen es de alto nivel, como se acostumbra en la Editorial Catena en cuya serie de Suplementos como No. 7 ha sido publicado este volumen. Se recomienda este volumen a todos los que tienen interés en pedología y química de suelos volcánicos y a las bibliotecas que prestan apoyo a estos investigadores.

ELEMER BORNEMISZA S
CIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Algunos Aspectos Epidiométricos del Jaúl (*Alnus acuminata* (HBK) O. Ktze) en Costa Rica¹

E. E. Gutiérrez*, O. Murillo**, P. Camacho**

ABSTRACT

Alnus acuminata ((HBK) O. Ktze) was studied on 88 natural plots and on 126 plantations. Site index equations were developed for both cases, while taper and volume equations were only for plantations. Additionally, an exploratory yield relation was performed for plantation cases.

COMPENDIO

Un estudio preliminar de la especie arbórea *Alnus acuminata* ((HBK) O. Ktze) fue conducido en 88 parcelas naturales y 126 parcelas plantadas. Para ambos casos, se desarrollaron ecuaciones de índices de sitio como también ecuaciones para modelar la forma y el volumen para el caso de las plantaciones. Además, se desarrolló una relación exploratoria de rendimiento para las plantaciones.

INTRODUCCION

El jaúl (*Alnus acuminata* (HBK) O. Ktze) es una especie forestal, de rápido crecimiento, que puede alcanzar hasta 25 m de altura y 20 cm de diámetro en 10 años (15). Está distribuido en Costa Rica entre los 1500 y 2800 msnm. De acuerdo con el Mapa Ecológico de Costa Rica, elaborado por Tossi (20), el jaúl se ubica en las zonas de vidas: bosque muy húmedo montaña bajo, pluvial montaña bajo y pluvial montaña.

Se conoce relativamente poco sobre el manejo de la especie, especialmente en lo que se refiere a las primeras intervenciones silviculturales (17). En cuanto a su uso, el jaúl ha sido utilizado especialmente en la fabricación de ataúdes, cajas de fósforos, hormas de zapatos, palos de escoba, ebanistería, construcción de viviendas y paletería (16, 19). Su madera ha sido clasificada como moderadamente liviana (1, 3, 11, 22); presenta fibras fuertes e impregnables, lo cual coloca a la especie entre las especies de buena calidad para la producción de papel (3, 15, 21).

Este estudio tiene como objetivo dar a conocer algunos aspectos epidiométricos preliminares del jaúl con el fin de conocer mejor la especie y así, maximizar su utilización como recurso maderero. Específicamente, se analizan tópicos relacionados con índices de sitio para el jaúl y forma fustal, los cuales generan aplicaciones en lo que se refiere al manejo de plantaciones de la especie.

En plantaciones, el crecimiento en altura de los árboles casi no es afectado por la densidad del rodal (23) en consecuencia, la altura dominante y codominante del rodal es considerada como un buen indicador de evaluación de la calidad del sitio. Así es como el índice de sitio es definido como la altura promedio que alcanzarían los árboles dominantes y codominantes de una área, a una edad base. Por ejemplo, un índice de sitio de 25 sobre la edad base de 15 años significa que esos árboles, a la edad de 15 años, deberían alcanzar una altura de 25 metros. Esta relación de altura dominante *versus* edad sigue el patrón sigmoideal característico de las curvas de crecimiento. Estas tienen una fase inicial lenta, seguida por una fase de crecimiento acelerado que podría ser hasta lineal y luego por una etapa de crecimiento decreciente, hasta que el árbol termina de incrementar su altura (6).

El índice así definido ha sido la forma más común y convencional de comparar calidades de sitios en plantaciones. En cambio, en rodales naturales se debe de hacer una modificación. La determinación de la edad en árboles de bosques tropicales, ha sido motivo de estudio por hace más de dos décadas. Sin embargo, todavía no se tiene una metodología común que lleve a la determinación exacta de dicha variable.

¹ Recibido para publicación el 22 de mayo de 1986
El presente estudio se realizó bajo un convenio de cooperación entre la Escuela de Estadística (UCR) y el Depto. Ing. Forestal (ITCR).
Los autores desean manifestar su agradecimiento al Ing. Rodrigo Infante y al Sr. Eliécer Solano, del ITCR, por su valiosa colaboración en el trabajo de campo y de laboratorio, respectivamente.

* Profesor invitado de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica

** Profesores del Departamento de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica

Un método alternativo fue planteado por McLintock y Rickford (10), utilizando la relación diámetro a la altura del pecho (dap) *versus* altura dominante. Ellos encontraron que, en bosques heterogéneos, tal relación era la medición más sensible y confiable de la calidad de sitio.

El propósito del estudio de la forma fustal del jaúl fue el de modelar el crecimiento diamétrico de la especie y desarrollar una ecuación de volumen generada a partir del modelo inicial. Varios modelos han sido aplicados en el estudio de conicidad de especies arbóreas (4, 5, 9, 14) Bruce *et al.* (2) encontraron que, para *Alnus rubra* (Bong.), el cuadrado de la razón entre un diámetro cualquiera y el dap, ambos sin corteza, tenía aproximadamente variancia constante sobre un ámbito de diferentes alturas en el tronco. Kozak *et al.* (12) asumen que la forma de un árbol puede ser representada como una función parabólica entre diámetro sin corteza, dap, altura variable (podría ser la comercial) y altura total.

MATERIALES Y METODOS

Para la determinación de una familia de curvas de sitio para el jaúl, se tuvo la disponibilidad de 214 parcelas, de las cuales 126 provenían de plantaciones y 88 de rodales naturales no intervenidos. La selección de las parcelas fue hecha a juicio, debido a que se carecía de un mapa actualizado que señalara las plantaciones y rodales naturales de jaúl en Costa Rica. Sin embargo, se estima que la cobertura del estudio abarca más del 95% de las plantaciones y rodales naturales existentes en el país. Las parcelas fueron establecidas tratando de cubrir la composición dasocrática del rodal, o sea, tratando de cubrir todas las diferentes características de ésta, como son pendiente, exposición, topografía y drenaje superficial.

Para cada árbol se captó información acerca de su altura usando un clinómetro Blume-Leiss y se registró al decímetro; el diámetro a la altura del pecho (dap) fue determinado usando una cinta diamétrica y anotada al centímetro; la altura dominante de la parcela se determinó a través del promedio de los 100 árboles más altos por hectárea; la edad del árbol fue determinada sobre un corte transversal del árbol a una altura que osciló entre 20 y 30 cm del suelo y por el recuento de anillos en tres posiciones opuestas. Esta edad, en el caso de las plantaciones, fue comprobada con la información existente sobre las mismas. En el caso de los árboles provenientes de rodales naturales, la edad no pudo ser determinada con precisión ya que no existen estudios que den a conocer el tipo de relación anillos-edad para el jaúl natural de Costa Rica.

Para el caso de las plantaciones se analizaron diferentes modelos que han sido propuestos para determinar índices de sitio para otras especies. Entre ellos, los más importantes para el jaúl son:

$$1) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E)} \quad (18)$$

$$2) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E)^{0.5}} \quad (17)$$

$$3) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E) + b_2 (1/E)^2} \quad (8)$$

$$4) h_{\text{dom}} = b_0 E^{b_1}$$

donde h_{dom} = altura dominante

E = edad

$b_0 \cdot b_1 \cdot b_2$ = coeficientes de regresión

Para los fines consecuentes, se definió una edad base de 15 años, edad próxima a la edad de rotación esperada para producción de madera para aserrijo y además, por ser una edad media que se encontró dentro del ámbito de edades muestreadas.

Para la determinación de una familia de índices de sitio para el jaúl natural se estudiaron, entre otros, los siguientes modelos:

$$1) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 (\text{dap})$$

$$2) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 e^{-(\text{dap})}$$

$$3) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 (\text{dap})^{0.5}$$

donde

h_{dom} = altura dominante

dap = diámetro a altura del pecho (1,3 m)

b_0, b_1 = coeficientes de regresión.

Se asume para este estudio un dap mínimo para aserrijo de 35 cm. Además de las medidas señaladas para cada parcela, se registró también la densidad (árboles/ha), densidad aparente del suelo (a 10 cm), altitud, drenaje superficial, exposición (dirección de la pendiente dominante con respecto a los ocho puntos cardinales más importantes) y pendiente dominante.

Para el estudio de la forma del jaúl, se contó con 29 árboles provenientes de diferentes plantaciones de la zona central de Costa Rica.

Los árboles fueron seccionados a alturas de 0,3, 1,0, 1,3 m y luego, en secciones cada metro, hasta

alcanzar la altura comercial. En cada sección se cortó un disco de dos a cinco centímetros de grosor y se determinó el diámetro (al cm), con y sin corteza, utilizando la misma cinta diamétrica.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los modelos estudiados para el caso de plantaciones, se encontró que el modelo cuatro era el más indicado, teniendo la forma:

$$\ln(h_{dom}) = 2.115 + 0.327 \ln(E)$$

$$R^2 = 0.86; Sy/x = 0.275; p < 0.0001$$

Partiendo de una edad base de 15 años y sabiendo que el índice de sitio es igual a la altura dominante para esa edad base, se tiene la ecuación de índice de sitio (IS) para plantaciones de jaul:

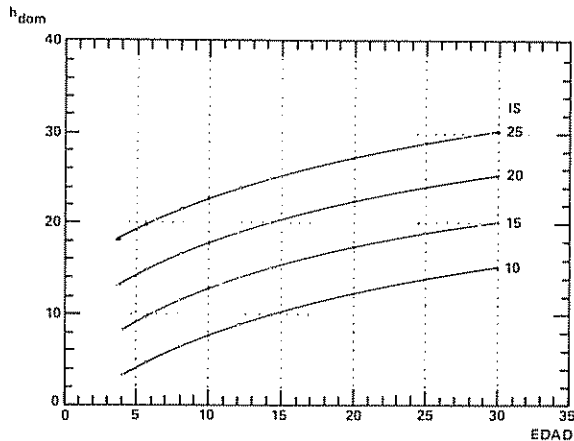
$$IS = 20.098 + (h_{dom}) - E^{0.3271}$$

Esta ecuación genera la familia de curvas mostrada en la Fig. 1.

Para el caso del jaul en bosque natural, el modelo (de los estudiados) más adecuado para la relación dap-h_{dom} fue:

$$h_{dom} = 17.106 + 1.184 (dap)^{1/2}$$

$$R^2 = 0.95; Sy/x = 0.441; p < 0.001$$



Edad	Índice de Sitio			
	10	15	20	25
5	4	9 ^{h_{dom}}	14	19
10	8	13	18	23
15	10	15	20	25
20	12	17	22	27
25	14	19	24	29

Fig. 1 Índices de sitio para el jaul. Edad base = 15 años

Para un dap estándar de 35 cm, se obtiene la siguiente ecuación para índices de sitio para el jaul natural:

$$IS = 17.106 + h_{dom} - 1.184 (dap)^{1/2}$$

Con esta ecuación, se construyó la familia de curvas que se presentan en la Fig. 2.

El crecimiento diamétrico, en árboles de plantación, se modeló utilizando las observaciones de Bruce et al. (2) y de Kozak et al. (12). El modelo utilizado tiene la forma:

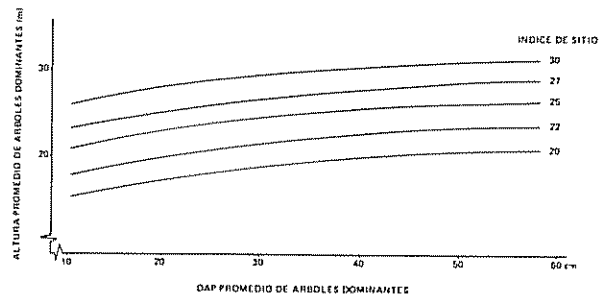
$$(dsc/dap)^2 = b_0 + b_1 (h_c/h_t) + b_2 (h_c/h_t)^{0.5}$$

Estas relaciones fueron estudiadas principalmente ya que permitirían desarrollar un modelo sencillo y práctico de la conicidad del jaul. Para que tal modelo no diera resultados sesgados, se impuso una restricción teórica de que, cuando h_c = h_t, dsc = 0. Esto se logró haciendo B₀ = B₁ = B₂ = 0

Obviamente, en la realidad tal cosa no sucede con esta especie pero la restricción servirá para encontrar un modelo estadístico más confiable. Así, entonces, se obtuvo la ecuación:

$$(dsc/dap)^2 = 1.049 - 1.249 (h_c/h_t) + 0.2 (h_c/h_t)^2$$

$$R^2 = 0.99; Sy/x = 0.075; p < 0.0001$$



DAP	Índices de Sitio				
	20	22	25	27	30
	Altura Dominante				
10	17	19	22	24	27
20	18	20	23	25	28
30	19	21	24	26	29
40	20	22	25	27	30
50	21	23	26	28	31

Fig. 2 Índices de sitio para rodales naturales de jaul en Costa Rica DAP Base = 35 CM.

Cuadro 1. Tabla de volumen para el jaúl (*Alnus acuminata*) (sin corteza) (m³).

