

# RENDIMIENTO Y COMPOSICION QUIMICA DE LAS PARTES VEGETATIVAS DEL AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*, L.) EN DIFERENTES ETAPAS FISIOLOGICAS<sup>1</sup>

*Maria Antonieta Alfaro,<sup>2</sup> Aníbal Martínez,<sup>3</sup> Ramiro Ramírez<sup>3</sup>  
y Ricardo Bressani<sup>4</sup>*

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C. A.

## RESUMEN

El género *Amaranthus* comprende las especies conocidas comúnmente como bledos, que al igual que otros vegetales de consumo tradicional, son fuente de nutrientes esenciales para el hombre. Los bledos o amarantos tienen buena aceptación como parte de la dieta del guatemalteco, lo que debe aprovecharse para incrementar su cultivo.

Fundados en lo expuesto, se llevó a cabo la presente investigación, buscando el estado de madurez fisiológica más adecuado de corte para el consumo de las hojas de amaranto.

En el trabajo de campo se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y ocho repeticiones. Dichos tratamientos consistieron en realizar la cosecha a los 25, 40 y 60 días después de la emergencia de las plántulas. Se evaluaron las variables: altura de planta, número de hojas, área foliar, peso bruto (peso de hojas y tallos), peso neto (peso de hojas), y rendimientos en materia verde, materia seca y proteína. Se determinó, asimismo, la composición química del material cosechado, que incluyó el análisis del contenido de materia seca, humedad en fresco, humedad residual, proteína, carbohidratos, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, calcio, fósforo, hierro, beta-carotenos y oxalatos.

Los resultados obtenidos en el estudio agronómico fueron sometidos a análisis de varianza para el diseño respectivo, encontrándose una diferencia significativa entre tratamientos para todas las variables en estudio. Los resultados del análisis bromato-

---

Manuscrito modificado recibido: 4-6-86.

- 1 Este estudio fue parcialmente financiado por NAS, INC-NUT-380/PN/85-85/CA.
- 2 Estudiante tutorial en la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), procedente de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala.
- 3 Catedráticos de la Facultad de Agronomía de la USAC.
- 4 Coordinador de Investigación y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.  
Publicación INCAP E-1211.

lógico fueron analizados a su vez, con un diseño por completo al azar, encontrándose diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas, excepto en cuanto a extracto etéreo, calcio, hierro y oxalatos.

Desde el punto de vista nutricional, el primer corte fue el más aceptable debido a la composición química de la planta, especialmente en lo referente al contenido de proteína (29.5 g<sup>0</sup>/o), beta-carotenos (33.7 mg<sup>0</sup>/o), calcio (2,356.1 mg<sup>0</sup>/o), fósforo (759.1 mg<sup>0</sup>/o) y, dado su bajo contenido de fibra cruda, sólo 11.1 g<sup>0</sup>/o. No ocurrió así desde el punto de vista agronómico, ya que en esta etapa se obtuvieron rendimientos en materia verde (575.9 kg/ha), materia seca (66.6 kg/ha), y proteína (19.7 kg/ha) sumamente bajos.

En el segundo corte, además de obtener rendimientos adecuados de materia verde (6,530.4 kg/ha), materia seca (681.8 kg/ha) y proteína (154.3 kg/ha), también se obtuvo una composición química aceptable en lo que al contenido de proteína (22.7 g<sup>0</sup>/o), beta-carotenos (24.1 mg<sup>0</sup>/o), calcio (2,279.8 mg<sup>0</sup>/o), fósforo (740.9 mg<sup>0</sup>/o) y hierro (52.7 mg<sup>0</sup>/o) se refiere. Ajeno a ello, el contenido de fibra cruda no aumentó excesivamente (14.3 g<sup>0</sup>/o). Se concluyó, por lo tanto, que ésta es la mejor edad para realizar la cosecha en comparación con los cortes efectuados a los 25 y 60 días después de la emergencia.

Por último, se observó que el corte a los 60 días dio los mayores rendimientos de materia verde (24,272.8 kg/ha), materia seca (3,452.0 kg/ha) y proteína (510.7 kg/ha). No obstante, la calidad del material disminuyó considerablemente debido al bajo contenido de proteína (14.4 g<sup>0</sup>/o) y al aumento de fibra cruda (17.0 g<sup>0</sup>/o). Consecuentemente, se concluyó que no debe esperarse hasta los 60 días para efectuar la cosecha.

El contenido de oxalatos —factor de toxicidad— se mantuvo en un promedio de 4.6 a 4.4 g<sup>0</sup>/o para el primer y tercer corte, cantidades que pueden considerarse inofensivas para consumo humano si se tiene en cuenta que una buena parte de los mismos se destruye con la cocción.

## INTRODUCCION

Aun cuando hace mucho tiempo el amaranto fue un alimento importante para los nativos de América, su cultivo llegó casi a extinguirse durante la Colonia. En la actualidad, debido al alto valor nutritivo del grano y de la parte vegetativa, en diversas partes del mundo se realizan estudios de investigación, cuyo objeto es promover su cultivo y utilización (1-8).

