

# Características Agronómicas, Físicas, Químicas y Nutricias de Quince Variedades de Amaranto<sup>1</sup>

E. Calderón\*, J.M. González\*\*, R. Bressani\*\*\*

## ABSTRACT

Some agronomic as well as physical, chemical and nutritional characteristics of 15 amaranth selections are presented. The selections reached physiological maturity at 110 days at a height of between 160 cm and 230 centimeters. Grain yield varied between 5129 g/27 m<sup>2</sup> to 10 484 g/27 m<sup>2</sup>. Average seed weight was 0.79 mg and size 1.88 mm x 1.70 mm. Protein content averaged 13.84% and fat 6.53 per cent. Likewise, average values for lysine, threonine, leucine and tryptophan were 333, 269, 346 and 101 mg/g N, respectively. Significant differences in protein quality were found between raw processed samples; differences were also found among raw samples, but not among processed ones. The process induced a significant increase in protein quality and digestibility. Once again, the information confirms the high nutritional value of grain amaranth protein and the existence of a genetic variability among cultivars that permits selecting those with the best yield and high nutritional quality.

## COMPENDIO

En el presente estudio se evalúan algunas características agronómicas de 15 selecciones de amaranto, así como las diferencias en propiedades físicas, químicas y nutricionales del grano. Las selecciones llegaron a la maduración fisiológica en 110 d, a una altura que varió entre 160 cm y 230 centímetros. El rendimiento del grano varió entre 5129 g/27 m<sup>2</sup> y 10 484 g/27 m<sup>2</sup>, con lo cual se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. El peso promedio por semilla fue de 0.79 mg con un tamaño de 1.88 mm x 1.70 milímetros. El contenido de proteína promedió 13.84% y el de grasa cruda, 6.53 por ciento. Asimismo, los promedios en lisina, treonina, leucina y triptófano fueron 333, 269, 346, y 101 mg/g N, respectivamente. Hubo diferencias significativas en la calidad de la proteína en las muestras crudas, en comparación con las procesadas, pero también dentro de las muestras crudas, no así en las procesadas. El proceso indujo un aumento importante en la calidad y digestibilidad de la proteína. La información confirma nuevamente el alto valor nutricional de la proteína del grano de amaranto y la existencia de una variabilidad genética que permite seleccionar las variedades de mejor calidad nutricional y de mayor rendimiento.

## INTRODUCCION

El amaranto (*Amaranthus* spp.) se utilizó en la época precolombina con fines alimenticios y religiosos. Por razones no establecidas cayó en desuso y actualmente se utiliza sólo en algunas comunidades indígenas de México, América Central y América del Sur. Recientemente se ha descubierto que sus hojas y granos, ambos de alta calidad proteínica (16, 18, 20), constituyen potenciales fuentes de alimento para el ser humano (2, 4, 10, 16, 18).

La calidad nutricional de la proteína del grano es importante por su contenido relativamente alto en aminoácidos azufrados y lisina (11), de los cuales hay una cantidad deficiente en las proteínas de los cereales comunes y de las leguminosas, respectivamente (5, 14).

Descubierta la utilidad del amaranto como otro recurso para la alimentación humana, es importante hacer investigaciones dentro del mismo género, a fin de clasificar los materiales de acuerdo con sus propiedades químicas, físicas y nutricias. Asimismo, se debe analizar el comportamiento de materiales introducidos, para generar información que sirva de base para las investigaciones que sobre este cultivo se realizan en diferentes países.

Estudios previos incluyen una caracterización del germoplasma del amaranto en Guatemala (6), así como evaluaciones agronómicas y de composición química de varios grupos de muestras de diferentes especies (9, 15). En el presente estudio se evaluaron 15 materiales que representan tres especies, con el propósito de conocer las diferentes características químicas, físicas y

1 Recibido para publicación el 4 de enero de 1989. Parte de la tesis presentada por el primer autor antes de optar por el título de Ingeniero Agrónomo. El estudio se llevó a cabo con la ayuda financiera de la Academia Nacional de Ciencias (NAS/BOSTID), Gua

\* Estudiante tutorial en la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP)

\*\* Investigador a cargo de la administración de la Finca Experimental del INCAP

\*\*\* Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP

nutricionales, que pueden existir entre ellas, y así poder seleccionar las mejores para incluirlas en programas posteriores de producción. Anteriormente se informó sobre algunas diferencias entre especies y variedades (6, 10, 15).

#### MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron semillas de 15 selecciones de amaranto (14 provenientes de Estados Unidos de América (EE.UU.) y una de Guatemala), sembradas y cosechadas en 1985 en la Finca Experimental del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), ubicada a 1500 msnm, en San Raymundo Sacatepéquez, Gua. Los datos que identifican a los materiales usados se presentan en el Cuadro 1.

Cada selección fue sembrada en parcelas de 3 cm x 3 cm con tres repeticiones cada una. El manejo de cada parcela experimental ya fue discutido (12). Después de la preparación de la tierra, se aplicaron 30 g por surco de fertilizante 15-15-15. La semilla se colocó en forma continua en el surco. Luego se hicieron dos raleos para dejar la misma población de plantas por parcela. La fecha de siembra fue el 8 de junio de 1985. Durante el desarrollo de las plantas se tomaron datos sobre la edad y altura al florecer y sobre la edad y la altura al cosechar, usando tres plantas por parcela. El rendimiento por repetición refleja la producción de grano de todas las plantas en la parcela de nueve metros cuadrados. Las

semillas recolectadas de cada selección de amaranto fueron sometidas a una caracterización física, química y nutricia.

#### Análisis físico

Para estudiar el peso de las semillas de cada una de las variedades, se registraron tres pesadas de 100 semillas cada una. Se utilizó una balanza analítica marca Mettler H20T, a fin de obtener un promedio representativo del peso de la semilla de cada variedad, el cual se expresó en miligramos.

Para determinar el tamaño de la semilla se usó una lupa de aumento con escala de 0 a 15 milímetros. Se midieron el largo y el ancho de 30 semillas de cada variedad, con el objeto de obtener un promedio representativo con el método empleado por Imeri *et al.* (15).

#### Análisis químico

Cada variedad se trabajó con tres repeticiones, de las cuales se sacó una muestra de aproximadamente 20 g, que fue molida y, luego, conservada en condiciones de temperatura ambiental en frascos de vidrio debidamente etiquetados.

Se estableció la humedad siguiendo la metodología descrita por la *Association of Official Agricultural*

Cuadro 1. Identificación de las selecciones de amaranto.

Número	Variedad	Clave variedad	Especie	Origen
15-EU	A-412	(1)	<i>Hypochondriacus</i>	Estados Unidos de América
16-EU	A-622	(2)	<i>Cruentus</i>	
17-EU	80S-649	(3)	<i>Cruentus</i>	
18-EU	83S-538	(4)	<i>Hypochondriacus</i>	
19-EU	83S-K112	(5)	<i>Cruentus</i>	
20-EU	84S-1157	(6)	<i>Cruentus</i>	
22-EU	84S-1157	(7)	*	
23-EU	84S-K243	(8)	*	
24-EU	84S-K254C	(9)	<i>Hybridus</i>	
25-EU	84S-K266	(10)	<i>Cruentus</i>	
26-EU	84S-K277	(11)	<i>Cruentus</i>	
27-EU	84S-K283	(12)	<i>Cruentus</i>	
28-EU	*	(13)	<i>Hypochondriacus</i>	
29-EU	*	(14)	<i>Cruentus</i>	
17-G	17-GUA	(15)	<i>Cruentus</i>	Guatemala

Notas: Se determinó la especie en todas las variedades en la Finca Experimental del INCAP, durante la época de floración del amaranto. Se partió de las variedades conocidas y sembradas anteriormente en la finca (Gua, noviembre de 1985).

\* No identificadas.

*Chemists* (AOAC) (1). Se usaron cápsulas de humedad y un horno de vacío, para lo cual se pesó entre 0.5 g y 0.9 g de muestra. La determinación de grasa se midió por el método de extracto etéreo, descrito también por la AOAC, para lo cual se utilizó el aparato Soxhlet y se pesó entre 0.91 g y 0.99 g de muestra que se extrajo durante 16 h en éter anhidro.