DAP (m)	h _t (m)	DSC (m)							
		0.02	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.3
0.05	3	0.002	—	—	—	—	—	—	—
	6	0.005	—	—	—	—	—	—	—
	9	0.008	—	—	—	—	—	—	—
0.10	9	0.034	0.029	0.002	—	—	—	—	—
	12	0.046	0.039	0.003	—	—	—	—	—
	15	0.057	0.049	0.004	—	—	—	—	—
0.15	9	0.078	0.075	0.062	0.022	—	—	—	—
	12	0.104	0.101	0.082	0.029	—	—	—	—
	15	0.130	0.126	0.103	0.037	—	—	—	—
0.20	18	0.156	0.151	0.124	0.044	—	—	—	—
	12	0.185	0.183	0.172	0.139	0.069	—	—	—
	15	0.231	0.229	0.215	0.174	0.086	—	—	—
0.25	18	0.278	0.275	0.258	0.209	0.103	—	—	—
	21	0.324	0.321	0.301	0.243	0.121	—	—	—
	24	0.370	0.367	0.345	0.278	0.138	—	—	—
0.30	15	0.362	0.360	0.351	0.323	0.262	0.152	—	—
	18	0.434	0.432	0.421	0.388	0.314	0.183	—	—
	21	0.507	0.505	0.492	0.452	0.367	0.214	—	—
0.35	24	0.579	0.577	0.562	0.517	0.419	0.244	—	—
	27	0.652	0.649	0.632	0.582	0.472	0.275	—	—
	30	0.724	0.721	0.703	0.646	0.524	0.305	—	—
0.40	15	0.521	0.520	0.514	0.493	0.448	0.367	0.236	—
	18	0.625	0.624	0.616	0.592	0.538	0.441	0.283	—
	21	0.730	0.728	0.719	0.691	0.628	0.514	0.331	—
0.45	24	0.834	0.832	0.822	0.789	0.718	0.588	0.378	—
	27	0.932	0.937	0.925	0.888	0.808	0.661	0.425	—
	30	1.043	1.041	1.028	0.987	0.897	0.735	0.473	—
0.50	33	1.147	1.145	1.130	1.086	0.987	0.808	0.520	—
	18	0.852	0.851	0.845	0.826	0.785	0.710	0.587	0.404
	21	0.994	0.992	0.986	0.964	0.916	0.829	0.685	0.472
0.55	24	1.136	1.134	1.126	1.102	1.047	0.947	0.783	0.539
	27	1.278	1.276	1.267	1.240	1.178	1.065	0.881	0.607
	30	1.420	1.418	1.408	1.378	1.309	1.184	0.979	0.674
0.60	33	1.562	1.560	1.549	1.515	1.440	1.302	1.077	0.742
	18	1.112	1.112	1.107	1.093	1.061	1.001	0.903	0.755
	21	1.298	1.297	1.292	1.275	1.237	1.168	1.053	0.881
0.65	24	1.483	1.482	1.476	1.457	1.414	1.335	1.204	1.007
	27	1.669	1.668	1.661	1.639	1.591	1.502	1.354	1.133
	30	1.854	1.853	1.845	1.821	1.768	1.668	1.505	1.259
0.70	33	2.040	2.038	2.030	2.004	1.945	1.835	1.656	1.385
	36	2.225	2.224	2.214	2.186	2.122	2.002	1.806	1.511
	39	2.411	2.409	2.399	2.368	2.298	2.169	1.957	1.636
0.75	21	1.643	1.642	1.638	1.624	1.594	1.538	1.444	1.303
	24	1.877	1.877	1.872	1.856	1.822	1.757	1.651	1.489
	27	2.112	2.111	2.106	2.088	2.050	1.977	1.857	1.675
0.80	30	2.347	2.346	2.440	2.321	2.277	2.197	2.063	1.861
	33	2.582	2.581	2.574	2.553	2.505	2.417	2.270	2.017
	36	2.816	2.815	2.808	2.785	2.733	2.636	2.476	2.233
0.85	39	3.051	3.050	3.042	3.017	2.961	2.856	2.683	2.419
	21	2.028	2.028	2.024	2.013	1.988	1.941	1.854	1.746
	24	2.318	2.317	2.313	2.301	2.272	2.219	2.180	1.995
0.90	27	2.608	2.607	2.602	2.538	2.556	2.496	2.397	2.244
	30	2.898	2.897	2.892	2.876	2.840	2.774	2.663	2.494
	33	3.187	3.186	3.181	3.164	3.124	3.051	2.929	2.743
0.95	36	3.477	3.476	3.470	3.451	3.409	3.329	3.196	2.993
	39	3.767	3.766	3.759	3.759	3.693	3.606	3.462	3.242

Continuación del Cuadro 1.

DAP (m)	h_t	DSC (cm)			
		0.34	0.38	0.41	0.45
0.35	18	0.147	—	—	—
	21	0.172	—	—	—
	24	0.196	—	—	—
	27	0.221	—	—	—
	30	0.245	—	—	—
	33	0.270	—	—	—
0.40	18	0.546	0.263	—	—
	21	0.637	0.307	—	—
	24	0.728	0.351	—	—
	27	0.819	0.395	—	—
	30	0.910	0.439	—	—
	33	1.001	0.483	—	—
	36	1.092	0.527	—	—
0.45	21	1.100	0.826	0.467	—
	24	1.258	0.944	0.534	—
	27	1.415	1.062	0.600	—
	30	1.572	1.180	0.667	—
	33	1.730	1.298	0.734	—
	36	1.887	1.416	0.801	—
	39	2.419	2.044	1.534	—
0.50	21	1.576	1.344	1.039	0.650
	24	1.801	1.536	1.188	0.743
	27	2.026	1.728	1.336	0.836
	30	2.251	1.920	1.485	0.929
	33	2.477	2.112	1.633	1.022
	36	2.702	2.304	1.782	1.115
	39	2.927	2.496	1.930	1.208

donde dsc = diámetro sin corteza (en metros)

dap = diámetro a 1.3 m de altura

h_c = altura comercial

h_t = altura total del árbol.

Manipulando la ecuación recién encontrada, se observa que el dsc, a una altura comercial dada, viene dado por:

$$dsc = dap (1.049 - 1.249 (h_c/h_t) + 0.2 (h_c/h_t)^2)^{0.5}$$

La cual tiene un error estándar asociado en la estimación SE = 1.96 cm.

La ecuación original permite simular también la altura comercial para un dsc cualquiera, utilizando:

$$h_c = \frac{3.122 (h_t) - [4.505 (h_t)^2 + 5((h_t) (dsc)/dap)^2]^{0.5}}{2}$$

Esta ecuación presentó un error estándar en la estimación SE = 1.7 m.

Reescribiendo la ecuación original y multiplicándola por 0.7854 ($=\pi/4$) obtenemos el área de la sección especificada por dsc (llamémosla A (d)). Si A(d) se integra a lo largo del tronco (con respecto a h_c obviamente), tenemos entonces una ecuación que estima el volumen del tronco de jaul:

$$V_c = \int_0^{h_c} 0.7854 dsc^2 dh_c$$

Haciendo el ajuste respectivo, obtenemos:

donde V_c = volumen comercial.

$$V_c = 0.7854 dap^2 h_t [1.049 (h_c/h_t) - 0.624 (h_c/h_t)^2 + 0.067 (h_c/h_t)^3]$$

Cuadro 2. Cuadro de rendimiento (m^3/ha) sin corteza para plantaciones de jaúl. Según índice de sitio y área basal.

Índice de Sitio	Área Basal/ha	Edad en años								
		5	8	10	13	15	18	20	23	25
10	5	18.8	22.0	23.4	24.9	25.8	26.7	27.3	28.0	28.4
10	10	35.1	41.1	43.7	46.6	48.1	50.0	51.0	52.3	53.0
10	20	65.6	76.7	81.6	87.1	89.9	93.4	95.3	97.7	99.1
10	30	94.6	110.6	117.7	125.6	129.7	134.6	137.4	140.9	142.9
10	40	122.6	143.3	152.6	162.8	168.1	174.5	178.1	182.6	185.2
15	5	25.9	30.3	32.2	34.4	35.5	36.8	37.6	38.5	39.1
15	10	48.4	56.5	60.2	64.2	66.3	68.8	70.2	72.0	73.0
15	20	90.4	105.6	112.4	120.0	123.9	128.6	131.2	134.6	136.5
15	30	130.3	152.3	162.1	172.9	178.6	185.4	189.2	194.0	196.8
15	40	168.8	197.4	210.1	224.2	231.5	240.3	245.2	251.5	255.1
20	5	35.6	41.7	44.3	47.3	48.9	50.7	51.8	53.1	53.8
20	10	66.6	77.9	82.9	88.4	91.3	94.8	96.7	99.2	100.6
20	20	124.4	145.5	154.8	165.2	170.6	177.1	180.7	185.3	188.0
20	30	179.4	209.7	223.2	238.2	245.9	255.3	260.5	267.2	271.0
20	40	232.5	271.9	289.3	308.7	318.8	331.0	337.7	346.3	351.3
25	5	49.1	57.4	61.1	65.2	67.3	69.8	71.3	73.1	74.1
25	10	91.7	107.2	114.1	121.8	125.7	130.5	133.2	136.6	138.5
25	20	171.4	200.4	213.2	227.5	234.9	243.9	248.9	255.2	258.9
25	30	247.0	288.8	307.4	328.0	338.6	351.6	358.8	367.9	373.2
25	40	320.2	374.4	398.5	425.2	439.0	455.8	465.1	476.9	483.8

De la relación anterior se nota que cuando $h_c = h_t$ el volumen del tronco es igual al volumen de un cilindro de las mismas dimensiones dap y h_t multiplicado por el factor 0.4915. El Cuadro 1 presenta los volúmenes para árboles de diferentes dimensiones. Se hicieron comparaciones de volúmenes usando la ecuación de Smalian ya que ésta no presenta sesgos dentro del supuesto de la forma parabólica (13). Tales comparaciones no mostraron diferencias significativas entre ambas estimaciones.

La ecuación para el volumen con corteza se genera por:

$$V_{cc} = 0.7854 \text{ dap}^2 h_t [1.104 (h_c/h_t) - 0.6385 (h_c/h_t)^2 + 0.058 (h_c/h_t)^3]$$

La relación entre el volumen con corteza y el volumen sin corteza viene dada por:

$$V_{cc} = 1.065 V_c$$

Finalmente, se estudiaron varias relaciones de rendimiento para el jaúl en plantación, encontrándose la ecuación:

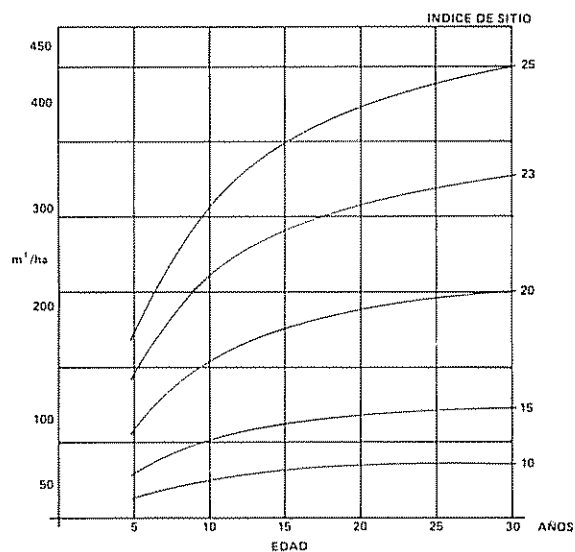
$$\ln(Y) = 1.588 - 1.669 (E)^{0.5} + 0.064 (IS) + 0.902 \ln(G)$$

$$R^2 = 0.97 \quad S_{y \cdot x_s} = 0.178 \quad p < 0.0001$$

Donde Y = volumen (m^3)/ha
 E = edad de la plantación
 IS = Índice de sitio
 G = área basal por hectárea

El Cuadro 2 resume los rendimientos para varios índices de sitio, edades y áreas basales.

La siguiente figura representa las relaciones de rendimiento para diferentes índices de sitio (IS) con un área basal por hectárea constante de $20 m^2$.