En México, por ejemplo, se ha emprendido una serie de estudios que abarcan desde el cultivo de la planta en diversas condiciones climatológicas y edafológicas hasta investigaciones más específicas. Estas incluyen las características bromatológicas del tallo, hojas y semillas, así como su utilización en la dieta humana (5, 9, 10).

En cuanto a los rendimientos de hojas, éstos pueden variar de acuerdo al clima, la fertilidad del suelo, la aplicación de fertilizantes, y la densidad de plantas utilizadas, pero también debe tenerse en cuenta la edad de las plantas al momento de la cosecha (2, 11-13).

Spillari (14), informa que existe gran variabilidad en el contenido de nutrientes en cinco cultivares de amaranto, encontrando, en su estudio, que el contenido de proteína variaba de 20.2 a 28.9 g<sup>0</sup>/o, con un promedio de 25.4 g<sup>0</sup>/o. La fibra cruda fluctuaba entre 9.0 y 15.2 g<sup>0</sup>/o (promedio de 11.7 g<sup>0</sup>/o), y la ceniza, entre 16.2 y 18.3 g<sup>0</sup>/o, siendo el contenido promedio de 17.3 g<sup>0</sup>/o. El contenido promedio de minerales, en base seca,

fue el siguiente: calcio, 2,184 mg<sup>o</sup>/o; fósforo, 633 mg<sup>o</sup>/o, y hierro, 53.7 mg<sup>o</sup>/o.

Abbott y Campbell (1), Sánchez (9) y Oomen y Grubben (15) mencionan que las hojas de amaranto son excepcionalmente ricas en calcio y que contienen más fibra, niacina y ácido ascórbico que la espinaca (*Spinacea oleracea*), aunque los niveles de proteína, hierro y otros minerales son similares. Otros estudios informan datos similares (11, 13).

Según Devadas y Saroja (16), las dietas que contienen amaranto son excelente fuente de beta-caroteno. Esto es de interés si se considera que una de las deficiencias nutricionales de que adolece la población humana de Guatemala es la carencia de vitamina A y de hierro. Sin embargo, en las hojas pueden encontrarse también substancias antinutricionales (14). Tanto en las semillas como en el follaje de amaranto se encuentran presentes algunas substancias como saponinas, fenoles, oxalatos y nitratos. Estos últimos se pueden convertir en nitritos, causantes de toxicidad en el humano y en los animales (17).

Der Marderosian *et al.* (18) encontraron valores promedio de 0.43 y 0.54% de nitratos en las hojas y 1.72% en los tallos, mientras que los niveles de oxalato determinados fueron, en promedio, 3.4 y 5.6% en las hojas, y 0.63% en los tallos (en base seca). Estos niveles son similares a los constatados en otras verduras (19), por lo que los autores concluyen que la presencia de esta substancia no reduce significativamente la excelente calidad nutricional del amaranto, sobre todo en vista de que puede ser eliminada con el agua de cocción (13).

No obstante, Cheeke y Bronson (17) y Spillari (14), encontraron efectos negativos en el crecimiento de ratas al ser alimentadas con la planta completa de *A. hypochondriacus*, lo que se atribuyó al contenido de saponinas en la semilla, presente en la inflorescencia. Este efecto se redujo a través de la cocción, lo que sugiere la presencia de un factor tóxico que se destruye por el calor (2).

El estudio que aquí se expone, tuvo por objeto determinar el efecto de la edad fisiológica sobre el rendimiento y composición química del material vegetativo del amaranto.

## MATERIAL Y METODOS

### 1. Localización y Manejo del Experimento

El amaranto fue cultivado en el Centro Experimental de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala durante los meses de marzo a mayo de 1984.

El terreno se preparó 20 días antes de la siembra mediante un paso de arado y tres pasos de rastra. La semilla fue depositada por posturas, a una distancia de 50 cm entre hileras y de 35 cm entre postura en parcelas de tres metros de ancho por 3.5 m de largo, con seis hileras por parcela. El área de cosecha (parcela neta) fue de dos metros de ancho por 3.15 metros de largo, es decir, cuatro hileras centrales y ocho posturas en cada hilera. En total, se contó con 24 parcelas, ubicadas en 323 m<sup>2</sup>. Se utilizó un diseño de bloques al azar, los que se sometieron a tres tratamientos y ocho repeticiones.

En el primer mes de cultivo se aplicaron riegos superficiales dos veces por semana. Posteriormente, y hasta el final de la evaluación, el riego fue aplicado cada 10 ó 12 días. Veinte días después de la siembra se hizo necesaria una aplicación de Folidol M480 para el control de tortuguillas. Una vez establecidas las parcelas, también 20 días después de la siembra se hizo un entresaque, dejando dos plantas en cada postura.

