

CRECIMIENTO, FENOLOGIA Y ACUMULACION DE BIOMASA EN UNA POBLACION EXPERIMENTAL DE MAIZ (*Zea mays* L.), EN BARVA, COSTA RICA

Luko Hilje

Escuela de Ciencias Ambientales
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Hernán Rodríguez

Escuela de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

RESUMEN

Tanto el número de hojas como la biomasa de la población de maíz estudiada aumentaron en forma no lineal durante el ciclo del cultivo; el crecimiento en altura mostró un patrón sigmoideo. Las estructuras reproductivas, que aparecieron diez semanas después de sembrada la semilla, aportaron la mayor parte de la biomasa de la planta hacia el final del ciclo del cultivo. Si bien existe una secuencia definida en cuanto a la aparición de las espigas y las mazorcas, estos eventos fenológicos no se pudieron predecir utilizando los métodos de días-calendario ni de días-calor.

ABSTRACT

Number of leaves and total biomass of a corn population increased non-linearly during the growing season; increase in plant height followed a sigmoid pattern. Reproductive structures, evident ten weeks after planting, contributed to the largest proportion of biomass gain at the end of the growing season. Although tasseling and silking are defined events in the phenology of corn, their appearance could not be predicted by means of either calendar days or degree-days in this study.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) representa no solo uno de los cultivos de mayor importancia en Costa Rica, históricamente, sino también el segundo de los granos básicos en el volumen de su producción (SEPSA, 1982). Es cultivado desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.m., en todas las zonas agrícolas de importancia económica (Bonilla, s.f.) y se le utiliza en forma directa por el hombre y los animales, como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados, como harina y en forma de otros derivados del grano o de sus partes vegetativas (Bonilla, s.f.).

La necesidad de elevar los rendimientos de este cultivo ha conducido a la selección de variedades de buena producción y adaptadas a zonas agrícolas particulares. Bonilla (s.f.) enumera trece de estas variedades mejoradas y SEPSA (1982) cita diecisiete variedades presentes en el país. Puesto que la producción de nuevas variedades debe incorporar consideraciones no solo genéticas y de productividad, sino también ecológicas, en cuanto a la respuesta de la planta al clima, la fertilidad de los suelos, el efecto de los insectos, las enfermedades y las malezas, entre otros, se hace necesario emprender estudios acerca de estas áreas.

Si bien es cierto existe información pertinente y detallada en cuanto al crecimiento y la fenología del maíz, como la presentada por Sayre (1947) y Hanway (1971), y una guía pictórica preparada por la FAO a partir de los datos de Hanway (1971) y del Departamento de Agricultura de E.E.UU., creemos necesario estudiar el crecimiento particular de algunas variedades locales e, incluso, de adaptar los esquemas universales existentes, para la interpretación de su comportamiento. Así, la presente investigación tuvo como propósito validar la información ya citada, para una población de maíz actualmente en experimentación en el Laboratorio de Genética Vegetal de la Universidad Nacional (UNA).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Finca Santa Lucía, estación experimental de la Universidad Nacional, en Barva, Heredia. La finca está situada a $10^{\circ}01'$ de latitud norte y $84^{\circ}07'$ de longitud oeste, a 1.220 m.s.m., su precipitación anual es de 2.376,5 mm y su temperatura promedio anual de 19.7°C . El área corresponde a la zona de vida de bosque húmedo de premontano (Tosi, 1969), en el Valle Central de Costa Rica.

Se trabajó en una parcela experimental del Laboratorio de Genética Vegetal de la UNA, en la que se plantó la sexta generación filial del cruzamiento de las variedades Tico H5 y Nuevo León Variedad Sintética (NLVS-1E). La semilla, fertilizada con una mezcla 100-75-30, se sembró el día 16-V-84, en un área de 962.5 m^2 , con distancias de siembra de 0,5 m entre plantas y 0,75 m entre hileras, lo cual corresponde a 5.120 plantas. Las observaciones se extendieron hasta el 24-IX-84.

Los datos fueron registrados semanalmente, para lo cual se escogieron dos puntos aleatoriamente, uno para cada observador, cerca de los bordes de la parcela, a partir de los cuales se tomó datos cada tres pasos (2,5 m), hasta que cada observador completara 50 puntos de muestreo; al finalizar una hilera, el observador se desplazaba en sentido inverso, a dos hileras de distancia de la última hilera muestreada.