LITERATURA CITADA

1. ACOSTA, I 1967 Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica. IICA San José, Costa Rica
2. BRUCE, D ; CURTIS, R D ; VanCOEVERING, C. 1968 Development of a system of taper and volume tables for red alder. Forestry Science 14:339-350.
3. CAMACHO, P ; CANESSA, E. Determinación de las características macroscópicas y microscópicas, los patrones de variación de fibras de especies tropicales y su efecto en la elaboración de pulpa para papel Centro de Investigación en Ingeniería en Maderas ITCR, Cartago, Costa Rica.
4. CLUTTER, J.C.; BENNETT, F.A 1972. Taper curves for planted slash pine USDA For Ser Res Note SE-179. Southeastern Forestry Experimental Station, Ashville, N C
5. CURTIS, R.O 1973. Integrated system for the estimation of tree taper and volume. Canadian Journal of Forestry 3:90-94.
6. DEL AMO RODRIGUEZ, S ; NIETO DE PASCUAL, J. 1982. Applications of models and mathematical equations to evaluate growth rates and age determinations of tropical trees. In Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. Yale University p 128-133
7. GLENDON, W.S ; BOWER, D R 1971 Site index curve for loblolly pine and short leaf pine in Tennessee, Alabama, and Georgia highlands. USDA For Ser
8. GRUT, M. 1977 Equations for calculating height increment and site index of pinaster pine. Forestry Journal 102:43-50
9. GUTIERREZ, E. 1984 A growth model for black walnut (*Juglans nigra*) in Iowa Tesis de maestría. Iowa State University. Biblioteca Carlos Monge Alfaro, San José, Costa Rica.
10. HUSCH, B. ; MILLER, C.H. ; BEERS, T.W 1982. Forest Mensuration John Wiley & Sons, New York, N.Y.
11. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS 1969 Informe sobre un programa de ensayo de maderas realizado para el Proyecto UNDP 192: Investigación y desarrollo de zonas forestales de Costa Rica. Lab de Tec de la madera. Turrialba, Costa Rica.
12. KOZAK, A ; MUNRO, D D ; SMITH, J.H.G. 1969. Taper functions and their applications in forest inventory For Chrom 45:278-283.
13. LOETSCH, F ; ZOHRER, F ; HALLER, K.E. 1973. Forest Inventory Vol II BLV Verlagsgesellschaft, Muehen, Germany p 146-148.
14. MAX, T.A ; BURKHART, H.E. 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations Forestry Science 22:283-289
15. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES; DESARROLLO CENTRO AGRONÓMICO (CATIE) 1984 Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía Turrialba, Costa Rica
16. RECORD, S.J. ; HASS, R.W. 1943. Timbers of the new world Yale University Press New Haven, Conn.
17. SANCHEZ, V.M. 1985 Planificación y ejecución de un raleo en plantaciones de jaúl del proyecto Haciendas Forestales de Coronado, S.A. Anteproyecto de práctica de especialidad Departamento de Ingeniería Forestal ITCR, Cartago, Costa Rica
18. SCHUMACHER, F. 1939. New growth curve and its application to timber yield studies. Journal Forestry 37:819-820.
19. SOLIS, M 1984. *Alnus acuminata* (HBK) O Ktze Monografía. Curso de Silvicultura II. Departamento de Información Forestal ITCR, Cartago, Costa Rica.
20. IOSSI, J. 1969. República de Costa Rica Mapa Ecológico. Escala 1:750.000 Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
21. TUK, J.B. 1980 Informe general del proyecto "Clasificación y normalización de maderas para uso estructural". Centro Inv Ing Maderas ITCR. 365 p.
22. TUK, J ; PICADO, F ; ROJAS, V. 1983. Características dasométricas, propiedades físicas y mecánicas de 17 especies maderables de Costa Rica. In Informe final del proyecto propiedades físicas, mecánicas, preservación, durabilidad, cepillado, taladrado, lijado y torneado de 18 especies maderables de Costa Rica. ITCR Cartago, Costa Rica 72 p.
23. VICENT, L 1975. Manejo de plantaciones forestales con fines de producción. Centro de Estudios Forestales de Posgrado. Departamento Manejo de Bosques Universidad de los Andes Mérida, Venezuela

Reseña de libros

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1985. *Seed physiology of development and germination*. Plenum Press, New York. 367 p.

La amplia variedad de publicaciones que tratan las bases teóricas de la fisiología de plantas y los conceptos de bioquímica asociados con ella, se ven enriquecidos con la publicación de este libro, el que resume en forma adecuada los principales aspectos asociados con los procesos que conducen al desarrollo y germinación de las semillas.

El volumen está bien presentado y editado, ofreciendo abundantes referencias bibliográficas, cuadros, gráficos concisos y buenas fotografías. El material presentado en el texto, posee una secuencia lógica y bien organizado, de manera tal que es relativamente sencillo, acompañar el desarrollo de los procesos químicos y biológicos que conducen a la germinación de las semillas y al subsecuente desarrollo de las estructuras vitales del embrión. Sin embargo, conviene enfatizar que el lector debe tener un conocimiento razonable de bioquímica para poder aprovechar integralmente el material contenido en el libro.

Sin duda alguna, esta publicación representa una contribución para los profesionales relacionados en la investigación agrícola y en la enseñanza superior. El libro puede servir de guía o texto para estudiantes avanzados. Para tecnólogos de semilla, sirve como excelente libro de consulta, ya que aborda materias que, una vez comprendida su naturaleza, tiene aplicaciones prácticas para un manejo eficiente de lotes de semillas que deben conservar sus atributos fisiológicos intactos.

Otro aspecto favorable es su fácil lectura, ya que no tiene muchas interrupciones en el texto, i.e. citando otros autores y/o publicaciones. Las referencias pertinentes se encuentran agrupadas al final de cada capítulo, de acuerdo a las materias tratadas en éste. Cuando no existen referencias que ayuden a explicar algunos procesos cuya síntesis y causas son desconocidas actualmente, los autores no se limitan a mencionar el hecho, sino que intentan deducir una teoría propia que pueda servir de explicación al fenómeno.

En el Capítulo 1 se resumen las estructuras básicas de las semillas con énfasis en aquellas de interés agrícola. Se explican los conceptos generales de germinación, haciéndose referencias a lo que realmente representa el concepto, a veces mal interpretado. Se des-

cribe la composición química normal de la mayoría de las semillas agrícolas, realizándose una descripción sucinta del tipo de reservas alimenticias almacenadas en las estructuras especializadas de los principales tipos de semillas.

Explicaciones detalladas se encuentran en el Capítulo 2 en relación a la síntesis de carbohidratos, grasas o lípidos, proteínas y fitina, extendiéndose también en la biosíntesis, metabolismo y posibles funciones de las hormonas. El Capítulo 3 está dedicado a la viabilidad de las semillas, explicándose en detalle, las bases bioquímicas que inciden en la deterioración. Por otra parte, se explican los procesos que en una semilla viable y vigorosa, llevan a completar el proceso de germinación.

En el Capítulo 4 se detallan aquellos procesos, que a nivel celular, se realizan con el fin de promover la síntesis de ATP y RNA principalmente y aquéllos otros que son promovidos por la inhibición de agua y la respiración. Extensa revisión del fenómeno de la latencia de las semillas es la materia del Capítulo 5. Principalmente este capítulo se refiere al papel biológico de la latencia, su desarrollo y los factores que inciden en su aparición.

Donde y cuando la semilla germina es el sujeto del Capítulo 6. La sensibilidad del proceso de germinación a factores externos — luz, temperatura, agua — y las interacciones entre agentes que influyen la latencia — luz, temperatura, madurez fisiológica — determinan la germinación de una semilla en situación y tiempo dados. Apropiadamente los autores llaman este capítulo de aspectos ecofisiológicos de la germinación.

En el Capítulo 7, se explican detalladamente los sistemas de movilización y catabolismo de las reservas alimenticias almacenadas, en su pasaje de los órganos de reserva a los puntos de crecimiento embrionario. Esta materia es complementada con el texto del Capítulo 8, que trata del control de dicha movilización. Se hace énfasis en el papel de las hormonas (gibberelina principalmente) en el estímulo para el inicio de los procesos de hidrólisis y la función de las enzimas, su formación y actividad.

Finalmente, en el Capítulo 9, se entregan algunas consideraciones prácticas de aplicación de principios envueltos en la germinación y crecimiento del embrión.

JUAN CARLOS BRESCIANI
IICA
BRASILIA, BRASIL

Estimación de la Densidad Poblacional de Guanacos (*Lama guanicoe* Muller)¹

S.L. Saba*, P. Battro**

ABSTRACT

A new estimator of animal populations (here guanaco), derived from transect methods, is proposed. The relevant measure in the field is the perpendicular distance between the individuals and the axis of the transect used. Errors in the estimation of distances are reduced by clustering the accumulated frequencies for each distance. Since the quality of the observation decreases with increasing distance to the transect (> 300 m), the data are corrected by using simple linear equations of the type: $y = a + bx$. The conditions under which the use of this estimator is valid and the utilization of this method on a population of guanaco (*Lama guanicoe* Muller) in southwest Chubut Province, Argentina, is described. Tested under several conditions, a very small sample error was obtained (less than 6%), which suggests that this method is a valid one for estimating animal populations.

COMPENDIO

Se propone un nuevo estimador de abundancia animal, derivado de las técnicas de recuento por transectas. La medida relevante a obtener en el campo es la distancia perpendicular existente entre el (los individuos) y el eje de la transecta utilizada. El error en la estimación de tales distancias se reduce al agrupar las observaciones por frecuencias acumuladas para cada distancia. Se corrige la disminución en la calidad de la observación al aumentar la distancia de detección respecto al eje de la transecta (> 300 m) mediante ecuaciones lineales. Se describen las condiciones bajo las cuales el uso de este estimador es válido y la utilización de esta metodología sobre una población de guanacos (*Lama guanicoe* Muller) existente al sudoeste de la Provincia del Chubut, República Argentina. Puesta a prueba esta metodología, en diferentes ocasiones, se obtuvo un error de muestreo muy bajo (menor al 6%); por tal razón, se considera que tal metodología es una herramienta de gran utilidad para quienes investigan con poblaciones animales.

INTRODUCCION

Como lo dice Eberhardt (4), a través de la recopilación de diversas técnicas para estimación de la abundancia animal realizada por Seber (13), se puede deducir el hecho de que el principal esfuerzo teórico ha sido volcado hacia técnicas basadas en la marcación de individuos (técnicas de captura y recaptura) y —principalmente en pesquerías— en la medición del esfuerzo de captura ("catch effort"). El alto costo de los estudios con animales marcados, combinado con la necesidad de crear métodos que no dependan del manipuleo o extracción de los animales y puedan aplicarse con un mínimo de sustento lógico, condujeron a la necesidad de volcar la imaginación hacia técnicas alternativas. En este sentido, fue notorio el progreso evidenciado en los últimos años en lo

que respecta a los métodos basados en recuentos por transectas ("Transect methods") (2, 4, 15). Estos fueron desarrollados, primero, para su uso en poblaciones animales, especialmente aves (10, 11). Sin embargo, los antecedentes de uso se remontan a Gross, en el año 1906, de acuerdo al informe de Forbes y Gross (6). De todos modos, la primera técnica de recuentos por transecta coherente con el desarrollo posterior que tuvo esta metodología, fue propuesta por King en un trabajo inédito, de acuerdo a Leopold (11).

Tradicionalmente, se han dividido estas técnicas en dos clases: los recuentos por fajas ("strip transect") y los recuentos por línea de marcha ("line transect"); se han considerado (3) que los primeros son un caso especial de los segundos y que, en definitiva, la información relevante a ser registrada en el campo proviene de la distancia perpendicular existente entre el objeto de interés y la transecta. Se han propuesto algunas técnicas de corrección de lo que podríamos definir como merma en la calidad de observación (1, 9).

En el guanaco (*Lama guanicoe* Muller), se han utilizado diversos métodos de censo como recuentos por fajas (8) y censos aéreos (7). Se propone aquí una técnica alternativa para corregir la subestimación inducida por la disminución de la calidad de observa-

¹ Recibido para publicación el 16 de julio de 1986

* Licenciado en Zoología. Becario del CONICET Centro Nacional Patagónico 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

** Ingeniero Industrial. Profesional de Apoyo del CONICET Centro Nacional Patagónico 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina

ción en función de la distancia que se producen en los recuentos por transectas en el guanaco.

MATERIALES Y METODOS

Los datos de observación tomados en el campo se volcaron a planillas que resumen la información referida al número de individuos observados por grupo y a la distancia de los mismos al eje de la huella (x). Con el fin de estandarizar la metodología en la recolección de datos se tomó la distancia mencionada, en el momento a partir del cual los individuos se mostraron afectados por la presencia del observador. Este punto de observación está acotado entre el instante de la primera observación que se hace del grupo y la intersección de x con el eje de la huella.

Este tipo de información se obtuvo a lo largo de un recorrido pre-establecido, el cual debe reunir determinadas características (ver Discusión). El recorrido se repitió en días sucesivos (se recomiendan no menos de tres), respetando un mismo sentido de circulación, hora de iniciación del recuento y personal que interviene.

Luego, se resumieron los datos en forma acumulada para cada día de observación, aumentando el ancho de faja (w) en una unidad apropiada (para guanacos, se considera aconsejable hacerlo de a 200 m, es decir, 100 m cada lado de la huella), obteniéndose de este modo la cantidad de individuos observados entre los 0 y 100 m, 0 y 200 m, 0 y 300 m... y así sucesivamente. Así, se pudo calcular un valor promedio (con su correspondiente desvío estándar) de las observaciones realizadas en los distintos días de censado, para cada ancho de faja.

Representación gráfica de los valores observados

Se dibujó el patrón de dispersión de estos valores en términos de su coeficiente de variabilidad porcentual (CV %) en el eje de ordenadas, mientras que en las abscisas, se trazaron las diferentes distancias respecto al eje de la huella. Se determinó entonces la distancia, a partir de la cual, el CV disminuye y se estabiliza con el fin de determinar con cuál rango de distancia se continúa el análisis con el propósito de obtener información de mayor calidad y confiabilidad.