El contenido de nitrógeno se obtuvo por medio del método macro-Kjeldahl, pesando muestras entre 0.90 g y 0.99 g, siguiendo las técnicas descritas en la metodología de la AOAC (1). Los resultados se expresan como proteína cruda ( $N \times 6.25$ ).

El contenido de aminoácidos se obtuvo de hidrolizados ácidos (6 N HCl). Se usó el analizador automático de aminoácidos Technicon. Los resultados se expresan en miligramos de aminoácidos/gramo de nitrógeno. El triptófano se midió en hidrolizados enzimáticos por colorimetría (8).

### Evaluación nutricia

Para determinar la calidad de la proteína y su digestibilidad se alimentaron ratas con dietas que contenían harina de semilla de amaranto, tanto cruda como cocida. La harina cocida se preparó dejando remojar la semilla durante 30 min en agua a 60°C, luego se pasó por un deshidratador de rodos, calentado con vapor a 60 lb, a una velocidad de los rodos de 3 rpm, con una abertura entre ellos de 0.5 milímetros. La temperatura fue de 120° centígrados. Luego se molieron con un molino de martillos, a fin de obtener una harina deshidratada a 40 mallas. Se determinó el nitrógeno tanto de la harina obtenida de semilla cruda como de la harina cocida, con el propósito de preparar dietas a un nivel de 10% de proteína. A éstas se les agregó 4% de sales minerales (13), 1% de aceite de hígado de bacalao, 5% de aceite vegetal y se ajustaron con almidón de maíz hasta completar el ciento por ciento. Además, se agregaron 5 ml de una solución de vitaminas por cada 100 g de dieta (17).

Se prepararon dos dietas: una de control de caseína y otra libre de nitrógeno. Las dietas se proporcionaron a ratas de 21 d ó 22 d de edad de la raza Wistar, cuyo peso osciló entre 40 g y 50 gramos. Cada dieta se asignó a ocho animales cuatro hembras y cuatro machos, colocados en jaulas individuales, proporcionándoles agua y alimento *ad libitum*. El ambiente se ajustó a 20°C -21°C con 12 h de luz por día.

Después de iniciado el experimento se controlaron los cambios en peso, así como el consumo de alimento a los siete y catorce días. Se recolectaron las heces excretadas por los animales durante la segunda semana

después de iniciado el experimento y luego se secaron a 60°C; se limpiaron, se pesaron, se molieron y se les determinó el nitrógeno por la técnica de macro-Kjeldahl (1).

La calidad de la proteína se determinó por el índice de razón proteínica neta (NPR) (3) con duración de 14 d, calculándose, además, la digestibilidad de la proteína ingerida en recolecciones de heces, y datos de consumo durante los últimos cinco días del estudio (19).

Se hicieron análisis de variancia, pruebas de comparación múltiple de medias Tukey y se determinaron las correlaciones entre características físicas, químicas y de rendimiento de las diferentes variedades en estudio (22).

### RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con los resultados agronómicos (Cuadro 2), el inicio de la floración se observó entre los 43 d y 59 d después de la siembra a alturas que variaron entre 45 cm y 95 centímetros. La cosecha varió entre 51 d y 78 d, a alturas que oscilaron entre 100 cm y 230 centímetros. El total de días entre siembra y cosecha fue entre 94 d y 123 días. Se informó acerca de datos similares en estudios de adaptabilidad de otros grupos de selecciones de amaranto, realizados en la Finca Experimental del INCAP (8, 15). Es de interés indicar que el tiempo de cosecha de 94 d y 123 d es atractivo, ya que el maíz a esa altura (1500 msnm) toma alrededor de seis a siete meses para cosechar. Por consiguiente, de haber humedad y variedades de amaranto, no sensitivas al fotoperíodo, sería factible obtener dos cosechas por año.