En cada punto de muestreo se midió la altura de la planta, se contó su cantidad de hojas y, cuando fue pertinente, se anotó la cantidad de estructuras reproductivas. Para medir la altura de la planta se colocó una regla de 2 m de longitud al lado de ella y se anotó la distancia comprendida entre su base y el ápice de la hoja superior más lar-

ga. En el recuento del número de hojas se anotaron todas, incluyendo las secas. Para las estructuras reproductivas, se consideró como flor masculina cerrada a la espiga visible, que no haya liberado el polen, y como flor masculina abierta a la que ya lo ha liberado. La flor femenina cerrada es la yema axilar, desde que es visible y hasta que produce los estigmas, momento a partir del cual se la clasifica como mazorca joven. La mazorca desarrollada es aquella en la que los estigmas empiezan a perder turgencia y secase, mientras que en la mazorca sazona ellos ya están totalmente marchitos.

Para obtener los datos del peso se dispuso de una subparcela de 10 m^2 , de la que cada semana se extraían diez plantas representativas del momento fenológico típico de la fecha. Al principio de la temporada las plantas, despojadas de la tierra asociada con sus raíces, fueron cortadas manualmente y pesadas en una balanza de laboratorio Ohaus®; luego, tras separar las partes reproductivas de las vegetativas, fueron cortadas con una máquina picadora de pasto y pesadas en una balanza de uso comercial. Luego de pesado, el material fue deshidratado en una estufa y, días después, se pesó de nuevo.

Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica presente en la finca (IMN-084111).

La parte del estudio referida al crecimiento y fenología fue repetida en el año 1985, pero hacia el final de la temporada las mazorcas sazonas fueron robadas y resultó imposible completar el ciclo fenológico.

Los datos fueron sometidos a análisis de correlación y regresión lineal, utilizando el paquete estadístico INFOSTAT. Para el estudio de las relaciones entre la fenología del cultivo y la acumulación de días-calor se utilizó el valor de 10°C como la temperatura base, puesto que es aquella a partir de la cual la planta de maíz exhibe actividad metabólica (Mederski *et al.*, 1973), y se contabilizaron los grados acumulados desde la fecha de la siembra. Se computaron los datos con las fórmulas presentadas por Mederski *et al.* (1973) y Sevacherian *et al.* (1977), esta última supuestamente más precisa; ambas se basan en las temperaturas máxima y mínima diarias, así:

$$\text{Días-calor} = [(\text{Máx.} + \text{Mín.}) / 2] - 10 \text{ (Mederski et al.)}$$

$$\text{Días-calor} = 6 [\text{Máx.} + \text{Mín.} - 2(10)] \text{ (Sevacherian et al.)}$$

CUADRO 1. Datos de los pesos frescos y secos, expresados en gramos, para las partes vegetativas y reproductivas del maíz. Finca Santa Lucía, 1984.

Fecha	Semana desde la siembra	PARTES VEGETATIVAS			PARTES REPRODUCTIVAS		
		Peso Fresco	Peso Seco	Biomasa* (%)	Peso Fresco	Peso Seco	Biomasa (%)
28-5-84	1	8,0	2,4	30,00	---	---	---
4-6-84	2	33,4	3,5	10,48	---	---	---
11-6-84	3	81,0	10,4	12,84	---	---	---
18-6-84	4	203,6	35,0	17,19	---	---	---
25-6-84	5	378,7	59,7	15,76	---	---	---
2-7-84	6	913,0	119,5	13,08	---	---	---
9-7-84	7	2.488,5	338,6	13,60	---	---	---
16-7-84	8	4.183,0	616,1	14,73	---	---	---
23-7-84	9	7.260,0	966,1	13,30	---	---	---
30-7-84	10	9.712,0	1.488,5	15,31	315,0	43,0	13,65
6-8-84	11	8.793,0	1.466,5	16,67	1.400,0	210,0	15,00
13-8-84	12	11.456,0	2.036,5	17,77	2.216,5	666,5	30,06
20-8-84	13	10.449,5	2.396,5	22,93	4.006,5	946,5	23,62
27-8-84	14	10.339,5	2.306,5	22,30	4.606,5	766,5	16,63
3-9-84	15	10.269,5	2.266,5	22,07	5.536,5	1.236,5	22,33
10-9-84	16	9.703,5	1.926,5	19,85	5.756,5	1.311,5	22,78
17-9-84	17	8.123,0	1.991,5	24,51	5.286,5	1.326,5	25,09
24-9-84	18	7.683,0	1.691,5	22,01	4.586,5	1.786,5	38,95

* Representación porcentual del peso seco con respecto al total del peso fresco.