A partir de los valores acumulados para las distancias comprendidas en el rango a utilizar, se obtuvo una recta de regresión para cada día. Se obtiene otra recta teórica bajo las siguientes premisas:

— En el menor ancho de faja elegido (w_1), existe una $g(x) = 1$ para todo $0 \leq x \leq w$.

— Los grupos de individuos tienen la misma posibilidad de ocupar cualquier punto del área, en un instante dado.

— Estas dos razones permiten suponer que la cantidad de individuos contados hasta los 300 metros de distancia, debe corresponder a la mitad de los existentes dentro de la faja de 1 200 metros de ancho (equivalentes a una distancia de observación de hasta 600 m) a un tercio de la de 1 800 m y así sucesivamente, por lo que las rectas tendrán por ecuación $y = bx$ pues la recta interseca el origen de las coordenadas.

Se define la merma en la calidad de observación como la diferencia existente entre la recta teórica así obtenida y la construida; a partir de los datos reales provenientes de las observaciones realizadas en el campo para cada día, se calculó una serie de coeficientes de ajuste, de acuerdo a la siguiente ecuación que deriva del cociente entre ambas rectas:

$$C_i = \frac{b_t X_i}{a_{obs} + b_{obs} X_i}$$

Donde: b_t = Pendiente de la recta teórica
 a_{obs} = Intersección con el eje de ordenadas de la recta a la que ajustan los valores observados.

b_{obs} = Pendiente de la recta a la que ajustan los valores observados.

X_i = Distancia de observación (la que determina un ancho de faja).

C_i = Coeficiente de corrección para la distancia X_i .

Con estos coeficientes, se corrigieron los valores provenientes de las observaciones de campo. Al conocer la longitud del recorrido utilizado para los recuentos, fue posible expresar los valores corregidos en términos de densidad, obteniéndose así diferentes estimaciones de la población total para los distintos anchos de faja. A partir de aquí, se calcularon los parámetros de esta nueva distribución de medidas, es decir, la media y el desvío estándar. Se dedujo el error estándar de la media (Sm), para expresar la estimación final del N poblacional como $\bar{X} \pm t \cdot Sm$, siendo aconsejable usar valores de t no mayores de 0.05 (intervalos de confianza al 95%).

Area de estudio

El área de estudio donde se aplicó esta metodología está ubicada a los 44°30' S y 70°30' W, estable-

ciendo "Don Carlos", cercano a la localidad de Nueva Lubecka, departamento Tehuelches, provincia del Chubut, República Argentina. Se trata de un potrero de pastoreo de 64 km². En el potrero se distinguen tres zonas bien diferenciadas:

A₁ Valle fluvial del arroyo Genoa. Superficie: 10.98 km².

A₂ Escoriales basálticos (pedreros) y cono de erupción del cerro Shequen. El conjunto cubre una superficie aproximada a los 14 km².

B Terrazas aluviales, sin influencia fluvial, con una superficie de 39 km². Las mismas se presentan en dos niveles.

En el valle, la oferta de forraje es alta y hay aguas permanentes. En la zona de terrazas predomina la estepa subarbutiva con coirones (*Stipa* sp, *Festuca pallescens*) y otras gramíneas. Los pedreros del Shequen presentan una superficie muy accidentada y recortada por cárcavas de diversa profundidad. Representan también un buen refugio para los guanacos pues ofrece múltiples vías de escape

El área de estudio se dividió en dos grandes unidades (A y B) en función de las condiciones de visibilidad que presentan. En la Zona A, se puede hacer un recuento directo (total) de los individuos presentes. En A₁ el relevamiento se realiza desde la cima del cerro Shequen con la ayuda de un telescopio y prismáticos. En A₂ se pueden visualizar todos los individuos existentes, debido a que la huella utilizada para el recuento recorre la totalidad del valle con una diferencia de nivel de 10 m, aproximadamente. En cambio, en B se ha utilizado la metodología que se propone en este trabajo, pues reúne las condiciones que se plantean en la discusión.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se presentan los promedios acumulados de individuos detectados en los tres días de recuentos, junto a una expresión de la dispersión de estos tres valores (coeficiente de variabilidad porcentual). Entonces se decidió trabajar con las distancias comprendidas entre los 300 y 800 m a partir del eje de la transecta. Los datos correspondientes a cada uno de los días de recuento se ajustaron a una función lineal del tipo $y = a + bx$, de donde se obtuvo:

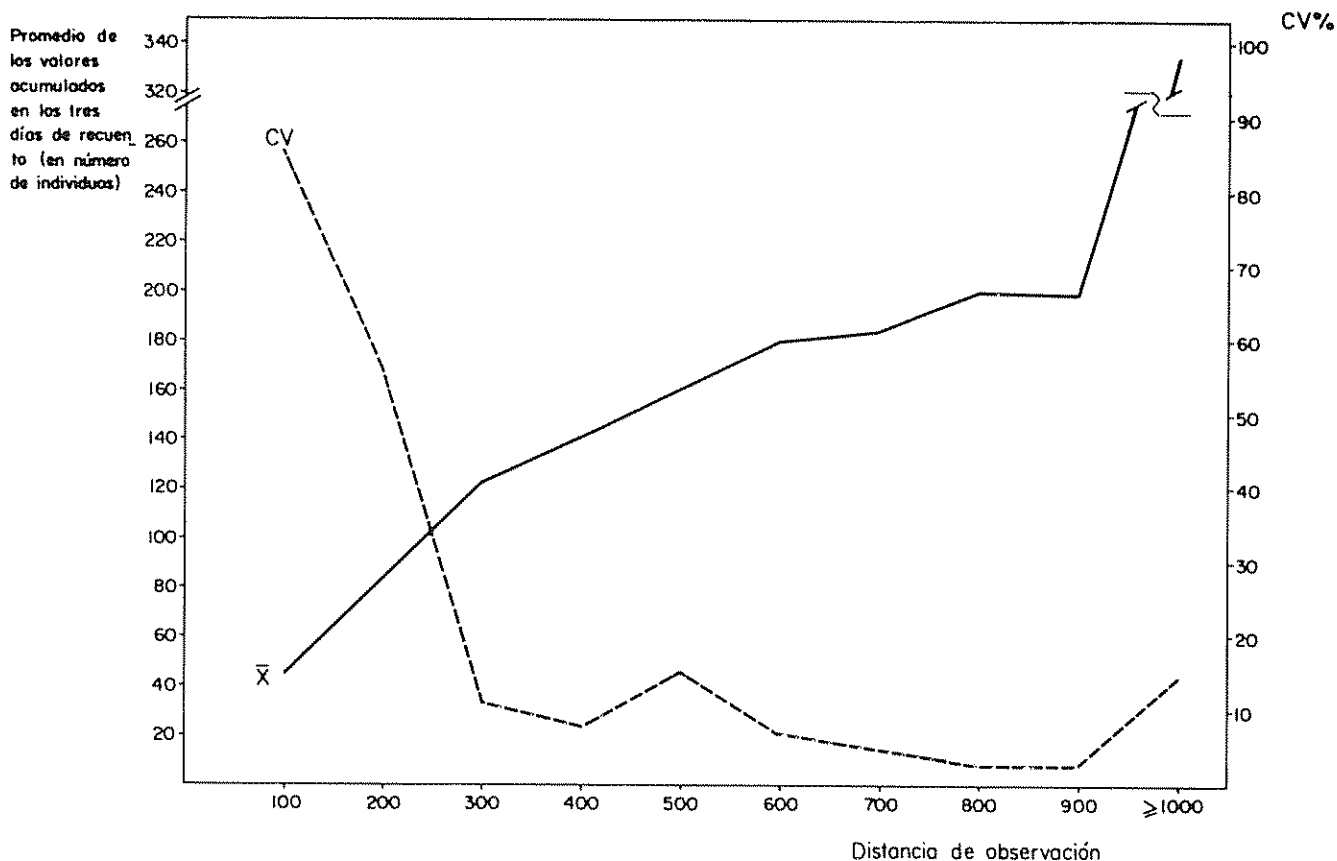


Fig 1 Promedio y coeficiente de variabilidad del acumulado de las observaciones realizadas en los tres días de censo para cada distancia.

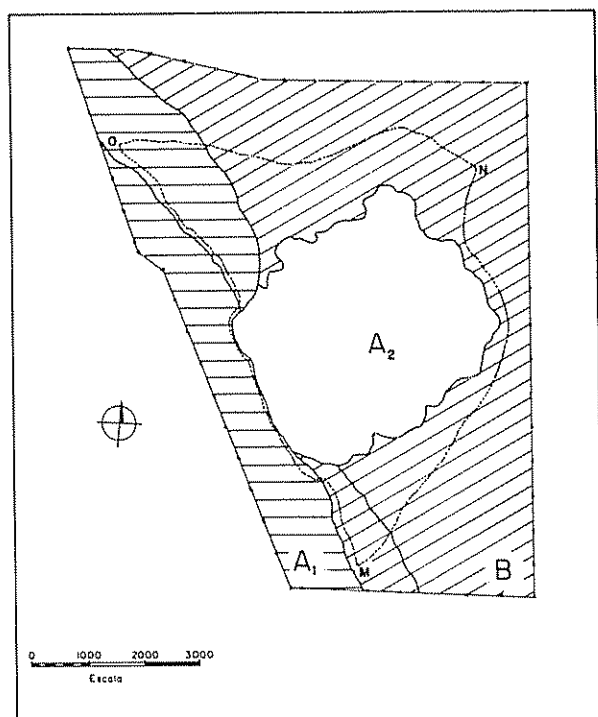


Fig. 2. AREA DE ESTUDIO A1: Valle fluvial del Arroyo Genoa; A2: pedrero de basalto del cerro Shequen; B: terrazas aluviales sin influencia fluvial. En A1 y A2 se realizó conteo directo. En B, se aplicó la metodología aquí propuesta.

$$\text{Día 1: } y = 70.41 + 0.15x \quad (r = 0.9678)$$

$$\text{Día 2: } y = 87.30 + 0.15x \quad (r = 0.9873)$$

$$\text{Día 3: } y = 117.66 + 0.11x \quad (r = 0.9392)$$

Por otra parte, se elaboró una recta teórica para cada día de acuerdo a las premisas planteadas en párrafos anteriores). Las pendientes de estas rectas son las siguientes:

$$\text{Día 1: } y = 0.39x$$

$$\text{Día 2: } y = 0.44x$$

$$\text{Día 3: } y = 0.50x$$

Cuadro 1. Estimaciones de abundancia de individuos en el área B, para cada ancho de faja, luego de corregir las observaciones realizadas en el campo mediante el método que se propone en este trabajo.

	Distancias						\bar{X}	S
	300	400	500	600	700	800		
Día 1	359.81	318.09	310.52	354.77	335.76	314.03	332.16	21.37
Día 2	377.36	378.48	403.27	395.47	380.82	381.38	386.13	10.65
Día 3	441.72	411.72	462.14	460.91	434.89	439.97	440.39	19.17

Del cociente de ambas rectas (teórica y observada), para cada día de observación, se dedujeron los coeficientes de correlación para cada distancia. Los datos corregidos se transformaron en estimaciones de abundancia para cada ancho de faja (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se complementan estas estimaciones con las obtenidas para los mismos días en A. En definitiva, se obtuvieron tres estimaciones del N poblacional para ese momento. Un "test" de la F máxima (14) revela que las tres S^2 pueden ser consideradas estimaciones de una misma varianza por lo que se concluye que la población bajo estudio contaba, en esos días, con 564.86 individuos con un desvío estándar de 17.06 (C.V. % = 3.02). Los límites de confianza de la media, con un 95% de probabilidades, son ± 31.32 individuos.

DISCUSION

La eficiencia de esta metodología se puede medir a través de dos referencias que cabe destacar. Por una parte, la correlación negativa muy próxima a -1 (-0.999) entre los valores medios obtenidos en B y los provenientes del recuento total realizado en A (donde, tanto A1 como A2, reúnen las mismas condiciones de visibilidad). Por otra parte, estos datos son originarios de una campaña prereproductiva (setiembre de 1984); tras la estación reproductiva (que en esta área ocurre entre los últimos días de noviembre hasta fines de febrero) se realizó otra campaña en la que se aplicó la misma técnica. En marzo de 1985, se encontró una población de 601.74 ± 27.47 individuos ($X \pm t_{0.05} \cdot S_m$), lo que indica un incremento del orden de los 40 individuos, cifra coincidente en magnitud con el número de "chulengos" (crias del guanaco) contados en esta última fecha. En esta población, la natalidad es prácticamente la única causa de incremento poblacional al no existir movimientos migratorios en esta área, tal como lo indica el relevamiento realizado en toda la periferia (4). La aplicación de la técnica de censado aquí propuesta, en la estación reproductiva 1985-1986, arroja resultados igualmente satisfactorios puesto que los límites de confianza de la media, jamás han superado el 6% del valor de ésta.