En el Cuadro 2 también se resumen los rendimientos del grano con diferencias estadísticamente significativas entre selecciones. El rendimiento de las tres parcelas, o sea por 27 m<sup>2</sup>, varió entre 10 484 kg en la selección núm. 20 hasta 5129 kg, en la núm. 24. Esta última se caracterizó por tener además de la panoja principal, otras muchas pero podridas, lo que podría explicar su bajo rendimiento. El promedio de todas las selecciones fue de 8457 kg/m<sup>2</sup> ó 3132 kg/ha, cantidad similar a la que se obtiene del maíz (3200 kg/ha) en la misma localidad. Por consiguiente, habría algunas ventajas económicas para el productor, en particular si fuera posible obtener dos cosechas de amaranto en la misma área de cultivo.

Los resultados de los promedios de peso, longitud y anchura por semilla de las 15 diferentes variedades de amaranto en estudio se presentan en el Cuadro 3. El peso varió de 0.58 mg a 0.96 mg con un promedio de 0.796 mg, en tanto que la longitud osciló entre 1.74 mm

**Cuadro 2. Datos agronómicos de 14 selecciones de amaranto.**

Variedad (núm.)	Floración		Cosecha		Total (d)	Rendimiento/réplica (g)**			Rendimiento total (g)**
	días	altura (m)	días*	altura (m)		A	B	D	
15	59	0.95	64	2.30	123	3 419	2 122	2 451	7 992
16	59	0.60	52	1.70	111	2 325	2 208	1 902	6 435
17	51	0.80	59	1.85	110	3 519	4 102	2 108	9 729
19	59	0.50	51	1.70	110	3 659	1 538	1 048	6 245
20	51	0.70	58	1.85	109	3 813	3 696	2 975	10 484
22	45	0.60	78	1.65	123	3 260	2 766	2 250	8 576
23	45	0.45	65	1.65	110	3 119	2 108	1 555	6 782
24	43	0.55	51	1.10	94	1 438	1 898	1 793	5 129
25	45	0.60	65	1.95	110	3 590	3 657	1 638	8 885
26	59	0.80	51	1.80	110	4 099	3 369	2 426	9 894
27	51	0.60	58	1.60	109	3 779	3 572	1 395	8 746
28	45	0.45	64	1.70	109	3 491	3 046	3 311	9 848
29	51	0.70	58	1.80	109	4 292	3 231	2 885	10 108
17-GUA	59	0.70	51*	1.80	110	4 233	2 947	2 370	9 550

**Notas:**

- \* Días entre floración a cosecha.  
 \*\* g/9 m<sup>2</sup> (parcela).  
 \*\*\* g/27 m<sup>2</sup>.

y 2.06 mm, con un promedio de 1.88 mm, y la anchura entre 1.59 mm y 1.81 mm, con un promedio de 1.70 milímetros. Ya se han dado datos similares (8,15), que

**Cuadro 3. Caracterización física de las selecciones de amaranto.**

Variedad	Peso (mg)	Longitud (mm)	Anchura (mm)
1	0.96	1.98	1.74
2	0.58	1.77	1.62
3	0.82	1.99	1.79
4	0.68	1.74	1.59
5	0.77	1.81	1.66
6	0.86	1.93	1.78
7	0.70	1.83	1.64
8	0.72	1.88	1.72
9	0.91	1.95	1.73
10	0.68	1.78	1.61
11	0.75	1.91	1.70
12	0.80	1.84	1.68
13	0.95	2.06	1.81
14	0.80	1.88	1.74
15	0.96	1.93	1.73
X = Promedio	0.796	1.885	1.70
Mínimo	0.58	1.74	1.59
Rangos:			
Máximo	0.96	2.06	1.81

sugieren la posibilidad de seleccionar variedades con un grano más grande.

Los resultados de los diferentes análisis químicos se presentan en el Cuadro 4. La proteína varió entre 12.74% y 14.65% con un promedio de 13.84%; el porcentaje de grasa se encontró entre 5.16% y 7.44%, con un promedio del 6.53 por ciento. La variabilidad y el valor promedio son similares a los informados anteriormente (6, 8, 15)). Los resultados del análisis de aminoácidos se presentan en el Cuadro 5. El contenido de lisina expresado en miligramos por gramo de nitrógeno fue entre 298 mg/g N y 495 mg/g N; el de treonina, entre 163 mg/g N y 463 mg/g N; el de leucina, entre 240 mg/g N y 451 mg/g N; y el de triptófano, entre 80 mg/g N y 112 mg/g de nitrógeno. Estos datos confirman resultados previos y vuelven a indicar diferencias entre especies en contenido de nutrimentos (2, 8, 15, 21). Para fines comparativos, el mencionado cuadro incluye datos del patrón de aminoácidos FAO/OMS de referencia (19). Esta comparación con el promedio sugiere la limitación en el aminoácido leucina.