A los 25, 40 y 60 días de la emergencia (32, 47 y 67 días después de la siembra), las parcelas se cosecharon cortando las plantas 5 cm arriba del suelo a fin de evaluar el rendimiento. Durante el experimento se registraron datos sobre días de emergencia; y en 15 plantas por parcela, altura de la planta al momento del corte, peso de hojas y tallo de la planta, peso neto de hojas sin incluir los peciolos de cada una, número de hojas y promedio de área foliar tomando dos medidas de ancho de la lámina foliar (a y b) y largo de la lámina (L) en cinco hojas de cada planta, de manera que:

$$\text{Área foliar} = \frac{a + b}{2} \times L$$

Además, se obtuvo el peso total de materia verde de cada parcela. En el corte realizado 60 días después de la emergencia, no se incluyó el peso de la inflorescencia. Seguidamente, en cada parcela neta se tomó una muestra de 15 plantas, las que fueron utilizadas para su análisis bromatológico.

Las muestras debidamente identificadas se llevaron al laboratorio, donde se pesaron y almacenaron bajo refrigeración a 4°C hasta el momento de emplearlas para los análisis respectivos.

Las muestras fueron lavadas y el material vegetativo se cortó en pedazos de aproximadamente una pulgada con cuchillo de acero inoxidable. El material, colocado en bandejas de papel aluminio, fue sometido a deshidratación durante 16 horas, en un horno caliente a la temperatura de 60°C. Este material se pesó de nuevo para determinar su porcentaje de humedad en fresco, luego se molieron las muestras en un molino Wiley a un grueso de 40 mallas y se almacenaron en frascos de vidrio. Todas las muestras fueron analizadas para determinar su contenido de humedad residual, nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, calcio, fósforo y hierro, y beta-carotenos, utilizando los métodos de la AOAC (20). El contenido de oxalato se determinó por el método descrito por Burrows (21).

Seguidamente, los resultados de campo fueron sometidos a análisis de varianza para un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y ocho repeticiones. Asimismo, los resultados del análisis bromatológico fueron analizados con un diseño por completo al azar. Se realizó la prueba de Tukey en los casos en que hubo significancia, y análisis de regresión lineal simple entre el porcentaje de nutrientes con respecto a la época de corte.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de campo y de los análisis químicos con sus respectivos

análisis de varianza, se resumen en las Tablas 1 y 2. El análisis de Tukey de los resultados de campo y análisis químicos, se exponen en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

Con base en el análisis de varianza efectuado para todas las variables estudiadas, se obtuvo una diferencia significativa en la altura de planta, número de hojas, área foliar, peso bruto, peso neto, materia seca, humedad en fresco, humedad residual, contenido de proteína, carbohidratos, fibra cruda, cenizas, fósforo y beta-carotenos. La diferencia también fue significativa en los rendimientos de materia verde, materia seca y proteína por parcela, por lo que era de esperar, asimismo, una alta significancia en materia verde, materia seca y proteína en kg/ha. Las únicas variables que no dieron diferencias significativas fueron el extracto etéreo, calcio y hierro, y los oxalatos.

En el caso específico de los cortes, se observó cierta tendencia creciente con respecto a la altura, número de hojas, peso bruto y peso neto, así como en hierro, fibra cruda, y carbohidratos totales.

De acuerdo a lo expuesto, la altura de la planta mostró rangos mayores a los 60 días después de la emergencia (108.7 a 153.1 cm) en comparación con el rango de altura obtenido en el primer corte a los 25 días después de la emergencia (8.6 a 13.4 cm). Es importante destacar que, según se aprecia en la Tabla 5, durante los primeros 25 a 30 días se manifestó un lento desarrollo de la planta (0.42 cm/día), el cual se aceleró a partir de los 40 días (1.69 cm/día). La misma tendencia fue observada en el área foliar, peso bruto, y peso neto, mientras que en el caso de las otras variables, esa tendencia no se hizo manifiesta.

Los promedios para altura de la planta fluctuaron entre 10.6 y 122.9 cm, número de hojas, de 9.2 a 30.8, peso bruto, de 5.1 a 283.5 g, el peso neto de 3.9 a 68.8 g, la materia seca, de 11.6 a 14.5%, humedad residual, de 4.5 a 6.6%, carbohidratos, de 41.0 a 55.3%, fibra cruda de 11.1 a 17.0% y hierro, de 45.8 a 57.1 mg% para el primer y tercer corte, respectivamente (Tablas 1 y 2).

En el caso de humedad en fresco, y los contenidos de proteína, calcio, fósforo y beta-carotenos, se presenta una relación inversa; es decir, que a mayor número de días de cosecha se obtiene menos concentración de estos nutrientes. Así, en la Tabla 2 se observa que la humedad en fresco varió de 88.4 a 85.5%, la proteína de 29.5 a 14.4%, el calcio de 2,356.1 a 2,173 mg%, el fósforo de 759.5 a 497.0 mg%, y los beta-carotenos de 33.7 a 18.3 mg%, para el primer y tercer corte, respectivamente. Asimismo, en la Figura 1 se aprecian las correlaciones obtenidas entre la edad fisiológica y el contenido de algunos nutrientes. Según se observa, a mayor número de días de cosecha se obtiene una menor concentración de carotenos y proteína, con aumentos en la fibra cruda y en los carbohidratos.