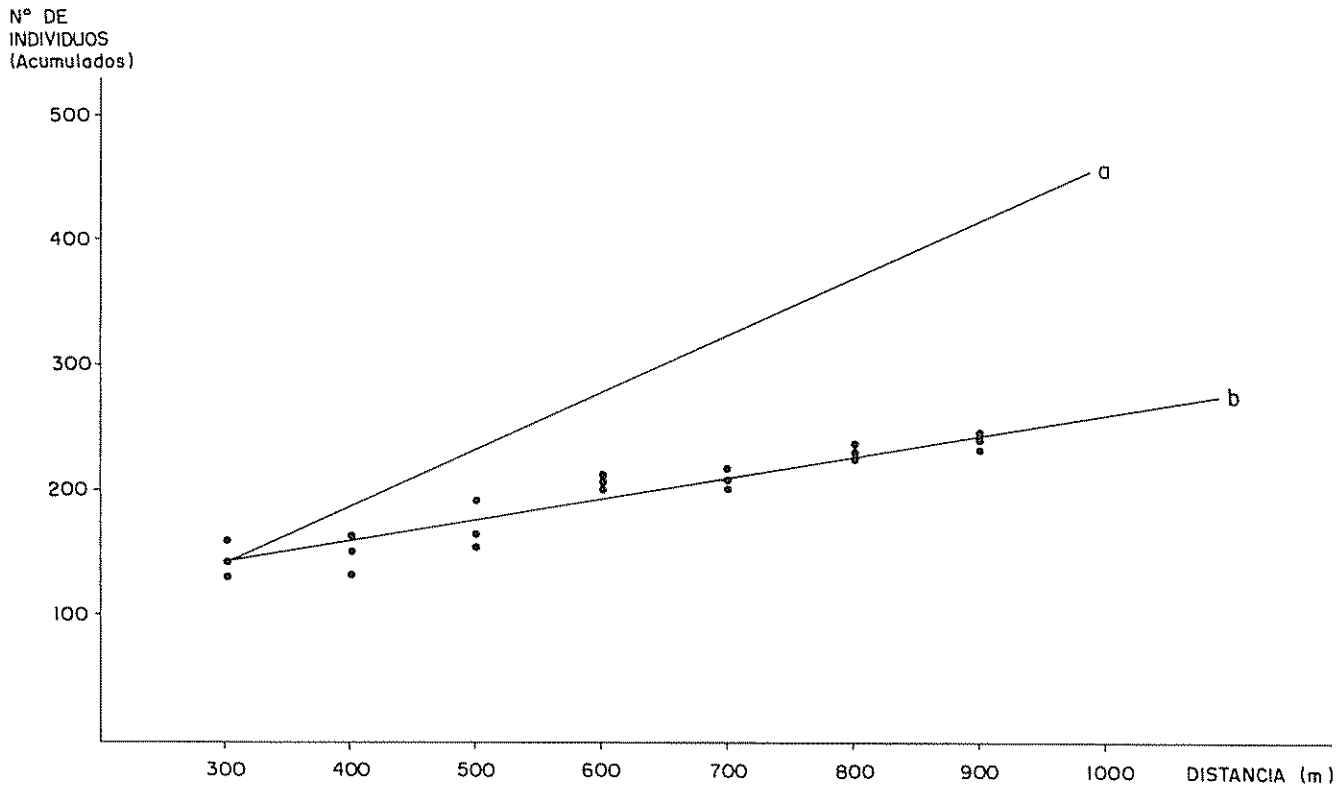


Fig. 3 Ejemplo de construcción de las rectas teóricas (a) y observada (b). Los datos corresponden a un día de censos. Los puntos llenos simbolizan el número de individuos (acumulados) observados para cada día de recuento.

La metodología aquí propuesta, exige plantear una serie de hipótesis que deben ser consideradas previamente y que consisten en:

Hipótesis referidas al área de estudio

- La vegetación predominante en la zona tiene características tales, en lo que respecta a su altura y densidad, que actúan uniformemente sobre la visibilidad para cada ancho de faja, en toda la extensión del recorrido.
- La topografía del terreno, con respecto a la presencia de lomadas, cañadones, etc., induce condiciones de visibilidad semejantes a las planteadas por la hipótesis anterior.
- Las características del recorrido a utilizar son tales que minimizan la probabilidad de que un individuo sea contado más de una vez.

Cuadro 2. Abundancia total de individuos, global y por sectores, en el área de estudio.

	Ambientes				Total	
	A			B	\bar{X}	S ²
	A ₁	A ₂	Total A			
Día 1	160	77	237	331.16	569.16	456.68
Día 2	113	65	178	386.18	564.13	113.42
Día 3	68	52	120	440.39	560.39	367.49

Hipótesis referidas a los individuos

- En un instante dado, los grupos tienen las mismas probabilidades de ocupar cualquier punto del área.
- No existen migraciones en el intervalo de tiempo comprendido entre el primer día de censo y el último.
- En igual manera, en el transcurso de este intervalo, no existe ni un pulso de nacimiento ni de mortalidad.
- Los individuos a censar tienen una conspicuidad tal que permite su recuento con un 100% de eficiencia, a la menor distancia utilizada en el análisis.
- Ante la presencia del observador, la respuesta comportamental de los individuos no varía con la edad, sexo, etc.
- La respuesta comportamental de la población bajo estudio no cambia significativamente en el transcurso de un día de recuento.

En líneas generales, estas hipótesis son coincidentes, con las subyacentes en todo recuento por transectas. Las diferencias entre los métodos de transecta usuales y el aquí propuesto son más profundas en lo referente al diseño del muestreo, razón por la cual no se debe pretender encuadrar esta técnica en el marco de la clasificación de métodos de transecta realizada por Eberhardt (3). La utilización de la técnica que se propone en este trabajo para el recuento de animales en poblaciones silvestres de otras especies de camélidos sudamericanos, podrá evidenciar su eficiencia verdadera.

LITERATURA CITADA

- 1 ANDERSON, D.R.; POSPAHALA, R.S. 1970. Correction of bias in belt transect studies of immobile objects. *Journal of Wildlife Management* 45(1): 141-146
- 2 BURNHAM, K.P. 1979. A parametric generalization of the Hayne estimator for line transect sampling. *Biometrics* 35:587-595
- 3 BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. 1984. The need for distance data in transect counts. *Journal of Wildlife Management* 48(4):1 248-1 254
- 4 DE LAMO, D.; GARRIDO, J.L.; KOVACS, Z. 1982. Población y parámetros reproductivos del guanaco (*Lama guanicoe* Muller - Camelidae, Mammalia). Centro Nacional Patagónico. Contribución No. 64. 14 p.
- 5 EBERHARDT, L.L. 1978. Transect methods for population studies. *Journal of Wildlife Management* 42(1):1-31.
- 6 FORBES, S.A.; GROSS, A.L. 1921. The orchard birds of an Illinois summer. III. *Natural History Survey Bulletin* 14:1-8
- 7 GADER, y DEL VALLE, H. 1982. Relevamiento aéreo de guanacos en el Departamento Collán Curá. Dirección General de Recursos Faunísticos. Dirección de Ecología Animal. Neuquén. República Argentina. 42 p.
- 8 GARRIDO, J.L.; AMAYA, J.; KOVACS, Z. 1980. Relevamiento de las poblaciones de guanaco (*Lama guanicoe* Muller) de la provincia del Chubut. Resultado de tres años de recuentos. Programa Ecología Zonas Áridas. CONICET-INTA-OEA. 14 p.
- 9 GATES, C.H.; MARSHALL, W.H.; OLSON, D.P. 1968. Line transect method of estimating group population densities. *Biometrics* 24(1):135-145.
- 10 HAYNE, D.W. 1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations. *Journal of Wildlife Management* 13(2):145-157.
- 11 LEOPOLD, A. 1933. *Game management*. Charles Scribner's Sons. New York.
- 12 RAEDEKE, K.J. 1979. Population dynamics and socioecology of the guanaco (*Lama guanicoe*) of Magallanes, Chile. Tesis doctoral University of Washington. 406 p.
- 13 SEBER, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin Eds. London. 506 p.
- 14 SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 2nd. San Francisco, W.H. Freeman, 859 p.
- 15 YAPP, W.B. 1956. The theory of line transects. *Bird Study* 3(2):93-104.

Reseña de libros

ARMITAGE, F.B. 1985. *Irrigated forestry in arid and semi-arid lands: a synthesis*. Ottawa, Ontario, International Development Research Center. 160 p. (IDRC-234e).

La necesidad de contar con madera para la industria y uso como combustible, además de otros propósitos específicos, ha sido la fuerza motora de la mayoría de los emprendimientos forestales bajo riego, especialmente en las regiones semiáridas y áridas.

El uso del riego en las plantaciones forestales de varias áreas áridas y semiáridas ha demostrado en algunos casos el potencial que existe para obtener altos rendimientos de madera y así contrarrestar el agotamiento de recursos madereros naturales y la degradación del entorno ecológico derivado del aumento poblacional y presión por el uso de los recursos existentes.

El Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC) patrocinó la recopilación de una información mundial sobre plantaciones forestales irrigadas. En una síntesis muy compacta se presenta la situación actual y se trazan lineamientos programáticos y operacionales con el propósito que sirvan de guías generales para las decisiones gerenciales y de manejo en el campo de forestales bajo riego. Esta síntesis entrega, también, informaciones técnicas valiosas para los proyectos en ejecución, para la definición de programas prioritarios de investigación y sobre las dificultades en el manejo de las plantaciones irrigadas.

La síntesis está estructurada en 11 capítulos: Introducción, El Ambiente de las Zonas Áridas, Experiencia en Plantaciones Forestales Irrigadas, Algunos Conceptos Básicos, Sistemas de Riego, Evaluación de Necesidades y Potencialidades, Desarrollo de Plantaciones Irrigadas, Implementación y Producción, Economía en las Plantaciones Irrigadas, Organización y Gerencia, y Planificación. En anexos se incluye importante información sobre especies arbóreas utilizadas bajo riego con indicación de países, productividad y referencias bibliográficas; listado de las especies de acuerdo a la tolerancia a la salinidad; y especies que se desarrollan bien bajo riego con agua salina. Además de una amplia lista de referencias bibliográficas se presenta una lista de fuentes bibliográficas especializadas por capítulo lo cual sirve de guía para la consulta de materias específicas por los lectores, dándose gran importancia a las técnicas y prácticas de riego.

Algunos capítulos de la síntesis merecen comentarios específicos. El Capítulo 3 presenta una revisión resumida de los proyectos y plantaciones forestales bajo riego en diferentes regiones y países: Sudáfrica y Medio Oriente (Pakistán, India, Irak, Kuwait y Estados Arabes Unidos), Región del Mediterráneo (Tunisia, Algeria, Italia, Egipto, Turquía e Israel), Africa (Sudán, Kenya, Mali, Nigeria, Senegal y Zimbabwe). De la información recolectada se concluye que el área forestal regada es un área poco significativa del área total bajo riego en el mundo (212 millones de hectáreas). En el valle del Indus (Pakistán) donde se observa más desarrollo, el área forestal regada sólo alcanza al 1.5% del área total regada. Por otra parte, se concluye que los programas forestales bajo riego necesitan un alto grado de profesionalismo y conocimientos en planificación, diseño, implantación, manejo y organización. A esto habría que agregarle el aspecto de eficiencia operacional de todo el proceso productivo. Los programas de riego en el mundo vienen enfrentando bajas eficiencias operacionales, tanto en la operación agrícola como en riego (conducción, distribución, y aplicación a nivel de parcela)

En los Capítulos 4 y 5 se tratan de manera muy general los conceptos básicos de riego y los métodos de aplicación de agua. Indudablemente que esto está dirigido para orientar a los profesionales del área de forestales. Los técnicos interesados en profundizar aspectos de diseño, operación y de manejo de agua en regadío deben recurrir a la literatura especializada. En la síntesis se indican algunas del extenso número de obras disponibles.

Los Capítulos 6 y 8 son de particular importancia para los interesados, en los aspectos productivos. Se dan varios indicadores como especies más productivas bajo riego, tolerancia a sales, especies desarrolladas con éxito usando agua salina, especies desarrolladas con riego mínimo, etc. Se tomaron los aspectos principales referentes al establecimiento de plantaciones bajo riego, desde almácigo hasta las prácticas culturales con indicaciones importantes sobre las dificultades que se presentan en las diferentes etapas y las formas de solucionarlas. Particularmente son importantes las secciones que se refieren a crecimiento y rendimientos ya que indican la magnitud del potencial de diferentes especies, y la de necesidades de investigación. Se especifica como prioritaria la necesidad de investigar los requerimientos de agua, respuesta a los diferentes regímenes de riego y el efecto del riego fenológico.

Los Capítulos 9, 10 y 11 tratan aspectos específicos sobre análisis económicos y financieros; el manejo y la planificación de proyectos están basados en

el análisis de un gran número de proyectos del Banco Mundial. Se establecen los criterios para las evaluaciones financieras y económicas de los proyectos, y se da una idea sucinta de los indicadores que se deben usar y la interpretación de los resultados. Desde el punto de organización y manejo, se especifican los puntos débiles de los proyectos existentes y se indican las soluciones adecuadas.

La información presentada no define claramente la rentabilidad de las inversiones en plantaciones forestales bajo riego. La falta de datos fue una de las limitantes para una adecuada evaluación.