RESULTADOS

El número de hojas aumentó casi linealmente, aproximadamente en una por semana, hasta estabilizarse en 13 ó 14 por planta (Fig. 1); el número máximo observado fue de 16. Sin embargo, se debe anotar que las dos hojas más viejas mueren durante el crecimiento de la planta y luego quedan enterradas, por las labores de aporca, de modo que no fueron contabilizadas al final. Existe una relación altamente significativa entre la cantidad de hojas y la altura de la planta ($p < 0,01$, $r = 0,93$).

La planta aumentó su altura en forma sigmoidea y exhibió tres fases de crecimiento bien definidas (Fig. 1). Durante las primeras cinco semanas el

crecimiento fue relativamente lento, mostrando una tasa promedio de 5,18, y se aceleró entre la 5ª y la 12ª semanas, alcanzando una tasa promedio de 7,75; la fase final muestra una estabilización de la altura, alrededor de los 230 cm. La altura máxima registrada fue de 265 cm.

El peso fresco vegetativo se incrementó en forma curvilínea conforme creció la planta (Fig. 2) y se estabilizó alrededor de los 10.000 g (Cuadro 1). Aunque la tasa promedio de incremento fue de 2,31, en las primeras semanas se registraron valores de hasta 4,17. El patrón de crecimiento está asociado, de manera altamente significativa, con la cantidad de hojas ($p < 0,01$, $r = 0,89$) y con la altura de la planta ($p < 0,01$, $r = 0,97$). El peso seco

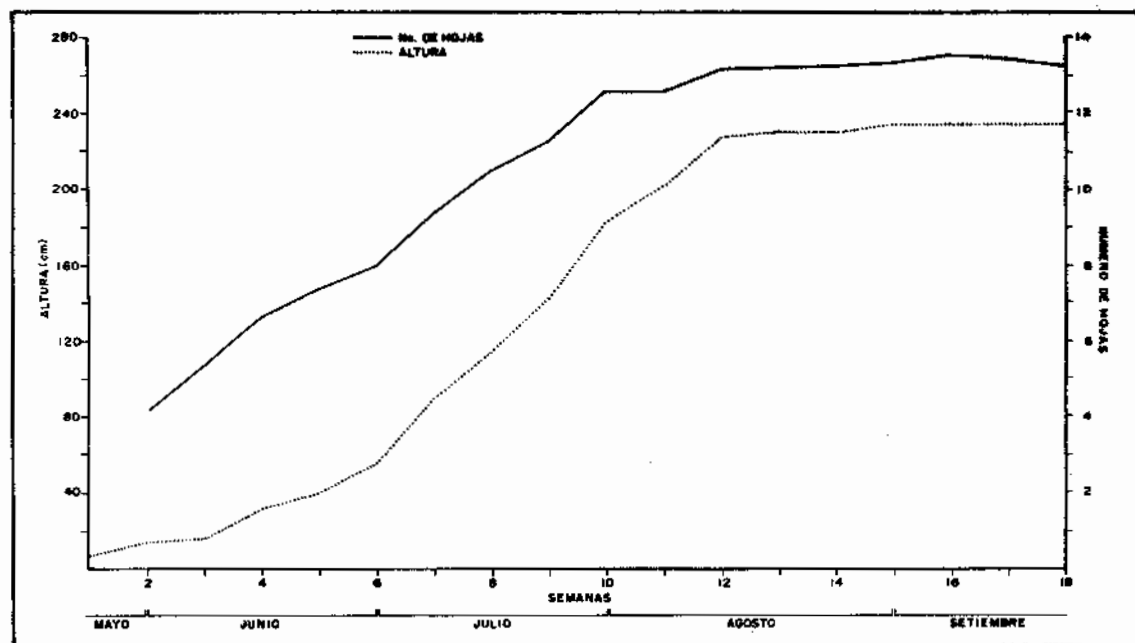


FIGURA 1. Promedios de crecimiento en altura (cm) y de aparición de hojas en el maíz, desde la siembra hasta la cosecha. Finca Santa Lucía, 1984.