Con base en los datos obtenidos en peso bruto y peso neto, se deduce que el rendimiento en materia verde, materia seca y proteína en kg/ha va en aumento, lo cual se observa claramente en la Tabla 1; el rendimiento en materia verde asciende de 575.9 a 24,272.8 kg/ha, el rendimiento en materia seca, de 66.6 a 3,452.0 kg/ha y el rendimiento de proteína, de 19.7 a 510.7 kg/ha para el primer y tercer corte, respectivamente.

TABLA 1

## RESUMEN DE RESULTADOS DE CAMPO Y ANALISIS DE VARIANZA

Variable	Corte	Promedio	Mínimo	Máximo	DE	Fc	Ft (0.01)
Altura, cm	1	10.6	8.6	13.6	1.8		
	2	35.9	27.0	48.4	6.4	306.2	6.51 ++
	3	122.9	108.7	153.1	14.8		
Número de hojas	1	9.2	8.5	10.6	8.7		
	2	18.9	17.4	21.5	15.1	224.9	6.51 ++
	3	30.8	27.4	36.8	28.2		
Área foliar, cm <sup>2</sup>	1	23.02	14.41	34.42	6.4		
	2	93.46	82.50	105.42	7.2	49.1	6.51 ++
	3	99.88	79.68	159.79	26.5		
Peso bruto, g	1	5.1	3.9	7.5	1.3		
	2	90.6	69.5	126.8	20.2	32.5	6.51 ++
	3	283.3	215.4	548.9	122.8		
Peso neto, g	1	3.9	3.2	5.4	0.7		
	2	40.4	33.7	50.1	5.3	31.2	6.51 ++
	3	68.8	44.9	130.0	28.4		
Materia verde/parcela, g	1	362.8	272.0	581.2	105.1		
	2	4114.1	2306.0	7689.0	1869.7	52.4	6.51 ++
	3	15291.9	11093.5	24149.0	4615.3		
Materia seca/parcela, g	1	42.0	29.7	66.2	11.6		
	2	429.5	249.0	776.5	181.5	104.6	6.51 ++
	3	2174.8	1652.9	2994.5	479.3		
Proteína/parcela, g	1	12.4	8.9	20.2	3.7		
	2	6530.4	3660.3	12204.7	2968.0	28.9	6.51 ++
	3	24272.8	17608.7	38331.8	7327.0		
Rendimiento en materia verde, kg/ha	1	575.9	431.8	922.5	166.9		
	2	6530.4	3660.3	12204.7	2968.0	52.4	6.51 ++
	3	24272.8	17608.7	38331.8	7327.0		
Rendimiento en materia seca, kg/ha	1	66.6	47.1	105.1	18.4		
	2	681.8	395.2	1232.5	288.1	104.6	6.51 ++
	3	3452.0	2623.7	4753.2	760.9		
Rendimiento en proteína, kg/ha	1	19.7	14.1	32.1	18.4		
	2	154.3	95.3	276.1	66.8	28.9	6.51 ++
	3	510.7	327.9	957.8	213.5		

DE = Desviación estándar.

Fc = F calculada.

Ft = F. tabulada

++ = Significativa al 1% de probabilidad.

TABLA 2

## RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y ANALISIS DE VARIANZA

Variable	Corte	Promedio	Mínimo	Máximo	DE	Fc	Ft (0.01)
Materia seca, %	1	11.6	10.7	12.6	0.61		
	2	10.6	10.0	11.2	0.49	50.6	5.78
	3	14.5	12.4	16.2	1.15		++
Humedad en fresco, %	1	88.4	87.3	89.3	0.64		
	2	89.4	88.8	90.7	0.49	49.8	5.78
	3	85.5	83.8	87.6	1.15		++
Humedad residual %	1	4.5	3.9	5.1	0.40		
	2	6.1	4.8	8.0	1.13	14.8	5.78
	3	6.6	5.7	8.0	0.76		++
Proteína (N x 6.25) %	1	29.5	28.3	30.6	1.00		
	2	22.7	18.6	26.3	2.40	102.0	5.78
	3	14.4	12.0	20.2	2.60		++
Carbohidratos %	1	41.0	39.7	42.6	0.97		
	2	44.3	40.9	48.5	2.27	75.5	5.78
	3	55.3	47.8	58.0	3.44		++
Extracto etéreo, %	1	4.6	3.6	5.4	0.55		
	2	4.4	3.6	4.7	0.36	0.4	5.78
	3	4.4	3.7	5.2	0.52		NS
Fibra cruda, %	1	11.1	9.8	11.9	0.70		
	2	14.3	13.2	14.9	0.58	123.2	5.78
	3	17.0	15.5	18.1	0.93		++
Cenizas %	1	20.4	19.6	21.1	0.50		
	2	22.5	21.7	23.6	0.67	27.2	5.78
	3	19.3	17.9	21.2	1.25		++
Calcio, mg% /	1	2356.1	2095.5	2666.7	192.44		
	2	2279.8	2186.2	2543.8	114.30	2.8	5.78
	3	2173.5	1974.9	2338.9	147.33		NS
Fósforo mg% /	1	759.1	663.7	896.9	82.64		
	2	740.9	648.0	887.4	84.82	27.3	5.78
	3	497.0	425.8	652.7	69.20		++
Hierro, mg% /	1	45.8	36.3	66.2	8.90		
	2	52.7	34.4	68.8	10.20	2.86	5.78
	3	57.1	42.4	68.8	9.50		NS
Beta-caroteno, mg% /	1	33.7	32.5	35.6	1.02		
	2	24.1	18.4	27.6	3.10	38.19	5.78
	3	18.3	12.7	27.6	5.20		++
Oxalatos %	1	4.6	3.8	7.9	1.30		
	2	4.6	3.3	6.7	0.90	0.07	5.78
	3	4.4	3.8	4.9	0.40		NS

DE = Desviación estándar.