La síntesis patrocinada por el IDRC viene a llenar un vacío existente sobre riego en especies forestales y deberá ser de gran utilidad para los organismos de centros de investigación, desarrollo agroforestal, universidades y profesionales interesados en la materia.

AGUSTIN A MILLAR
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

ROSEMBLUM, J.W. (Ed.). 1983. *Agriculture in the twenty-first century*. New York, Wiley, 415 p.

Este libro está basado en un simposio auspiciado por The Colgate Darden Graduate School of Business Administration de la Universidad de Virginia, y financiado por la firma Philip Morris Inc. Se realizó en 1983, en Richmond, Virginia e intervinieron cerca de 50 expositores del mundo académico y científico, así como banqueros, economistas, investigadores, periodistas, y agricultores.

El libro examina un número de problemas críticos y oportunidades. En el campo científico, trata de cómo la ciencia y la tecnología pueden ser usadas para incrementar los rendimientos de los cultivos a niveles sin precedentes. En el campo de la administración, examina el importante papel de las computadoras para determinar cuándo se debe cosechar y para diseminar la información agrícola, así como también el uso de la ciencia electrónica como monitoreo en las funciones de la maquinaria agrícola. En el campo de la conservación, discute cómo se pueden utilizar prudentemente los recursos limitados de energía, tierra y agua en beneficio de una población creciente.

Además, hubo secciones sobre el agricultor del mañana, sobre el financiamiento de la agricultura y sobre las transferencias de las nuevas y complejas tecnologías que se aplicarán en el próximo siglo, y las necesidades financieras en esa época.

La parte más extensa del libro está dedicada a los problemas de la agricultura norteamericana y su papel en el futuro. A pesar de ser un país industrial desarrollado, y habiéndose reducido su población dedicada a la agricultura a menos del 10 por ciento del total, gracias a una política de incentivos, es el principal exportador de granos en el mundo. Al subir el valor del dólar en relación con el resto de monedas de los países desarrollados, países como Brasil, Argentina y Australia, cuyas monedas se han devaluado, han adquirido ventajas competitivas, que han desplazado a los Estados Unidos en el mercado europeo, principalmente en soya, jugo de naranja congelado, y granos. Otra preocupación, frente a la agricultura norteamericana, es el de aumentar más el nivel actual de productividad para disminuir esa desventaja competitiva. Esta es quizás la parte más interesante del libro, porque diversos autores describen los actuales avances en la aplicación de las ciencias al mejoramiento de las plantas cultivadas y de los animales de la ganadería.

Al final del libro, en un "Epílogo", el Dr. S.V. Wittwer, pionero en el uso de radioisótopos en estudios de nutrición foliar, y una autoridad en reguladores del crecimiento vegetal, hace un resumen de lo tratado en la reunión, lo que constituye un desfile fascinante de las técnicas en desarrollo que se espera estén en uso general en el siglo veintiuno. En esa época, tanto la ingeniería genética (biología celular y molecular y cultivos de células), como la revolución de las computadoras (comunicación electrónica), estarán contribuyendo a la productividad de la agricultura norteamericana.

Unas 20 plantas cultivadas (entre ellas la papa, la palma aceitera y la piña) y algunos árboles forestales y frutales, forman la lista de cultivos en los que se está usando ahora o muestran promesa la ingeniería genética para la propagación comerciales de tipos superiores a los actualmente cultivados.

Para el ganado, hay buenos avances en la creación, mediante la ingeniería genética, de nuevas vacunas, y en la utilización de hibridomas para producir anticuerpos monoclonales para el control y diagnóstico de enfermedades del ganado. El mejoramiento de la fertilidad se está ya realizando con la sincronización del ciclo sexual (estrus) de las hembras. Son también realidades la preservación del semen, la detección de la preñez, nacimientos múltiples, superovulación,

transferencia e implantación no quirúrgica de embriones. Todo esto puede ser maximizado para aumentar el número de crías de padres genéticamente superiores. También se puede contar con técnicas microscópicas para determinar el sexo de los embriones, su conservación en frío y su implantación posterior.

La fijación del nitrógeno atmosférico se está procurando estimular y ampliarla más. A los complejos *Rhizobium*-Leguminosas y *Azolla*-Anabeana (simbiosis de un helecho flotante y una alga azul) para sembríos de arroz inundado, se agregan ahora actinomicetos que provocan nódulos en unas 160 especies de angiospermas, no leguminosas, pero capaces de fijar el nitrógeno del aire, y el complejo *Spirillum*-gramíneas.

A esto se pueden agregar: 1) un mayor uso de las micorrizas, que colonizan las raíces de muchas plantas, ayudando a su nutrición y crecimiento; 2) el uso de bacterias del género *Pseudomonas* para colonizar las raíces de las plantas útiles y suprimir, con su ayuda, enfermedades causadas por otras bacterias; 3) técnicas, actualmente en desarrollo, para aplicación foliar de fertilizantes, manejo integrado de plagas, uso de reguladores del crecimiento, estímulo a la fotosíntesis, mayor uso de plásticos para la protección de cultivos, y 4) algo muy reciente, el uso de residuos de cosecha y material vegetal con propiedades "alelopáticas", en las prácticas de cultivo. La alelopatía es la guerra química entre especies de plantas. Cuando se llegue a manejarse adecuadamente, puede reducir o eliminar la necesidad de herbicidas químicos.

La parte del libro que más atañe a América Latina es la última sección, "Expectativas para la agricultura mundial". En esta sección, D. Gale Johnson discurre sobre la agricultura y la política comercial de los Estados Unidos, y Kenzo Hemmi presenta una perspectiva japonesa. Pero los dos trabajos restantes, de W. Arthur Lewis, sobre los países desarrollados y en desarrollo, y de Richard O. Wheeler, sobre la agricultura en los países en desarrollo, son los que tratan de los problemas que más preocupan a nuestros países.

Lewis, premio Nobel de Economía, nacido en el Caribe británico (Saint Lucia) titula su contribución "Developed and developing countries". Señala allí el extraordinario crecimiento económico de los países en desarrollo durante las dos décadas que precedieron a la recesión de 1974, con tasas más altas a las de los países desarrollados. Esto demuestra que los países pobres manifestaron su vitalidad, y que el dinero que invertían, dadas ciertas condiciones, tiene un rendimiento similar al invertido en los países más ricos. Los países pobres que no hicieron avances en esa época fueron los que sufrieron escasez de lluvias o inestabilidad política, o ambas cosas a la vez. Dos elemen-

tos crearon y mantuvieron el avance rápido de los países en desarrollo, tomados en total: primero, el gran incremento en la importación de productos agrícolas por los países industriales, productos como caucho, té y algodón; segundo, el rápido incremento de la producción de bienes manufacturados. Esto, a pesar de las tendencias proteccionistas de los países industrializados, como en el caso del azúcar. Esta situación cambió después de 1974 y el análisis de esta coyuntura le permite a uno darse cuenta de los conocimientos y razonamientos de un economista de la talla de Lewis. Para salir de esta situación, aboga por que la sustitución de importaciones se haga con productos que cada país pueda producir eficientemente, sin subsidios ni ayuda de los gobiernos; que los países ricos deben dar espacio en el comercio mundial para las exportaciones agrícolas tropicales (Nota: Siempre me ha llamado la atención las altas tarifas para la importación de café que tiene Alemania Occidental, quizás equiparando este producto tropical a las bebidas alcohólicas y al tabaco); que los países pobres comercien más manufacturas entre ellos; que la ayuda exterior se mantenga en los siete décimos por ciento del ingreso nacional, que los países industriales mismos indicaron, al comenzar la década de los novecientos setenta, como meta para la ayuda. Por última, para cuando se resuma el rápido crecimiento de la economía mundial, los países ricos deben dar mejores términos comerciales a los agricultores del mundo en desarrollo.

El último trabajo, "A view point in agriculture in developing countries", es de Richard O. Wheeler, quien por años ha sido consultor y asesor técnico en Africa Oriental, Africa Occidental, y el Sudeste de Asia. Aboga también por la ayuda externa para diversificar la agricultura y salir de la dependencia de un solo producto, como café, azúcar, caucho. Destaca que existe en el Caribe y en América Central el potencial para producir una gama de frutas y hortalizas con precios comerciales bastante favorables en ciertos períodos del año para ser exportados a Estados Unidos y Europa. Pero, Estados Unidos dispone que estos productos sean descargados al norte del paralelo 39. Estas y otras trabas que dificultan este comercio, el autor expresa su deseo de que desaparezcan antes del siglo 21.

Otro problema que encaran los países en desarrollo es la creación de organismos gubernamentales autónomos y paraestatales para instrumentar el proceso de desarrollo. Estos entes nacieron de la filosofía política de que el planeamiento centralizado era el camino eficiente hacia el desarrollo económico. Estos organismos muchas veces se han involucrado no sólo en el procesamiento, mercadeo y almacenamiento de alimentos, sino también en la producción agrícola. En general, estas actividades han sido

un desastre en el desarrollo económico. Lo que es peor, a estas agencias estatales se les dio una autoridad que resultó en una deuda externa que está conduciendo a varios países hacia la quiebra. En muchos casos, esta situación ha originado corrupción.

Parecería, al leer esta obra, que el autor se está refiriendo a la situación actual en varios países de la América Latina. Y esto no es así. El Dr. Wheeler no ha estado por estos lugares: su experiencia es tomada de África y Asia; lo cual nos da una idea de que el problema es de escala mundial. Es más grave en África, donde tenemos que Egipto, al mantener precios muy bajos de las subsistencias para el sector urbano, se ve impedido de tomar medidas para cambiar esta situación, porque sabe que las medidas que tome el gobierno provocarán motines sangrientos.

Las recomendaciones que hace Wheeler se desprenden lógicamente de lo está pasando con la agricultura en los países en desarrollo. Si los gobiernos de estos países han de contribuir al progreso en el siglo veintiuno, deben tomar pasos hacia el fortalecimiento de sus sectores privados. Aquéllos que están buscando el desarrollo deben mirar a las utilidades como una fuerza importante para generar la formación de capital y de desarrollo.

En lo que se refiere a la agroindustria, hay muchas compañías grandes que realizan actividades en los países en desarrollo. Si hay disponibles oportunidades apropiadas, estas compañías privadas están bien equipadas para trasladarse y hacer inversiones. Ellas entienden mejor que los gobiernos cuándo una inversión es demasiado riesgosa o no provechosa. La escasez de personas con talentos para labores empresariales en los países en desarrollo podría ser resuelta mediante empresas privadas mixtas, donde uno de los socios trae estas aptitudes a la empresa. El socio local puede aprender mientras trabaja.

El recurso más importante en esta situación es escaso: el capital aventurero, que está dispuesto a correr riesgos. Hay algunos organismos que tratan de llenar este vacío. Quizás uno de los más antiguos es la Corporación de Desarrollo del Commonwealth (CDC), establecido por el parlamento británico en 1948. En Estados Unidos podría crearse también un organismo similar para estimular el sector privado. La AID ha hecho algunos esfuerzos pero las normas de su creación hacen difícil salirse de lo rutinario. Wheeler opina que si se crea en Estados Unidos un organismo similar al CDC, éste no debe hacer préstamos a los gobiernos. Para estos, ya está en servicio el sistema bancario internacional, el que no debe ser forzado a enfocarse en el desarrollo de infraestructura o en actividades no rentables, para lo que existen otros organismos. Debería tener la libertad de escoger

entre aquellos países que tengan la voluntad de realizar los cambios de política necesarios para atraer inversionistas de capital arriesgado dispuesto a encontrar provecho en inversiones novedosas. Wheeler considera que hay gobiernos de países en desarrollo que están dispuestos a involucrar más al sector privado. Si se cree que el sector privado es una importante fuerza motriz para el siglo veintiuno, debemos tener la imaginación y la voluntad para buscar caminos alternos para canalizar la ayuda de los países industriales.

En resumen, es un libro rico en experiencias e ideas de científicos, economistas y expertos que están trabajando por el progreso de la agricultura en el próximo siglo.

ADALBERTO GORBITZ
APARTADO 281
2100 GUADALUPE
COSTA RICA

GOLDSWORTHY, P.E.: FISHER, N.M. 1984. *The physiology of tropical field crops*. Chichester (England), Wiley. 664 p. (A Wiley Interscience Publication).

Este es un libro interesante, que trata de poner al servicio de los cultivos tropicales los conocimientos y progresos acumulados en las últimas décadas sobre las bases fisiológicas de las variaciones en los rendimientos y como aplicarlos para tratar de que esos rendimientos sean mejorados en esos cultivos. En buena parte esto se ha conseguido en la obra, la que puede considerarse, para los cultivos tropicales, a la par de los tratados avanzados sobre cultivos templados.