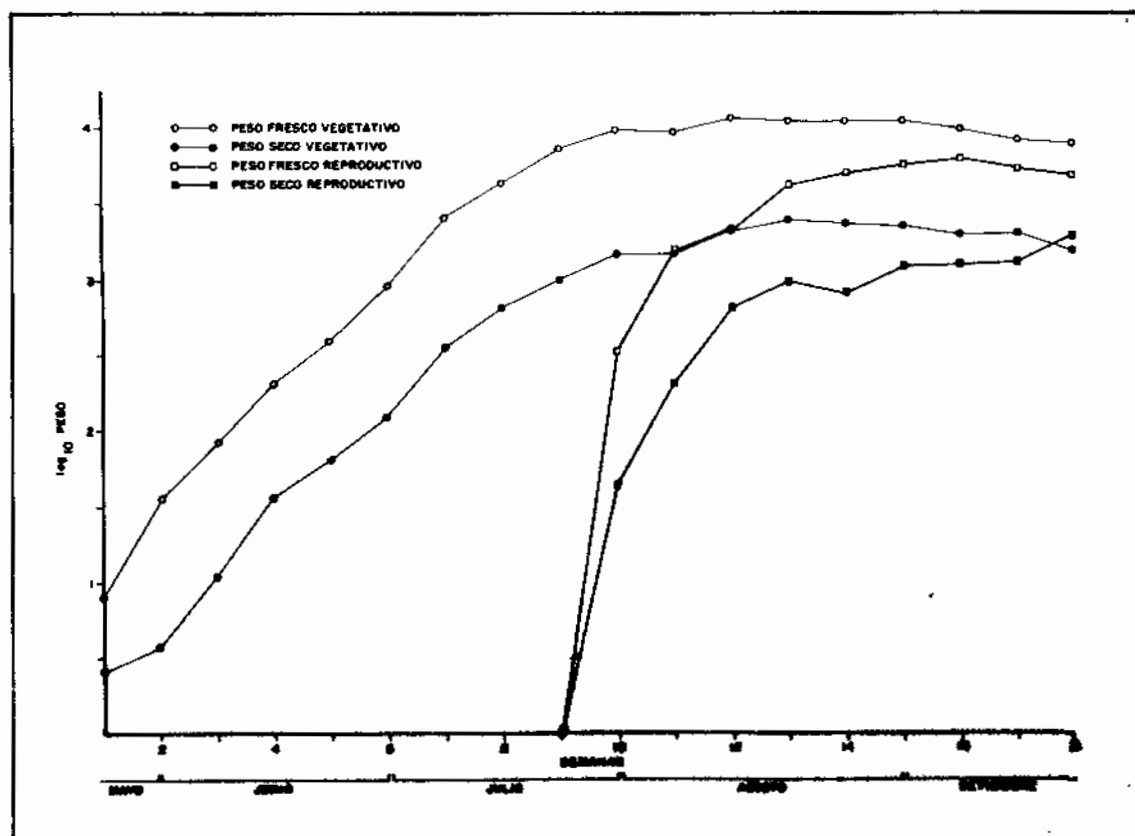


FIGURA 2. Ganancia en los pesos vegetativo y reproductivo del maíz, expresada en gramos, desde la siembra hasta la cosecha. Finca Santa Lucía, 1984.

vegetativo mostró un patrón de incremento análogo al del peso fresco (Fig. 2) y se estabilizó alrededor de los 2.300 g (Cuadro 1); su tasa promedio de incremento fue de 2,13, pero en las primeras semanas hubo valores de hasta 3,36. La relación entre ambos pesos es altamente significativa ($p < 0,01$, $r = 0,96$).

El contenido de agua de las partes vegetativas varió entre un 70 y un 89,52 % y alcanzó valores mayores al inicio de la temporada del cultivo. En esta época la acumulación de biomasa o materia seca fue de un 10,48 %, que luego aumentó hasta alcanzar un valor máximo de 24,51 % (Cuadro 1). A la biomasa vegetativa debe adicionarse la reproductiva, que hacia el final de la temporada alcanzó un 38,95 % (Cuadro 1); de los 3.478 g de biomasa acumulada hasta la última fecha de la temporada, el 48,63 % correspondió a la biomasa vegetativa y el 51,37 % a la reproductiva. Las partes reproductivas contienen poca agua, según lo revela la proximidad de las curvas del peso fresco y seco (Fig. 2), aunque la distancia entre ellas luego se amplía. El peso fresco se estabilizó alrededor de los 5.500 g, mientras que el peso seco lo hizo cerca de los 1.300 g. La relación entre ellos es altamente significativa ($p < 0,01$, $r = 0,94$).