++ = Significativa 1% de probabilidad.

Fc = F calculada.

NS = No significativa 1% de probabilidad.

Ft = F tabulada.

TABLA 3

## PROMEDIO DE RESULTADOS DE CAMPO Y PRUEBA DE TUKEY

Variable	Corte	Promedio	Comparador
Altura, cm	1	10.6	12.46
	2	35.9	
	3	122.9	
Número de hojas	1	9.2	2.67
	2	18.8	
	3	30.8	
Área foliar, cm <sup>2</sup>	1	23.02	22.51
	2	93.46	
	3	99.88	
Peso bruto, g	1	5.1	92.50
	2	90.6	
	3	283.3	
Peso neto, g	1	3.9	21.56
	2	40.4	
	3	68.8	
Materia verde/parcela, g	1	362.8	3969.99
	2	4114.1	
	3	15291.9	
Materia seca/parcela, g	1	42.0	411.21
	2	429.5	
	3	2174.8	
Proteína/parcela, g	1	12.4	109.99
	2	97.2	
	3	321.8	
Rendimiento en materia verde, kg/ha	1	575.9	6301.80
	2	6530.4	
	3	24272.8	
Rendimiento en materia seca, kg/ha	1	66.6	652.52
	2	681.8	
	3	3452.0	
Rendimiento en proteína kg/ha	1	19.7	174.60
	2	154.3	
	3	510.7	

TABLA 4

## PROMEDIO DE RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO Y PRUEBA DE TUKEY

Variable	Corte	Promedio	Comparador
Materia seca, %	1	11.6	W = 1.02
	2	10.6	
	3	14.5	
Humedad en fresco, %	1	88.4	W = 1.02
	2	89.4	
	3	85.5	
Humedad residual, %	1	4.5	W = 1.03
	2	6.1	
	3	6.6	
Proteína (N x 6.25), %	1	29.5	W = 2.68
	2	22.7	
	3	14.4	
Carbohidratos, %	1	41.0	W = 3.08
	2	44.3	
	3	55.3	
Fibra cruda, %	1	11.1	W = 0.95
	2	14.3	
	3	17.0	
Cenizas, %	1	20.4	W = 1.09
	2	22.5	
	3	19.3	
Fósforo, mg %	1	759.1	W = 99.88
	2	740.9	
	3	497.0	
Beta-caroteno, mg%	1	33.7	W = 4.48
	2	24.1	
	3	18.3	

En este caso, cabe aclarar que el rendimiento en proteína acusa un incremento a pesar de que su concentración en la planta disminuye, debido a que el aumento en materia verde y materia seca es mayor del primer al tercer corte.

El hacer una comparación entre el rendimiento en materia verde, materia seca y proteína en kg/ha, en relación al porcentaje de proteína y porcentaje de fibra cruda, el corte a los 40 días después de la emergencia

TABLA 5

## CRECIMIENTO DEL AMARANTO EN TRES ETAPAS DE DESARROLLO

Etapa días	Número días	Altura cm	Crecimiento cm	Crecimiento cm/día
0 - 25	25	10.6	10.6	0.42
26 - 40	15	35.9	25.3	1.69
41 - 60	20	122.9	87.0	4.35