La primera parte del libro trata de la fisiología en general de los cultivos tropicales, y la segunda estudia catorce casos de cultivos, y reúne las investigaciones recientes sobre cada uno de ellos, escritas por expertos en cada uno de esos cultivos. Los cinco capítulos introductorios, son los de mayor interés para nosotros, tratan de tres determinantes de la producción agrícola en los trópicos. Para la primera, se describen las principales características del ambiente tropical en el que se desarrollan los cultivos, tales como las variaciones estacionales de temperatura, largo del día, radiación, lluvia y régimen acuífero. La segunda cubre las relaciones de los cultivos en ambientes tropicales e incluye los cambios de energía

involucrados en la evaporación y movimiento del agua desde la hoja; el movimiento del agua dentro de la planta; los efectos fisiológicos de los déficits de agua; y el balance del agua y los factores que afectan las tasas de transpiración en el campo. Finalmente, tres capítulos separados tratan del crecimiento y desarrollo de las raíces, de las partes vegetativas y de las partes reproductivas. Estos capítulos examinan la forma como los cultivos utilizan el tiempo, dentro de los límites que impone el clima, para producir rendimientos. Estos capítulos se consideran las principales formas cómo las adaptaciones fisiológicas de los cultivos tropicales a sus ambientes difieren de aquellas de los cultivos templados. Se aprecian en esta parte los progresos en los métodos para analizar la fisiología de la planta, en aspectos tales como los efectos de la radiación solar y la absorción de dióxido de carbono y del agua. Los índices a los que se llega pueden parecer complicados, y difíciles de determinar fuera de instituciones de investigación bien dotadas, pero cabe pocas dudas de que los nuevos métodos son mejores.

Estos capítulos generales sirven como base a los estudios de casos a los 14 cultivos que se examinan en detalle. Sirven para analizar, en cada cultivo, los factores que influyen en el rendimiento final. Así para el garbanzo, el rendimiento por planta es determinado más por el número de vainas que por el número de semillas por vaina o el tamaño de grano; a su vez, el número de vainas depende del número total de nudos. La capacidad fotosintética es ahora más importante cuando ya se conoce más las diferentes clases de fotosíntesis y se ha determinado ya la distribución de las especies cultivadas entre esas clases. Desde que Hatch y Slack determinaron en 1966 la ruta C4 de fotosíntesis en la caña de azúcar (*Biochem. J.* vol. 101, p. 103; Cf. Turrialba 21:4), se ha tratado de ubicar a cada especie en su tipo de fotosíntesis correspondiente. Ahora se sabe que todos los cultivos de clima templado y la mayor parte de la vegetación natural templada, fotosintetiza por la vía de Calvin o ciclo C3. Las plantas C4 incluyen a la mayoría de los pastos y cereales tropicales, excepto el arroz, y unas pocas dicotiledoneas de origen tropical de poca importancia económica. La fotosíntesis C4 se reconoce que tiene ventajas, especialmente en ambientes secos o calientes. El mejoramiento de estas especies C4 tiene gran potencial pues no se han hecho con ellas los esfuerzos de muchos años en mejorar sus rendimientos (exceptuando, quizás, a la caña de azúcar). Se considera que especies como el sorgo y el millo (*Pennisetum*) no rinden actualmente más energía alimenticia utilizable que el arroz, la yuca y otras especies C3, que han sido mejoradas genéticamente por largo tiempo. Por eso se considera que los cultivos C4 tienen un potencial de mejoramiento en sus rendimientos, mediante selecciones de mejores índices de cose-

cha y otros componentes del rendimiento. Cabe mencionar que hay un tercer ciclo de fotosíntesis, el CAM ("crassulacean acid metabolism"), en el que las plantas abren sus estomas sólo de noche, lo que las hace capaces de una alta eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, son de crecimiento lento, y las únicas especies CAM de importancia agrícola son el sisal y la piña.

Posteriormente a la confirmación de que los "superpastos" tropicales ocurren en los trópicos y a la descalificación que hacen los autores de este volumen, de los pastos C4 de las zonas templadas como de menor eficiencia fotosintética, se han descubierto tres especies como buenas candidatas para los programas europeos de energía a base de biomasa (*New Scientist* vol. 111, no. 1522, p. 26, 1986). Steve Long y Marion Bingham, de la Universidad de Essex, en Colchester, Inglaterra, han identificado tres especies gramíneas templadas, de tipo C4, que fotosintetizan tan eficientemente como las especies tropicales, y pueden también resistir también fuertes inviernos. Una de ellas crece en el noroeste de Canadá y las otras en Europa Occidental. También se pueden mejorar las plantas C3, que por depender de la fotorespiración para su fotosíntesis, pierden mucho más del CO₂ que extraen de la atmósfera que las plantas C4, si se pudiera reducir o evitar esta pérdida tal como lo propuso Marx (*Science* vol. 179, p. 365).

Como dijimos anteriormente, el título del libro indica que se trata de las plantas como café, cacao, caña de azúcar y frutales. Sin embargo, en la parte general, se da cuenta de resultados de estudios sobre coeficientes de reflexión de las radiaciones por plantas de caña de azúcar y cacao (p. 10-12), de asociación de raíces con microorganismos en caña de azúcar (p. 109), de tensión acuífera en cafetos y caña de azúcar (p. 63). Los 14 cultivos escogidos representan probablemente la opinión de los editores sobre los cultivos de las regiones más necesitadas de mejoramiento económico o, quizás, a que alguno de los autores comprometidos no ha cumplido con enviar su contribución, lo que ha ocurrido en algunos intentos anteriores de obras colectivas similares. Uno se queda en la duda. También, uno se pregunta por qué, si en el prefacio (p X), se dice que "... la humanidad no vive sólo de cereales", lo que no indica mucha simpatía hacia estas gramíneas, y puede explicar la exclusión del arroz, en cambio se incluye el maíz. Si se ha querido limitar los ejemplos a los cultivos alimenticios que no requieren procesamiento industrial, uno se pregunta por qué se ha incluido entonces al algodón y al tabaco.

En general, la extensión con que se trata cada cultivo es pareja, con un promedio de 28 páginas cada uno, con un máximo de 48 para el caupí (*Vigna*)

y un mínimo para el tabaco y el ñame (*Dioscorea*). Los cultivos incluidos pertenecen a las gramíneas, como el maíz, el sorgo y los millos; a las leguminosas como el frijol, el caupi, el garbanzo y el mani; a plantas de productos subterráneos como la yuca, el camote, el ñame, el tiquisque (*Xanthosoma*) y la malanga (*Colocasia*)... y... el mani.

La exclusión del arroz es sensible pues se trata del cereal que más se cultiva en este planeta, y de indudable origen tropical (lo que no ocurre con el garbanzo). De las 24 especies conocidas del género *Oryza*, el mayor número de ellas se concentra en el África Central; otra área importante en especies silvestres es Malaya y Filipinas (3). En América Latina se produjeron grandes progresos en su cultivo en los novecientos treinta, y poco más tarde en Colombia, como lo reconocen sus editores en el prefacio (p. XIII). En el Perú se ensayaron y adoptaron las prácticas del transplante del arroz y la nivelación de los campos, lo que se difundió en su zona arrocerá, aumentando los rendimientos hasta quedar entre los más altos del mundo, superando en algunos años a los obtenidos en Italia y España, como lo señalé en esa época (1). Llama también la atención, al tratar del algodón, que el relato sobre el origen de sus tipos sea incompleto. Al hablar de la dispersión del *Gossypium barbadense*, no menciona sino a la ocurrida hacia el Caribe (el 'Sea Island'), y hacia África (los algodones egipcios), pero omite la evolución de la raza que permaneció en el Perú, de la que surgieron tipos muy especiales, representados por la variedad "Tangüis", que contribuyeron a que la producción peruana de algodón alcanzara rendimientos entre los más altos del mundo, de una fibra larga y áspera, que permitió su mezcla con la lana de ovinos y creó, por esta razón, una demanda en Europa, principalmente en Gran Bretaña, antes de la aparición de las fibras sintéticas. Esta omisión puede deberse a que los autores de la contribución sobre algodón laboran en Nueva Gales del Sur, Australia, un lugar bastanté alejado de los trópicos.

Los casos del arroz y del algodón en el Perú los tengo en la mente desde hace algún tiempo a raíz de la llamada "revolución verde", al notar que en las décadas de los novecientos veinte a los novecientos cincuenta, estos cultivos, junto con los de la caña de azúcar y yuca, tuvieron aumentos de productividad en el Perú, que los colocaron entre los más altos del mundo. Esto, como lo comenté en esa época (2), fue el resultado de la aplicación de los principios agrónomi-

cos a la producción agrícola como consecuencia principal de la fundación de la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, y de la Estación Experimental Agrícola de La Molina. Al ocurrir después los éxitos de programas internacionales dirigidos al mejoramiento del maíz, del trigo, y del arroz, financiados originalmente por la Fundación Rockefeller, fenómeno al que periodistas franceses llamaron "revolución verde", pensé que esta "revolución" había tenido antecedentes en nuestros países. Además del Perú en los cuatro cultivos mencionados, podríamos mencionar a Costa Rica, cuyo mejoramiento del cultivo del café después de la segunda guerra mundial es un ejemplo también de una "revolución verde", y constituye además un ejemplo de una singular orientación de los servicios de extensión agrícola recién fundados; a Colombia, Venezuela y Nicaragua en el algodón, también después de 1944. Esta información, con otra que estoy reuniendo, forma parte de un estudio, todavía en germinación, sobre los antecedentes de la "revolución verde".

Una pequeña observación adicional. Me ha agrada- do ver en este libro que las bibliografías de cada capítulo siguen en trabajos de varios autores, un orden uniforme, al estilo de Turrialba, es decir, que no se cambia el orden de las iniciales de los nombres a partir del segundo autor. El poner cuatro iniciales juntas (a veces más), como sucede en muchas revistas de los Estados Unidos, puede dar lugar a errores tipográficos. Por eso, preferimos las reglas del IICA (de Turrialba) y de los libros ingleses) de poner siempre, en las bibliografías, primero el apellido y después las iniciales, para cada uno de los coautores.

ADALBERTO GORBITZ
EDITOR EMERITO IICA
APARTADO 218 - 2100 GUADALUPE
COSTA RICA

LITERATURA CITADA

1. GORBITZ, A. 1953. La agricultura peruana en 1952. *Vida Agrícola* 30(350):3-18.
2. GORBITZ, A. 1956. Reseña sobre el volumen de las estadísticas de la FAO. *La Prensa*, Lima, 27-X-56.
3. LEON, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, IICA, 487 p (Textos y Materiales de Enseñanza No. 18)

Notas y comentarios

Identificación genética de las abejas asesinas

Las abejas africanizadas, a menudo llamadas abejas asesinas, han estado incrementándose desde que fueron liberadas por accidente, hace 28 años, de un laboratorio del Brasil. Ocupan ahora la mayor parte de América del Sur y Central, muchas veces desalojando a las más plácidas abejas europeas.

Ya se han detectado unas pocas colonias aisladas en los Estados Unidos y se teme que, en los próximos cinco años, enjambres masivos atraviesen las fronteras sureñas de ese país. Pero, los apicultores ansiosos de combatir a las invasoras podrían tener pronto una nueva técnica para identificarlas.

El problema es saber cómo determinar la dispersión de las abejas africanizadas. Apariciones aisladas como la encontrada en el verano de 1985 en California pueden ser exterminadas y los colmenares comerciales de la zona mantenerse en cuarentena. Pero, conforme aumenten los números de enjambres de abejas africanizadas, se necesitarán métodos de control más rígidos. Las existencias de enjambres de los criadores comerciales tendrían que ser certificados como no africanos o como híbridos aceptables. Y los criadores tendrían que introducir regularmente en sus colmenas nuevas reinas, para evitar que las abejas africanizadas se adueñen del poder. Además, se piensa instigar programas de selección genética para encontrar híbridos más dóciles.

Estas medidas parecen sencillas, pero hay un problema. Las abejas africanizadas son estructuralmente muy similares a las abejas europeas, de ascendencia italiana. De hecho, las abejas africanizadas y las abejas europeas se clasifican ambas como *Apis mellifera*, aunque agrupadas en subespecies separadas. Los híbridos entre las dos son aún más difíciles de distinguir; en la actualidad la identificación se consigue mediante análisis morfométricos complejos que incluyen cuidadosas mediciones de características tales como las venas de las alas.

Ahora, Glenn Hall, en el laboratorio Lawrence Berkeley, en la Universidad de California, ha encontrado una manera de distinguir las abejas africanizadas de las europeas (*Proc. Nat. Ac. Sci. USA*, vol. 83, p. 13). Usando técnicas de ingeniería genética, ha descubierto diferencias en el DNA de las dos subespecies de abejas. Hall aisló el DNA de tres muestras de larvas de abejas obreras europeas obtenidas en California y de larvas de abejas obreras africanizadas

obtenidas de Costa Rica. Cada muestra fue tratada separadamente con nueve enzimas de restricción, con el objeto de cortar el DNA en fragmentos. Las enzimas de restricción reconocen y cortan secuencias específicas de nucleótidos en el DNA. Si ocurren diferencias entre las muestras de DNA dentro de estas secuencias, ellas se mostrarán en el tipo de fragmentos producidos.

Las pruebas revelaron fragmentos de DNA, ya sea presentes en la muestra de africanizadas y ausentes en todas las muestras de europeas, o viceversa. Estas tuvieron como consecuencia por lo menos 12 diferencias en el DNA. Hall intenta tomar más muestras de una amplia gama de poblaciones de abejas para verificar esta conclusión y establecer si estas diferencias en los fragmentos son únicas para la subespecie africanizada y puedan también ser usadas para identificar los híbridos. Adalberto Gorbitz.