Las estructuras reproductivas se observaron a

partir de la décima semana desde la siembra de la semilla (Fig. 2). Las flores masculinas o espigas alcanzaron su máximo una semana después (Cuadro 2, Fig. 3) y ya en ese momento algunas habían mostrado antesis o liberación del polen; a las tres semanas prácticamente todas estaban abiertas. Las espigas, ya desprovistas de polen, permanecen en la planta hasta el final de la temporada, lo cual explica la constancia de la curva de flores abiertas (Fig. 3). Las flores femeninas cerradas, nunca más de tres, fueron producidas continuamente durante la temporada del cultivo, pero mostraron su máximo en la 11ª semana (Fig. 3); ellas pronto empiezan a producir los estigmas, de modo que el máximo de mazorcas jóvenes fue alcanzado en las semanas 12ª y 13ª. La curva de mazorcas desarrolladas no mostró un pico tan definido como las de las categorías anteriores, aunque sí hubo uno en la 14ª semana (Fig. 3). Las mazorcas sazonas aparecieron desde la 13ª semana y su cantidad aumentó continuamente, mostrando una curva acumulativa (Fig. 3). Al final de la temporada (Cuadro 2) se tenían 131 estructuras femeninas, 94 de las cuales (71,75 %) eran mazorcas sazonas, 24 eran desarrolladas (18,32 %) y 4 eran jóvenes (3,05 %) y 9 eran flores cerradas (6,87 %); debe aclararse que se omitió determinar si las mazorcas jóvenes contenían granos formados.

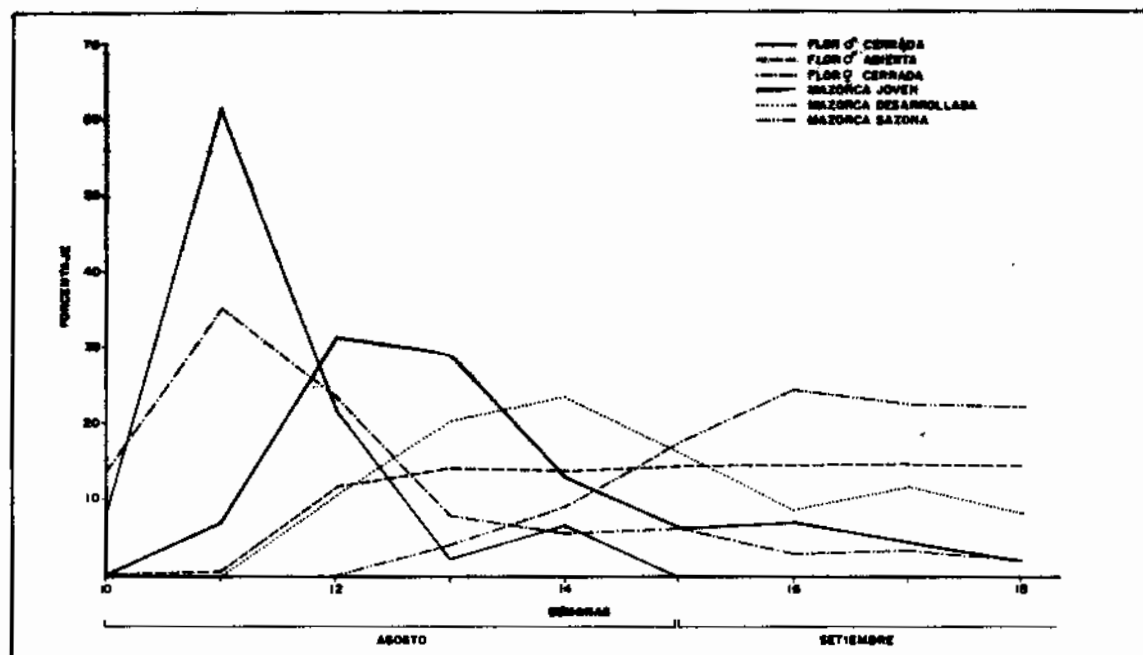


FIGURA 3. Manifestación de eventos fenológicos particulares de las partes reproductivas del maíz, expresada como el porcentaje del total de estructuras de cada categoría o evento presentes durante la etapa reproductiva del cultivo. Finca Santa Lucía, 1984.

CUADRO 2. Número de estructuras reproductivas del maíz en diferentes estados fenológicos. Finca Santa Lucía, 1984.