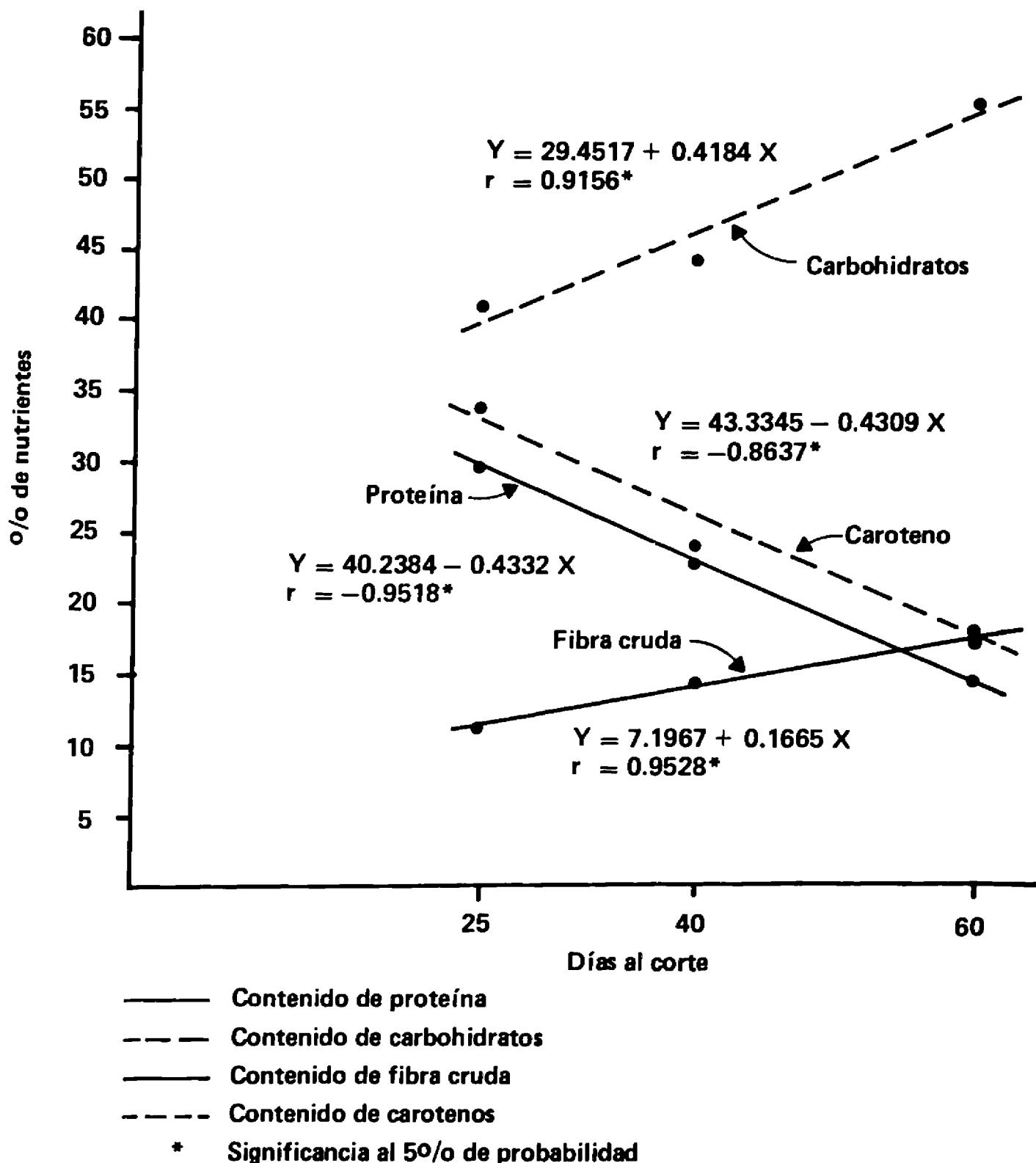


FIGURA 1

Relación entre el contenido de nutrientes con respecto a días al corte

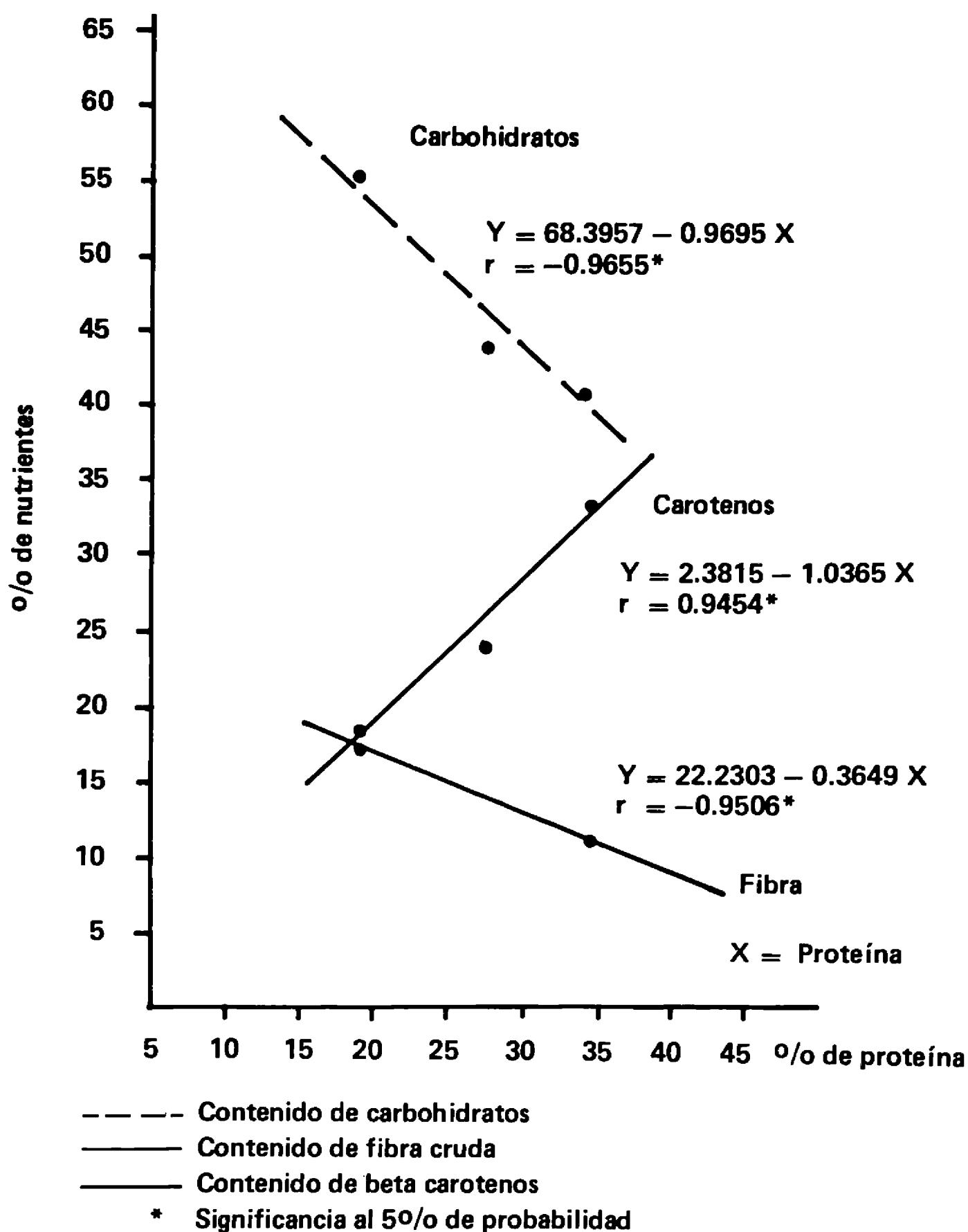


FIGURA 2

Relación entre el contenido de carbohidratos, fibra cruda y beta-carotenos, respecto al contenido de proteína

a pesar de no tener rendimientos globales mayores como el de 60 días, ofrece la ventaja de obtener un rendimiento adecuado de materia verde (6,530.4 kg/ha) y materia seca (681.0 kg/ha); el porcentaje de proteína

(22.7%) es también adecuado, y el aumento de fibra cruda (14.3%) no es tan elevado como el obtenido en el tercer corte (17.0%). Las concentraciones de calcio (2,279.8 mg%), fósforo (740.9 mg%) y hierro (52.7 mg%) son aceptables.

La relación entre el contenido de proteína con carbohidratos, fibra cruda y beta-carotenos, se aprecia en la Figura 2. Según los datos, los carbohidratos y la fibra cruda tienen una correlación inversa, mientras que los beta-carotenos tienen una correlación positiva con el contenido de proteína. Esto demuestra que el rendimiento en materia verde no debe ser el único parámetro para determinar la mejor época de corte, sino que también debe tenerse en cuenta la concentración de nutrientes esenciales que contengan las hojas durante el desarrollo de la planta.

En cuanto al contenido de oxalatos, no se observa ninguna tendencia a aumento o disminución de los mismos con respecto a la edad de la planta y se mantienen dentro de un promedio de 4.6 a 4.4% para el primer corte y para el tercero, respectivamente. Estos niveles no pueden considerarse tóxicos si se estima que un consumo de 100 g de materia verde estaría aportando aproximadamente 0.5 g de oxalato, 40% de lo cual se considera que es soluble y puede eliminarse con la cocción (17). Esta cantidad de oxalato ingerido no resultaría dañina para el humano, ya que no llega a cubrir la dosis letal, considerada como de 2 a 5 gramos de ácido oxálico (12).