En el Cuadro 6 se presenta la evaluación de la calidad de la proteína de las muestras crudas. Los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas entre muestras para el aumento en peso, el índice de utilización de la proteína (NPR) y la diges-

**Cuadro 4. Caracterización química de las selecciones de amaranto.**

Variedad	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)
1	12.74	5.16	10.21
2	14.65	5.59	10.27
3	13.86	6.40	10.01
4	13.26	6.34	10.08
5	12.98	5.75	10.38
6	13.68	6.59	10.16
7	13.73	7.41	10.61
8	14.00	6.70	10.28
9	14.33	6.91	9.81
10	14.31	7.03	10.61
11	14.15	7.44	11.13
12	13.94	6.65	10.64
13	14.64	6.46	10.60
14	14.01	7.35	10.25
15	13.37	6.30	10.51
X = Promedio	13.84	6.53	10.37
Mínimo	12.74	5.16	9.81
Rangos:			
Máximo	14.65	7.44	11.13

**Cuadro 5. Análisis de aminoácidos esenciales (mg/g N).**

Variedad	Lisina	Treonina	Leucina	Triptófano
1	437	302	361	106
2	298	336	240	80
3	361	463	321	100
4	495	228	341	110
5	351	240	362	96
6	322	198	341	110
7	447	230	333	104
8	393	198	385	98
9	414	190	333	111
10	359	163	254	91
11	381	145	397	92
12	466	325	284	103
13	466	301	430	101
14	393	302	451	95
15	339	363	254	112
X = Promedio	333	269	346	101
Patrón				
FAO/OMS	340	250	440	60
Mínimo	298	145	240	80
Rangos				
Máximo	495	463	451	112

bilidad aparente de la proteína. La variabilidad es de interés, ya que permite seleccionar materiales de mejor valor nutritivo. El promedio del NPR fue de 2.49. Resultados similares se han informado anteriormente (9, 15).

**Cuadro 6. Calidad proteínica de las selecciones de amaranto crudo.**

Variedad	Incremento en peso (g)	NPR	Digestibilidad de la proteína (g)
1	28ab	2.83cdefgh	83.1abcdef
2	34	2.95abcdefgh	79.5efgh
3	14bcd	2.22ijk	80.1cdefgh
4	10d	2.09jk	76.7h
5	13cd	2.21ijk	79.2fgh
6	20bcd	2.68efghij	79.1fgh
7	28abc	2.94bcdefgh	78.4gh
8	22abcd	2.71defghi	79.5efgh
9	28ab	2.71defghi	79.8defgh
10	17bcd	2.36hijk	78.0g
11	18bcd	2.59fghij	80.1defgh
12	10d	1.86k	82.1bcdefgh
13	26abc	2.63fghij	82.1bcdefgh
14	17bcd	2.19ijk	80.1efgh
15	16bcd	2.50ghij	80.1efgh

Notas: Variedades con igual letra son estadísticamente iguales. Diferencias no-significativas. Letra "a" = mejor respuesta.

En el Cuadro 7 se resumen los datos de calidad proteínica en los materiales procesados. La información y el análisis estadístico indican diferencias significativas entre selecciones, en cuanto al aumento en peso y digestibilidad, no así en NPR, el cual promedió 3.34. Es de interés indicar que el análisis estadístico en NPR en las muestras crudas mostró diferencias significativas, lo cual no ocurrió en las muestras procesadas. Esto había sido informado con anterioridad (7, 9, 15) y sugiere posibles diferencias en sabor, presencia de sustancias tóxicas o de algún otro factor eliminado por el procesamiento. Asimismo, es importante señalar que el procesamiento produce un efecto sobre la calidad nutritiva de la proteína (7, 9). Los factores responsables de esta diferencia, inducida por el procesamiento, no han sido todavía establecidos. Otro aspecto interesante y significativo es que el promedio de la calidad en crudo fue de 2.49, mientras que en los materiales procesados aumentó a 3.34. Los incrementos en calidad proteínica oscilan entre 11% y 94%, lo cual sugiere que existen diferencias en sustancias antifisiológicas en los materiales crudos.