Fecha	Semana desde la siembra	Flores masculinas cerradas	Flores masculinas abiertas	Flores femeninas cerradas	Mazorcas jóvenes	Mazorcas desarrolladas	Mazorcas sazonas	Total estructuras femeninas
30-7-84	10	7	0	57	0	0	0	57
6-8-84	11	54	10	151	13	0	0	164
13-8-84	12	19	81	101	60	31	0	192
20-8-84	13	2	98	34	56	59	17	166
27-8-84	14	6	94	25	25	69	37	156
3-9-84	15	0	100	27	12	48	73	160
10-9-84	16	0	100	13	13	25	103	154
17-9-84	17	0	100	14	8	34	95	151
24-9-84	18	0	100	9	4	24	94	131
		88	--	431	191	290	419	--

Las variables meteorológicas consideradas (temperatura promedio, máximas y mínimas, precipitación y humedad relativa) no exhibieron relaciones significativas con ninguna de las variables de la planta (altura, hojas, pesos, categorías fenológicas), y su discusión se omite en este análisis. Sin embargo, sí se calculó el calor acumulado necesario para la manifestación de ciertos eventos fenológicos (Cuadro 3), en lo cual se incluyó algunos datos del estudio del año 1985, que fue truncado. De la información resultante se puede concluir que

ninguno de los métodos es confiable para predecir aquellos eventos.

DISCUSION

La población de maíz estudiada produjo un promedio de 13-14 hojas por planta (Fig. 1), que podría aumentar hasta 15-17, de contabilizarse las hojas desaparecidas al ser efectuada la aporca. Aún así, ella exhibe menos hojas que la variedad utilizada como referencia "universal", una variedad de

CUADRO 3. Predicción de eventos fenológicos relevantes en el maíz, mediante dos métodos para calcular días-calor* y mediante días-calendario. Finca Santa Lucía, 1984 y 1985.

	1984			1985		
	Nº días-calendario	Nº días-calor (A)	Nº días-calor (B)	Nº días-calendario	Nº días-calor (A)	Nº días-calor (B)
Aparición de espigas	73	725	17.350	64	635	15.015
50 % de espigas	88	860	20.599	70	703	16.655
Inicio de antesis	81	793	18.965	70	703	16.655
50 % de antesis	88	860	20.599	77	769	18.348
Aparición de estigmas en mazorcas	81	793	18.965	74	740	17.547
50 % de mazorcas con estigmas	88	860	20.599	77	769	18.348

* Métodos de Mederski et al. (A) y Sevacherian et al. (B).

precocidad intermedia plantada en la zona central de Iowa (Hanway, 1971), la cual desarrolla 20 hojas. Puesto que las hojas emergen del tallo y éste les sirve de soporte, lógicamente se detectó una relación altamente significativa entre la altura de la planta y su cantidad de hojas. La altura alcanzó un máximo de 230 cm en promedio, manifiesto a partir de la 12ª semana (cerca de 80 días) luego de la emergencia de la planta (Fig. 1). Risch y Hansen (1982) presentan datos acerca del crecimiento de la variedad Tuxpeño Crema-1 en Turrialba, Costa Rica, que alcanza algo más de 180 cm de altura a los 70 días luego de plantada, pero su experimento fue cosechado en esa fecha, por lo que el máximo no se pudo registrar.

El patrón sigmoideo observado en el crecimiento de la planta (Fig. 1), típico del crecimiento numérico en las poblaciones y del crecimiento corporal de los individuos de muchas especies (Pearl, 1925), se evidencia parcialmente en los datos de Risch y Hansen (1982). En cierta forma, cabría esperar que dicho patrón se manifestara en los gráficos referidos a la producción de biomasa (Fig. 2), según lo sugieren algunas cifras presentadas por Sayre (1947) y Hanway (1971) acerca de la acumulación de biomasa. Sin embargo, la producción de biomasa vegetativa mostró un patrón diferente, que indica que tanto las plantas recién emergidas como las juveniles aprovechan eficientemente la luz solar, el agua y los nutrientes para fotosintetizar y acumular biomasa en forma relativamente rápida, casi lineal, la cual empezó a estabilizarse cerca de la 10ª semana, justo cuando aparecieron las estructuras reproductivas (espigas y yemas axilares) (Fig. 2). Lógicamente, existe una relación altamente significativa entre la ganancia en biomasa y la cantidad de hojas y la altura de la planta, puesto que estas últimas son indicadoras indirectas del área foliar y del grosor del tallo, respectivamente, que constituyen el tejido vegetativo acumulado.

Las partes reproductivas mostraron un patrón con un incremento súbito inicial, dado que aún sin haber aparecido externamente ya ellas existían en forma primordial o "embrionaria". De hecho, parte de la biomasa contabilizada como vegetativa debe haber sido reproductiva *sensu stricto*, pero en el campo no era diferenciable como tal. Es interesante destacar el predominio, en cantidad, de la biomasa reproductiva sobre la vegetativa hacia el final de la temporada del cultivo y, además, el descenso en casi todos los pesos (Fig. 2). Sin embargo, se aprecia que el peso seco reproductivo tendió más bien a aumentar, lo cual podría ser explicado en términos de que hay una traslocación de nutrien-

tes desde las partes vegetativas hacia las reproductivas, como lo observó Sayre (1947) en cuanto al nitrógeno, fósforo y potasio, y una pérdida de agua en los granos (Sperling, 1977). El grano maduro contiene almidón (77 %), azúcar (2 %), proteínas (9 %), aceite (5 %) y sales (2%) (Inglett, 1970). Además, al ser cosechado el experimento todavía había un 18 % de mazorcas desarrolladas y un 3 % de mazorcas jóvenes, lo cual revela que el proceso de sazónamiento no había concluido aún, de modo que sería esperable que la biomasa reproductiva continuara aumentando durante cierto período. No obstante, el incremento observado en el peso seco reproductivo podría deberse también a un efecto artificial originado por el tamaño de la muestra, que fue apenas de diez plantas por semana, lo cual también explicaría el comportamiento un tanto errático observado en ciertas fechas (Fig. 2).

El descenso final de los otros pesos, también observado por Hanway (1971), se explica porque la planta, tras alcanzar su madurez fisiológica ve reducida su capacidad fotosintética, invierte parte de sus reservas en su mantenimiento y pierde minerales que, por traslocación, se reincorporan al suelo (Devlin, 1970).

En cuanto a las estructuras reproductivas, tanto las espigas o panículas (flores masculinas cerradas) como las yemas axilares (flores femeninas cerradas), aparecieron diez semanas luego de la siembra, es decir, unos 63 días después de la emergencia de las plantas, lo cual se aproxima a la cifra de 66 días indicada por Hanway (1971); no obstante, la población estudiada es considerada como precoz, de 98-105 días, y debería alcanzar la floración (el 50 % de las plantas con espiga) 47 días luego de la siembra (W. Navarro, comunicación personal). La cifra citada se alcanzó a los 70 días y este retraso de 23 días es atribuible a la disminución en el brillo solar asociada con la excesiva precipitación registrada durante la temporada del cultivo (W. Navarro, comunicación personal), que prolongó hasta los 128 días la fecha para cosechar el experimento. Las espigas, que alcanzaron su máximo de abundancia en la 11ª semana, sufrieron la antesis en forma relativamente rápida, entre las semanas 11ª-13ª, en coincidencia con el período durante el cual las flores femeninas estaban receptivas (conversión de flores femeninas cerradas en mazorcas jóvenes, con los estigmas desarrollados) (Fig. 3). Durante este período la afluencia de abejas, *Apis mellifera* L., a las espigas fue muy notoria y aunque ellas no actúan como polinizadoras directas, ya que la polinización es anemófila (Robles,

1978), podría ser que al extraer el polen en las espigas desprenderían granos que podrían depositarse sobre los estigmas receptivos.

A partir de la fecundación aparecen las mazorcas desarrolladas, que representan un estadio intermedio, de crecimiento de los granos, los cuales sufren una sucesión desde el estado de ampolla, acuoso, hasta varias condiciones del estado pastoso que culminan en la producción de granos duros e indentados, característicos de la mazorca sazona. Las mazorcas sazonas alcanzan su máximo en la 16ª semana luego de la emergencia de la planta (Fig. 3), dos semanas después del máximo de mazorcas desarrolladas. La ganancia en biomasa reproductiva observada a partir de la 14ª semana debe corresponder casi exclusivamente a la acumulación de almidón en el endospermo, mientras que la ganancia en fechas previas debe corresponder principalmente a la formación de las estructuras de sostén (olote) y cobertura (tusa) en la mazorca, y de las paredes de los granos. Sperling (1977) documentó, para tres variedades en Tlaltizapán, área subtropical de México, que la biomasa en el grano muestra un patrón sigmoideo de acumulación, cuya primera fase coincide con un crecimiento lineal de la biomasa del olote y del contenido de agua de éste. Luego, en la fase logarítmica de la curva, que dura tres semanas, el crecimiento del olote se desacelera; cuando la acumulación de biomasa en el grano alcanza el punto de inflexión, el grano comienza a perder agua.