## SUMMARY

### YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE BIOMASS OF AMARANTH (*Amaranthus hypochondriacus*, L.) AT THREE DIFFERENT PHYSIOLOGICAL STAGES

The genus *Amaranthus* comprises species which, consumed as vegetables, provide essential nutrients to man; they also have a high acceptability among the population. These two factors justify the need to increase their cultivation. Therefore, the purpose of this research was to establish the most adequate physiological state of maturity, to harvest the leaves for human consumption.

The field experiment utilized a randomized block design with three treatments and eight replications. These treatments consisted in harvesting the plants at 25, 40 and 60 days after emergence of the seedlings, samples which served to evaluate: plant height, number of leaves, leaf surface area, gross weight (leaves and stems), net weight (leaves), green matter and dry matter yield, as well as protein. The chemical composition of the harvested material was evaluated also in terms of moisture, protein, crude fiber, ether extract, ash, carbohydrate, calcium, phosphorus, iron, beta-carotene and oxalates.

The results obtained in the agronomic study were subjected to analysis of variance for the respective design, with significant differences found between treatments for all the variables studied. In its turn, the results of the chemical analysis were analyzed by a completely randomized design, with significant differences obtained for most of the variables studied, except for ether extract, calcium, iron and oxalates.

From the nutritional point of view, the first harvest was the most acceptable due to the chemical composition of the plant, in particular protein (29.5%), beta-carotene (33.7 mg%), calcium (2,356.1 mg%), phosphorus (759.1 mg%) and due to

its low crude fiber content, only 11.1 g<sup>o/o</sup>. It did not occur so from the agronomic point of view, since during this stage, very low yields of green matter (575.9 kg/ha), dry matter (66.6 kg/ha) and protein (19.7 kg/ha) were obtained.