Arañas que comen polen

Las telarañas circulares de las arañas juveniles de jardín pueden hacer algo más que enredar a insectos voladores. Risa Smith, de la Universidad de Columbia Británica y Thomas Mommsen, de la Universidad de Dalhousie, en Canadá, notaron que en la primavera, cuando los insectos voladores son escasos, las arañitas continuamente enrollan y desmantelan sus telas, a pesar del hecho de que en casi el 90 por ciento de las telas no habían capturado ninguna presa.

Las arañas normalmente desmantelan sus telas con regularidad. La seda se deteriora y pierde sus cualidades adhesivas, pero la reconstrucción requiere una considerable inversión la que, en ausencia de alimento disponible, parece difícil de justificar.

El examen microscópico de estas telas mostró que ellas habían atrapado grandes números de microorganismos y, en especial, polen y esporas fungosas. En el pasado se había sugerido que las telas que habían sido cubiertas de tales detritus son menos eficaces para coger insectos, pero Smith y Mommsen no estaban convencidos de que esta era una explicación adecuada de la repetida construcción de telas. Se formaron la hipótesis de que las jóvenes arañas se alimentaban del material acumulado en sus telas.

Alimentaron tres grupos de arañas de jardín (*Araneus diadematus*) en su segunda muda, con diferentes dietas: polen de abedul (*Betula* spp), esporas de hongos y áfidos. A un cuarto grupo no se le dio alimentos.

Encontraron que las arañas alimentadas con polen sobrevivían, en promedio, más del doble de tiempo que las que ayunaron o que comieron esporas de hongos, las que no les gustaron a las arañas. Las comedoras de polen también tejieron nuevas telas más a menudo. Cuanto más tiempo se deja la tela, mejores son las posibilidades de atrapar un insecto, pero si la tela acumula una cantidad de nutritivo polen, el consumir y reconstruir telas puede ser una estrategia alimenticia más eficaz.

Esto es especialmente pertinente para las arañas en segunda muda, que han sobrevivido ya una muda y han continuado por una o más semanas adicionales, sin más alimento que de las reservas de la yema del huevo del que emergieron (*Science* vol. 226, p. 1330).

Sorprendentemente, las arañitas alimentadas con polen vivieron más tiempo que las que comieron áfidos, pero eran incapaces de efectuar mudas. Algunas vivieron hasta 36 días sin mudar, mientras que las alimentadas con áfidos mudaban normalmente después de pasados ocho a diecinueve días. El polen como único elemento, entonces, no es una dieta adecuada para una supervivencia prolongada.

Esto podría ser debido a un déficit nutritivo en el polen transportado por el aire. Al contrario del polen recogido activamente por los insectos, el polen que lleva el viento contiene generalmente sólo trazas del aminoácido tirosina, que es esencial para la formación de una nueva cutícula. A.G.

Los helechos arbóreos necesitan sus faldas

Muchos helechos arbóreos retienen en su estado silvestre sus frondes viejos, muertos o en proceso de morir, los que permanecen pegados pero colgando para formar una especie de "falda" alrededor del tronco. Las faldas de los helechos arbóreos varían según la especie y la edad del desarrollo, desde una masa de frondes enteros que llegan casi hasta el suelo, hasta restos esqueléticos de frondes que rodean sólo la parte superior del tronco. Hasta hace poco, nadie sospechaba que estas faldas tienen una función biológica importante.

Después de un ataque de una mosquita blanca de invernadero en el Jardín Botánico Real de Edimburgo, las faldas fueron eliminadas de varios ejemplares maduros del helecho arbórico australiano *Dicksonia antártica*. Este helecho tiene una falda de varios frondes muertos que cubren el tronco hasta la mitad

de su altura. Una vez que fueron eliminadas las faldas, unas plantas trepadoras que vivían en la parte baja del tronco crecieron rápidamente hacia arriba, alcanzando la cima de los troncos en unos pocos meses. Allí, las trepadoras formaron una masa espesa enredada que dañaba severamente los nuevos frondes que emergían. Fue necesaria una eliminación rápida para evitar un daño de proporciones grandes; hay poca duda de que si no se hubiera hecho esto, los helechos arbóreos hubieran perecido (*Journal of Ecology*, vol 74, p. 787).

Los helechos arbóreos difieren de la mayoría de los árboles en tener sus sensitivos puntos de crecimiento confinados a una pequeña área en el ápice del tronco. Observaciones en helechos arbóreos en Nueva Zelanda sugieren que la función de las faldas es prevenir que las plantas trepadoras alcancen los puntos de crecimiento. Un helecho arbórico de Nueva Zelanda que no tiene falda, el *Cyathea dealbata*, sucumbe frecuentemente al daño de las trepadoras. Aquellos helechos arbóreos con faldas evitan este destino porque las trepadoras no pueden colonizar el tronco que está rodeado por la falda. A.G.

Nuevas luces sobre la fotosíntesis

La mayoría de los seres vivos son nutridos, a final de cuentas, por una máquina de energía solar, gigante y verde, que llamamos fotosíntesis. Su función es convertir la energía de la luz, el dióxido de carbono y el agua, en carbohidratos ricos de energía que alimentan a las plantas y, eventualmente, por la vía de la cadena alimenticia, a casi toda la vida animal. En el momento actual, un equipo combinado de químicos holandeses y australianos está ahora arrojando nueva luz sobre la fotosíntesis, usando compuestos químicos especiales para elaborar un modelo de los primeros, y más importantes, eventos que impulsan el proceso entero, esto es, la transferencia de electrones. Sus resultados también revelan aspectos, hasta ahora desconocidos, de los procesos de transferencia de electrones que podrían tener influencia en la nueva clase de materiales para la industria electrónica, los llamados conductores "moleculares".

Uno de los pasos más cruciales en este proceso ocurre cuando los primeros pocos mil millonésimos de segundo (nanosegundos según la notación SI) después de la absorción de fotones. Bastante adentro de las células de las plantas, están los pequeños cloroplastos. Estos constituyen los lugares para todas las transacciones de la fotosíntesis. Las membranas delicadamente dobladas de los cloroplastos mantienen

conjuntos de moléculas de clorofila dispuestas como antenas moleculares. Cuando absorben fotones, se vuelven electrónicamente excitados y pasan su energía de excitación a un par de moléculas de clorofila. Su tarea es atrapar esta excitación en la forma de electrones energéticos.

Los electrones excitados son pasados entonces a un sistema de moléculas en la membrana, que usa la energía electrónica para sintetizar moléculas que contienen fosfato. Una de éstas, el trifosfato de adenosina (ATP), es el intermediario en la unión fotosintética del dióxido de carbono y el agua, que crea a los carbohidratos.

Muchos científicos desearían ser capaces de imitar estos pasos en la transferencia de electrones; principalmente mucho se podría aprender para avanzar en el desarrollo de mecanismos para captar la energía solar. El problema, según la experiencia tenida hasta ahora con modelos artificiales, es que cuando se mezclan en una solución los ingredientes apropiados, sobrevienen desastrosas pérdidas de energía. Si se desea una transferencia eficiente, de energía o electrones, las moléculas involucradas deben entonces estar atadas en membranas aisladas eléctricamente y lo suficientemente separadas para evitar pérdidas por la vía de procesos reversibles. Y todavía queda el enigma de cómo y qué sucede cuando se realiza la transferencia. Esta es la tarea que acometió el equipo conjunto holandés-australiano.

John Warman, el Instituto del Reactor Interuniversitario en Delft, H. Oevering, de la Universidad de Amsterdam, y el equipo australiano dirigido por N.M. Paddon-Row de la Universidad de Nueva Gales del Sur, sintetizaron una familia de cuatro compuestos que contenían dimetoxinaftaleno, como donadores de electrones, y dicianoetileno, como del grupo de aceptadores de electrones. El donador y el aceptador fueron ligados mediante una rígida "malla" de ligazones carbono-carbono que variaban en longitud de compuesto a compuesto (*Nature*, vol. 320, p. 615).

Tales "mallas" o "redes" son ideales para asegurarse que la transferencia de electrones, del donador al aceptador, sea en un solo sentido. La luz laser ultravioleta es dirigida dentro de la parte de dimetoxinaftaleno de la molécula, la que absorbe algunos fotones y se vuelve fotoexcitada. En otras palabras, un electrón en el dimetoxinaftaleno es elevado a un nivel más alto de energía. Pero el electrón excitado tiene que cruzar la malla de ligazones carbono-carbono para transferir al aceptador de electrones dicianoetileno.

El equipo ha realizado ya varias experiencias más, que sería algo largo detallar. La transferencia de elec-

trones no debe ocurrir en estos primeros modelos. Pero el hecho es que el electrón excitado pasa a través de la malla casi tan rápido como los primeros pasos de transferencia de electrones en la fotosíntesis. Lo que es más, el dipolo eléctrico que se forma por la transferencia (con la carga positiva en el donador y la carga negativa en el aceptador) es muy grande, mucho más grande que lo que se ha medido hasta ahora en moléculas fotoexcitadas con orbitales moleculares de donador/aceptador acoplados.

Esto muestra que la transferencia de electrones es muy eficiente y que el descoplamiento de los orbitales moleculares donador/aceptador maximiza la conversión de energía luminosa en energía eléctrica potencial. En otras palabras, las ligazones carbono-carbono de las mallas están pasando al electrón excitado a través del espacio que separa al donador del aceptador.

Esta es una conclusión interesante. Primero, algunas de las moléculas involucradas en los primeros dos pasos de la transferencia de la fotosíntesis también tienen largas cadenas de ligazones carbono-carbono en contacto una con otra. Segundo, los hallazgos del equipo holandés-australiano podrían tener ramificaciones para el diseño de conductores moleculares. Estos podrían ser fabricados dentro de circuitos moleculares, en los que las moléculas cumplirían las funciones de los "chips" semiconductores actualmente favorecidos por la industria electrónica. Esto permitiría, piensan algunos asociados al equipo, que los ingenieros miniaturizarán los componentes eléctricos aún hasta el nivel molecular. A.G.

Poder vitamínico hace florecer a las plantas

La vitamina ácido nicotínico, más conocida como niacina, es esencial a la salud humana. Previene la peligrosa, enfermedad que causa lesiones a la piel, molestias digestivas y trastornos nerviosos. Un grupo de químicos y botánicos de Japón y Estados Unidos cree que el ácido nicotínico también ayuda a las plantas a florecer.

El ácido nicotínico es común en los reinos vegetal y animal. Es un componente vital de las enzimas involucradas en mover los iones de hidrógeno, o electrones, y en conversiones entre proteínas, grasas y carbohidratos. En años recientes, los botánicos han encontrado que varios de los otros ácidos fenólicos, particularmente los ácidos benzoico y salicílico, ayudan a florecer a varias plantas. Pero ninguno de estos puede

clasificarse por sí solo como "hormonas de floración". La búsqueda de una verdadera hormona de floración que se manifiesta en el momento de florecer en un momento exacto del año, cuando las horas de luz diurna son exactamente las justas, ha estado en marcha por décadas. Varias combinaciones de los reguladores del crecimiento vegetal, tales como las auxinas, son eficaces pero sólo en ciertos casos.

La menuda planta acuática flotante *Lemna* es un espécimen conveniente para estos estudios. Algunas especies florecen en respuesta a días cortos y otras a días largos; una hormona de floración debería activarse tanto en los individuos de días cortos como en los de días largos. Shozo Fujika, en el Instituto de Investigaciones Físicas y Químicas, en Wako, Japón, en trabajos con su equipo, maceró dos especies de *Lemna* en floración. Una fue de días cortos y otra de días largos.

Separaron los varios componentes químicos de las plantitas mediante la cromatografía de columna y encontraron que varias de las fracciones químicas de ambas especies provocaban la floración en las *Lemna* de días cortos. Claramente, estos eran factores poten-

tes en la floración, pero ¿qué cosa eran ellos? Los análisis con espectrografía de masa y de resonancia magnética nuclear revelaron que uno de los ingredientes activos era el ácido nicotínico (*Plant Cell Physiology*, vol. 27, p. 103).

Cuando se proporcionó ácido nicotínico sintético a la planta de *Lemna*, se produjo el mismo efecto. Así que ¿habrían por fin encontrado los botánicos lo que estuvieron buscando? Parece que no del todo. Al igual que sus parientes cercanos, los ácidos benzoico y salicílico, los niveles de ácido nicotínico no son afectados por las horas de luz del día, cuyo cambio provoca la floración. Y aunque los niveles de ácido nicotínico son más altos que los de ácido benzoico, no lo hacen completamente un agente de floración potente (*Plant Cell Physiology*, vol. 27, p. 109). En realidad, todos estos ácidos fenólicos podrían interaccionar con uno o más factores, sin identificar todavía. Las perspectivas para la aplicación del descubrimiento en la agricultura están, por consiguiente, todavía remotas. Pero el uso comercial del ácido nicotínico para provocar la floración es una interesante perspectiva A.G.