La relación entre las etapas de desarrollo de la planta y las variables meteorológicas no puede ser analizada conforme a los criterios utilizados para plantas herbáceas silvestres con ciclos anuales, puesto que el maíz es un cultivo comercial adapta-

do por selección artificial a un ámbito de condiciones relativamente amplio. En tal sentido, solamente se consideró la relación entre ciertos eventos fenológicos y la acumulación térmica, para valorar la capacidad predictiva de este método, importante para el establecimiento de fechas óptimas para la fertilización, las prácticas agrícolas, el combate de insectos, enfermedades y malezas, la realización de cruces experimentales, entre otros, en el cultivo de maíz. Las fórmulas de Mederski et al. (1973) o Sevacherian et al. (1977), ni tampoco los días-calendario, permitieron predecir confiablemente las fechas de aparición de las espigas, de estigmas, floración, etc. (Cuadro 3), lo cual debe ser el resultado de contar con apenas dos temporadas del cultivo y una sola parcela experimental. No obstante, incluso Mederski et al. (1973) hallaron diferencias en la relación de los días-calor con la fenología del maíz, tanto entre años como entre variedades, en Ohio. Es interesante descatar que, en general, las cifras obtenidas por ellos para las fechas de producción del 50 % de las espigas y del 50 % de las mazorcas con estigmas se aproximan a las obtenidas por nosotros (de 658 a 802 días-calor para el primer evento, y de 698 a 848 para el segundo).

El grado de predicción que el método de días-calor permita para el cultivo de maíz, como se ha logrado para otros cultivos (Mederski et al., 1973), implicará experimentalmente contar con parcelas múltiples, sembradas en diferentes épocas y, preferiblemente, en diferentes localidades. Pero también consideramos necesario incorporar quizá los valores de precipitación, para así elaborar un algoritmo que describa mejor, especialmente para regiones tropicales, el efecto correlativo de la temperatura y la humedad y su impacto sobre la fenología de los cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los señores Willy Navarro A., M.Sc. y Jorge Madriz, del Laboratorio de Genética Vegetal de la Universidad Nacional, el permiso para realizar este trabajo en su parcela experimental; a los señores Fernando Ramírez, M.Sc. y Fabio Blanco R., M.Sc. su colaboración en el análisis estadístico de los datos; al Sr. Francisco Hodgson F., la elaboración de las figuras; a Nuria Wong W., la realización del trabajo mecanográfico.

LITERATURA CITADA

- Bonilla, N. s.f. El cultivo del maíz. CAFESA, Costa Rica.
- Devlin, R.M. 1970. Fisiología vegetal. Omega, Barcelona.
- Hanway, J.J. 1971. How a corn plant develops. Special Report N° 48. Iowa State University-Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- Inglett, G.E. 1970. Kernel structure, composition and quality. In: Corn: Culture, processing, products. pp. 123-137. AVI Publishing, Westport, Connecticut.
- Mederski, H.J., M.E. Miller and C.R. Weaver. 1973. Accumulated heat units for classifying corn hybrid maturity. Agron. J., 65: 743-747.
- Pearl, R. 1925. The biology of population growth. Alfred A. Knopf, Inc., New York.
- Risch, S.J. and M.K. Hansen. 1982. Plant growth, flowering phenologies, and yields of corn, beans and squash grown in pure stands and mixtures in Costa Rica. Jour. Appl. Ecology, 19: 901-916.
- Robles, R. 1978. Producción de granos y forrajes. 2a. ed. Limusa, México.
- Sayre, J.D. 1947. Mineral accumulation in corn. Proc. 2nd Corn Res. Conf., pp. 18-24. Amer. Seed. Trade Assoc.
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (SEPSA). 1982. Información básica del sector agropecuario y de recursos naturales renovables de Costa Rica. N° 2. Costa Rica.
- Sevacherian, V., V.M. Stern and A.J. Mueller. 1977. Heat accumulation for timing *Lygus* control measures in a safflower-cotton complex. J. Econ. Entomol., 70 (4): 399-402.
- Sperling, D. 1977. Aspectos agronómicos de la producción de maíz de alta calidad proteínica. In: Maíz de alta calidad proteínica. Compendio de las ponencias presentadas en el Simposio Internacional CIMMYT-Purdue. pp. 165-177. Limusa, México.
- Tosi, J.A., Jr. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical, Costa Rica.