At the second harvest, besides obtaining adequate yields of green matter (6,530.4 kg/ha), dry matter (681.8 kg/ha) and protein 154.3 kg/ha), an acceptable composition in its protein content (22.7 g<sup>o/o</sup>), beta-carotene (24.1 mg<sup>o/o</sup>), calcium (2,279.8 mg<sup>o/o</sup>), phosphorus (740.9 mg<sup>o/o</sup>) and iron (52.7 mg<sup>o/o</sup>) was also obtained. The crude fiber content, on the other hand, was not excessively increased (14.3 g<sup>o/o</sup>), from which findings it was concluded that this is the best stage for harvesting, in comparison with the harvests carried out 25 and 60 days after emergence.

Finally, it was observed that harvesting at 60 days gave the highest yields in green matter (24,272.8 kg/ha), dry matter (3,452.0 kg/ha) and protein (510.7 kg/ha). Nevertheless, the quality of the material decreased considerably due to the low protein content (14.4 g<sup>o/o</sup>) and the increment in crude fiber (17.0 g<sup>o/o</sup>); therefore, the authors agreed that it is not convenient to wait 60 days to harvest the leaves.

The oxalate content —a toxicity factor— showed an average of 4.6 to 4.4 g<sup>o/o</sup> for the first and third harvest, quantities which can be considered harmless for human consumption if one takes into account that part of it is destroyed during cooking.

## BIBLIOGRAFIA

1. Abbott, J. A. & T. A. Campbell. Sensory evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*). *HortScience*, 17(3): 409-410, 1982.
2. Campbell, T. A. & J. A. Abbott. Field evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*). *HortScience*, 17(3): 407-409, 1982.
3. Campogorra, I. Amaranto, el alimento de los aztecas, maná de las zonas áridas. *Perspectivas*, UNESCO (París) No. 783: 1-5, 1982.
4. Downton, W. J. S. *Amaranthus edulis*: A high lysine grain amaranth. *World Crops*, 25(1): 20, 1973.
5. Huang, Pai-Chi. A study of the taxonomy of edible amaranth: An investigation of amaranth both of botanical and horticultural characteristics. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1980, p. 142-150.
6. Sauer, J. D. The history of grain *Amaranthus* and their use and cultivation around the world. En: *Proceedings of the First Amaranth Seminar*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1977, p. 9-13.
7. Senft, J. P. Protein quality of amaranth grain. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1980, p. 43-47.
8. Sumar Kalinowsky, L. El pequeño gigante. En: *El Amaranto y Su Potencial*. Guatemala, Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Ed.) (Boletín No. 2), 1983, p. 1-3.
9. Sánchez Marroquín, A. *Potencialidad Agroindustrial del Amaranto*. México, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, 1980, 238 p.
10. Lees, P. Amaranto ¿el supercultivo del futuro? *Agricultura de las Américas* (Estados Unidos) No. 8: 16, 17, 32, 1983.
11. Grubben, G. J. H. Cultivation methods and growth analysis of vegetable amaranth, with special reference to South-Benin. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press Inc., 1980, p. 63-67.

12. Makus, D. J. Características y potencial del *Amaranthus tricolor* en la zona intermedia sur de los Estados Unidos. En: Sección bibliográfica sobre el amaranto de *El Amaranto y Su Potencial*. Guatemala, Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Ed.) (Boletín No. 3), 1983, p. 4.
13. Oke, O. L. Amaranth in Nigeria. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1980, p. 22-30.
14. Spillari F., M. M. Composición química de diferentes cultivares de hierba mora (*Solanum spp.*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*) y amaranto (*Amaranthus spp.*). Trabajo supervisado Técnico Fitotecnista. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agrícola, 1983, 41 p.
15. Oomen, H.A.P.C. & G. J. H. Grubben. *Tropical Leaf Vegetables in Human Nutrition*. 2nd. ed. Amsterdam, Koninklijk Instituut voor de Tropen, 1978, 140 p.
16. Devadas, R. P. & S. Saroja. Availability of iron and B-carotene from amaranth to children. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1980, p. 15-21.
17. Cheeke, P. R. & J. Bronson. Feeding trials with *Amaranthus* grain, forage and leaf protein concentrates. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc. 1980, p. 5-11.
18. der Marderosian, A., et al. Nitrate and oxalate content of vegetable amaranth. En: *Proceedings of the Second Amaranth Conference*. Emmaus, PA, Rodale Press, Inc., 1980, p. 31-41.
19. Wu Leung, Woot Tsuen, con la colaboración de Marina Flores. *Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina*. Preparada bajo los auspicios del Comité Interdepartamental de Nutrición para la defensa Nacional para Artritis y Enfermedades Metabólicas, Institutos Nacionales de la Salud, Bethesda, MD, EE. UU., y del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, Guatemala. Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, 1961.
20. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 11th ed. William Horwitz (Ed.), Washington, D. C., The Association, 1970, 1094 p.
21. Burrows, S. A colorimetric method for the determination of oxalate. *The Analyst*, 75: 80-84, 1950.