El análisis de variancia (ANDEVA) efectuado para estudiar la digestibilidad de la proteína (Cuadros 6 y 7),

**Cuadro 7. Calidad proteínica de las selecciones de amaranto procesado.**

Variedad	Incremento en peso (g)	NPR	Digestibilidad aparente (%)
1	50bcd	3.36a	80.2cdefgh
2	62ab	3.49a	78.1h
3	43cd	3.01a	79.5fgh
4	53abcd	3.47a	78.3gh
5	58ab	3.30a	80.1cdefgh
6	49bcd	3.12a	84.0abcde
7	54abcd	3.28a	84.5abc
8	42d	3.18a	86.2ab
9	67a	3.55a	83.3abcdef
10	50bcd	3.31a	82.3abcdefg
11	44cd	3.16a	84.3abcd
12	50bcd	3.61a	84.2abcd
13	56abc	3.37a	86.5a
14	59a	3.52a	85.5ab
15	55abcd	3.39a	84.5abc

Notas: Variedades con igual letra son estadísticamente iguales. No presentan diferencias significativas.  
Letra "a" = mejor respuesta.

detectó diferencias significativas entre las variedades crudas y procesadas, a un nivel de confianza de 95%, por lo cual se procedió a hacer una prueba de medias de Tukey. La digestibilidad en promedio de la proteína para las muestras crudas fue de 79.7%, valor que aumentó a 82.7% en las muestras procesadas. Esto indica que el proceso mejora la biodisponibilidad de la proteína, lo cual ocurrió en 12 de las 15 selecciones. Por consiguiente, el aumento en la digestibilidad de la proteína puede explicar parte del incremento en la calidad proteínica por proceso.

Finalmente, en el Cuadro 8 se resumen las correlaciones encontradas entre los diferentes parámetros utilizados para caracterizar las selecciones de amaranto. Ninguna de las correlaciones mostró significancia estadística, aunque en algunos casos las correlaciones fueron negativas y en otros positivas.

**Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre características físicas, químicas y de rendimiento en 15 variedades de amaranto.**

	Rendimiento	Peso	Lisina	Leucina	Treonina	Grasa
Proteína	-0.2441	-0.26661	-0.1348	-0.0138	-0.0687	0.4472
Grasa	0.3412	0.3417	0.1616	0.4069	-0.2813	-
Treonina	0.2477	0.2507	-0.1065	-0.0973	-	-
Leucina	0.2471	0.2824	0.5230	-	-	-
Lisina	-0.0173	0.1728	-	-	-	-
Peso	0.2680	-	-	-	-	-

#### LITERATURA CITADA

- 1 AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS) 1970. Official methods of analysis of the AOAC 11 ed. Washington, D.C., AOAC. 1015 p
- 2 BECKER, R.; WHEELER, E.L.; LORENZ, K.; STAFFORD, A.E.; GROSJEAN, O.K.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. 1981. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science* 46:1175-1181.
- 3 BENDER, A.E.; DOELL, B.H. 1957. Biological evaluation of proteins: A new aspect. *British Journal of Nutrition* 11:140-148.
- 4 BRESSANI, R. 1983. Calidad proteínica de la semilla de amaranto cruda y procesada. *Boletín El Amaranto y su Potencial* no 3
- 5 BRESSANI, R. 1983. Research needed to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 32:101-110.
- 6 BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; GONZALEZ, J.M.; GOMEZ-BRENES, R. 1987. The chemical composition and protein quality of amaranth grain germ plasma in Guatemala. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 37:364-371
- 7 BRESSANI, R.; GONZALEZ, J.M.; ELIAS, L.G.; MELGAR, M. 1987. Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content and protein quality of raw and cooked grain of three amaranth species. *Qualitas Plantarum-Plant Foods for Human Nutrition* 37:59-67
- 8 BRESSANI, R.; GONZALEZ, J.M.; ZUÑIGA, J.; BREUNER, M.; ELIAS, L.G. 1987. Selections of amaranth grain representing four species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 38:347-356
- 9 BRESSANI, R.; KALINOWSKI, I.S.; ORTIZ, M.A.; ELIAS, L.G. 1987. Nutritional evaluation of roasted, flaked and popped *A. caudatus*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 37:525-531.

10. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; DE BOSQUE, C.M. 1988. Supplementary value of amaranth leaves to cereal grain-based diets. *Amaranth Newsletter* no. 1.
11. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; GARCIA-SOTO, A. s.f. Limiting amino acids in amaranth grain protein from biological tests.
12. GONZALEZ, J.M., BRESSANI, R. 1987. A guide to amaranth cultivation: Summary of experiences at the INCAP experimental farm. *Amaranth Newsletter* 2:5-7.
13. HEGSTED, D. M.; MILLS, R.C.; ELVEHJEM, C.A.; HART, E.B. 1941. Choline in the nutrition of chicks. *Journal of Biological Chemistry* 138:459-466.
14. HOWE, E.E.; JANSEN, G.R.; GILFILLAN, E.W. 1965. Amino acid supplementation of cereal grains as related to the world food supply. *American Journal of Clinical Nutrition* 16:315-320.
15. IMERI, A.G.; GONZALEZ, J.M.; FLORES, R.; ELIAS, L.G.; BRESSANI, R. 1987. Variabilidad genética y correlaciones entre rendimiento, tamaño del grano, composición química y calidad de la proteína de 25 variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 37:132-146.
16. LEES, P. 1983. Amarantho: ¿El supercultivo del futuro? *Agricultura de las Américas* 32:16-17.
17. MANNA, L.; HAUGE, S.M. 1953. A possible relationship of Vitamin B12 to orotic acid. *Journal of Biological Chemistry* 201:91-96.
18. MARX, J.I. 1977. Amaranth: A comeback for the food of the Aztecs. *Science* 198:40.
19. NUTRITIONAL EVALUATION of protein foods. 1980. P.L. Pellet, V.R., Young (Eds.) Tokyo, Japan, United Nations University World Hunger Programme. *Food and Nutrition Bulletin* (Supplement no. 4).
20. SANCHEZ-MARROQUIN, A. 1983. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: El amaranto y la quinua. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 33:11-32.
21. SENFT, J.P. 1980. Protein quality of amaranth grain. In *Amaranth Conference* (2). Proceedings. Emmaus, PA, Rodale Press. p. 43-47.
22. SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1980. *Statistical methods*. 7 ed. Ames, Iowa State University Press.

## RESEÑA DE LIBROS

**SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. The St. Paul, Minnesota, USA, American Phytopathological Society. 133 p.**

Todo lo que necesita saber acerca de la taxonomía, identificación y características de los grupos de anastomosis, puede encontrarlo en forma muy bien condensada en este excelente libro.

Es reconocida la importancia de este hongo como fitopatógeno de suelo y su distribución universal; así como los intentos de clasificación, mediante métodos sencillos, utilizados por los fitopatólogos y técnicos de laboratorio. Sin embargo, al revisar rápidamente esta información detallada y concisa nos damos cuenta de la complejidad del sistema, y de su utilidad para los investigadores que tengan interés especial en este hongo.

Para aquellos fitopatólogos que han tenido frecuentemente la mala experiencia de no obtener infección al inocular masivamente el hongo en el suelo,

resulta de especial interés el capítulo dos, donde se describen los métodos para aislar, multiplicar y estimar poblaciones en el suelo, así como para preservarlas.

Para los investigadores con interés en el control biológico de la enfermedad causada por *Rhizoctonia* binucleada, se describe en detalle y con fotografías muy nítidas el proceso de tinción de núcleos. El estado actual de la clasificación y las características de los grupos de anastomosis de la *Rhizoctonia* binucleada, están descritos en los capítulos siete y ocho.

En resumen se hace énfasis en la identificación de los aislamientos, caracterización de los grupos de anastomosis y taxonomía de los estados anamórficos y teleomórficos, incluyendo datos muy importantes, pero poco asequibles, procedentes de los especialistas japoneses.

EDGAR VARGAS  
LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA