

EL VALOR NUTRITIVO DE LOS FRIJOLES. CONTENIDO DE NUTRIENTES DE VARIETADES DE FRIJOLES CULTIVADAS EN CENTRO AMERICA¹

LOUD B. TANDON, RICARDO BRESSANI y NEVIN S. SCRIMSHAW

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

y FRANCIS LE BEAU

Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura e Instituto Agropecuario Nacional de Guatemala

Los frijoles, *Phaseolus vulgaris*, siguen en importancia al maíz, en la alimentación de gran parte de los pobladores de la América Central. No es raro que éstos proporcionen de 20 a 30% de la proteína de la dieta (1-3), razón por la que la calidad de su proteína resulta ser de importancia decisiva. Sin embargo, sorprende la poca cantidad de datos de que se dispone en cuanto a variaciones de su valor nutritivo, especialmente cuando se trata de los aminoácidos esenciales. El informe más completo es el de Jaffé (4), quien describió la composición química, digestibilidad, eficiencia proteica y aminoácidos esenciales limitantes de un grupo de muestras de frijoles cultivados en Venezuela.

Eheart y colaboradores (5) han dado cuenta de grandes diferencias en lo que respecta al contenido de tiamina y riboflavina de variedades de frijoles cosechadas en distintas localidades. Guyer, Kramer e Ide (6) observaron que a medida que se retrasaba la cosecha, aumentaba el rendimiento, pero que, en cambio, el contenido de ácido ascórbico y de pigmento amarillo disminuía. La relación entre el medio ambiente y el rendimiento fue estudiada por Post (7) quien llegó a la conclusión de que el estado atmosférico ejerce una influencia profunda. De la misma manera, Casseres y Thompson (8), con base en un ensayo estándar realizado en seis variedades comerciales de frijoles, encontraron que el rendimiento

en las cosechas de invierno, era significativamente mayor que el obtenido en las cosechas del verano.

Debido a la especial importancia que desde el punto de vista de la nutrición tienen los frijoles en la América Central y Panamá, se inició un estudio cuyo propósito era determinar los factores que influían sobre el contenido de proteína, metionina, lisina y triptofano de 25 variedades cultivadas en dos localidades de Guatemala, empleando para el caso, muestras de las cosechas obtenidas al principio y a finales de 1951. También se hicieron determinaciones de niacina, tiamina y riboflavina. Puesto que el cultivo de variedades mejoradas puede introducirse sólo en base de mejores características agronómicas, el contenido de estos nutrientes de las diversas muestras estudiadas se relacionó, en cada caso, con el rendimiento.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

En el Cuadro 1 figuran las características agronómicas conocidas de las 25 variedades de frijol seleccionadas para el ensayo, las que se sembraron en dos localidades (Alameda y Bárcenas) durante los períodos del 15 al 17 de mayo de 1951, y de nuevo el 5 y 6 de septiembre del mismo año. Aun cuando en cada localidad se utilizó un diseño que incluía 4 bloques al azar, uno de éstos, en cada uno de los cultivos, sufrió daños ocasionados por animales, por lo que no se pudieron usar los datos de rendimiento correspondientes. En cada frecuencia, las variedades se asignaron al azar a parcelas consistentes de dos hileras de diez pies cada una, separadas entre sí por una distancia de

¹ Publicado originalmente en *Agricultural and Food Chemistry*, 5:137-142, 1957, bajo el título "Nutritive Value of Beans. Nutrients in Central American Beans", No. INCAP I-53. Publicación INCAP E-175.

CUADRO No. 1.—*Características agronómicas conocidas de las variedades de frijol incluidas en el ensayo llevado a cabo en Guatemala en 1951.*

Variedad No.	Origen ¹	Color del grano	Días para madurar	Peso/100 semillas g	Antra-nosa	Moho	Isariopsis
2226B	Sta. Cruz del Quiché	Rojo	85	21,3	MR	MR	MR
2228	Sta. Cruz del Quiché	Negro	90	23,8	MR	MR	MR
2449	México HGO. 14-A3	Pinto	90	25,3	MS	MR	MS
2450	México HGO. 33-A1	Negro	100	25,1	MR	MR	MS
2458	México AGC. 9-3	Morado	90	23,9	R	MR	MS
2464	México Chis 84-3	Negro	90	20,8	S	MR	MR
2465	México Chis 88-1	Mixto	90	24,1	MS	MR	MS
T2468A	México 22 A-2	Amarillo	90	24,9	R	MR	MS
2472	México GTO. 3-A2	Negro	100	19,4	MR	MR	MS
2473	México GTO. 10-A5	Negro	100	20,8	R	MR	MS
2476	México MOR. C-A1	Pinto	95	30,2	R	R	MR
2503	Sta. Rosa Bárcenas	Negro	105	24,2	MR	MR	MS
2504	Rabinal, B. Verapaz	Blanco	90	20,6	MS	MS	MR
2524	Parramos, Chimaltenango	Negro	105	21,7	MR	MR	MR
2525	Parramos, Chimaltenango	Blanco	90	22,3	MR	MR	MS
2526	Parramos, Chimaltenango	Rojo	100	21,5	MR	R	MR
2798	Panajachel	Negro	90	23,6	MR	MR	MR
2804	Chichicastenango	Negro	90	20,4	MS	MR	MR
2806	Chichicastenango	Negro	95	21,8	MR	MR	MR
2808	Tecpán	Rojo	85	22,9	MR	R	MS
2809	Tecpán	Negro	90	24,2	MR	MR	MS
2824	Ipala, Chiquimula	Negro	90	18,1	S	MS	MR
2829	Chiquimula	Negro	85	21,7	MR	S	MS
5089	Salcajá, Quezaltenango	Negro	90	25,1	MS	MS	MR
5091	La Alameda, Chimaltenango	Negro	100	23,7	R	MR	MS

¹ Las variedades que no se indican como procedentes de México se originaron en Guatemala.

S = Susceptible MS = Moderadamente susceptible R = Resistente MR = Moderadamente resistente.

21½ pies. Se sembraron 35 semillas a intervalos más o menos uniformes a lo largo de cada hilera y se cubrieron con cerca de 2 pulgadas de tierra. Los bloques de 25 parcelas se separaron, uno del otro, por un camino de 3 pies de ancho.

Se sembró, además, una hilera que medía 5 pies de ancho y que guardaba una distancia de 3 pies del área experimental en los cuatro costados del terreno de cultivo. No se eliminó planta alguna y el terreno sólo se limpió una o dos veces. El primer cultivo se cosechó del 5 al 20 de agosto, y la otra siembra entre el 22 de noviembre y el 12 de diciembre. En el cultivo inicial no se incluyeron simientes de las variedades 5089 y 5091.

Los granos de muestra para los análisis bioquímicos se obtuvieron de la cosecha de

fin de año y se mezclaron bien antes de tomar una muestra de 50 gramos. Se obtuvieron cuatro muestras de cada variedad del cultivo de Bárcenas, una de cada una de las cuatro frecuencias.

MÉTODOS QUÍMICOS

Las determinaciones de humedad y digestión de nitrógeno se hicieron por el método oficial de la AOAC (9). La destilación y la titulación se verificaron de acuerdo con las recomendaciones de Hamilton y Simpson (10). La riboflavina se midió fluorométricamente por el método de Hodson y Norris (11) y los ensayos de tiamina se llevaron a cabo según el método del tiocromo de Hennessey y Cerecedo (12). La niacina se determinó empleando el método químico de Friedemann y Frazier (13). Sin embargo, el

color de la reacción entre el ácido nicotínico CNBr₂ y *p*-aminofenol (metol) y el color de la muestra se midieron con tres tubos y sus respectivos blancos, de acuerdo con el método de Melnick (14). La concentración del color de la reacción se leyó en un colorímetro de Evelyn usando un filtro de 420 mμ.

El triptofano se estimó por el método microbiológico de Wooley y Sebrell (15), con la modificación de que, antes de proceder a la hidrólisis enzimática, el material fue sometido en autoclave a una presión de 15 libras en 75 ml de agua durante 30 minutos y, que los medios de cultivo fueron preparados en la forma sugerida por Greene y Black (16). La metionina y la lisina se determinaron por los métodos microbiológicos de Horn, Brasse y Blum (17, 18). Cada muestra se analizó en duplicado a cuatro concentraciones, repitiendo el procedimiento total de hidrólisis y análisis si los resultados no eran consistentes.

RESULTADOS

Rendimiento

El análisis de variancia del rendimiento en gramos por parcela, figura en el Cuadro 2. La posición relativa de las variedades de acuerdo con el rendimiento fue diferente, tanto en las dos siembras como en las dos localidades, según lo indican las interacciones significativas de variedad por siembra y variedad por localidad. Más aún, las diferencias de posición relativa de las variedades, atribuibles a siembra, cambiaron de una localidad a la otra, como lo indica la interacción significativa de variedad por siembra por localidad. También se encontraron diferencias altamente significativas de repetición a repetición en cada localidad, y en cada siembra.

Los valores de *F* no fueron significativos al nivel de *P* = 0,05 para las diferencias promedio entre variedades, siembras o localidades. Puesto que la interacción de siembra por localidad tampoco fue significativa, se puede concluir que el efecto de la siembra sobre el

CUADRO No. 2.—*Análisis de variancia de rendimiento del frijol por parcela.*

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.
Variedad	22	519.854,19	2.369,74	
Siembra	1	11.134,08	11.134,08	
Variedad x siembra	22	582.676,68	26.485,30	4,915 ¹
Localidad	1	41.564,38	41.564,38	
Variedad x localidad	22	421.702,71	19.168,30	3,557 ¹
Siembra x localidad	1	182.079,43	182.079,43	
Variedad x localidad x siembra	22	118.561,39	5.389,15	1,861 ²
Frecuencias dentro de la siembra x localidad	8	310.274,82	38.784,35	13,392 ¹
Error experimental	176	509.728,50	2.896,18	

¹ P menor de 0,01.

² P menor de 0,05.

CUADRO No. 3.—*Estimas de los componentes de variancia de algunos factores que afectan el rendimiento de los frijoles.*

Componente	Magnitud estimada	Magnitud relativa, % del total
Variedad x siembra	3.516,02	27
Causas fortuitas	2.896,18	22
Variedad x localidad	2.296,52	17
Siembra x localidad	2.076,74	16
Frecuencias dentro de la siembra x localidad	1.560,36	12
Variedad x siembra x localidad	830,99	6
Total	13.176,81	100

rendimiento promedio del grupo completo de variedades fue similar en todas las localidades.

A fin de evaluar la importancia relativa de los distintos factores y sus interacciones, se calcularon los componentes de variancia que corresponden a cada uno de éstos. El Cuadro 3 muestra que únicamente el 22% de la variación total observada se puede atribuir a causas fortuitas desconocidas, y el 78% restante puede ser atribuido a factores in-

CUADRO NO. 4.—Rendimiento promedio y contenido de nutrientes de las variedades de frijol incluidas en el ensayo llevado a cabo en Guatemala en 1951¹.

Variedad No.	Producción promedio "bushels"/acre	Nitrógeno %	Metionina		Lisina		Triptofano		Niacina mg/100 g	Tiamina mg/100 g	Riboflavina mg/100 g
			%	g/16 g N	%	g/16 g N	%	g/16 g N			
2226B	19,90	3,79	0,33	1,39	1,96	8,27	0,17	0,72	2,46	1,17	0,17
2228	15,81	4,00	0,20	0,80	2,05	8,19	0,14	0,56	2,08	0,91	0,18
2449	13,50	3,36	0,19	0,90	1,86	8,86	0,14	0,67	2,02	0,77	0,16
2450	16,19	3,21	0,23	1,15	1,78	8,86	0,19	0,94	1,97	0,82	0,17
2458	17,80	3,86	0,29	1,20	1,74	7,22	0,15	0,62	1,90	0,90	0,17
2464	18,08	4,32	0,23	0,85	2,04	7,55	0,15	0,56	2,26	1,18	0,17
2465	16,91	3,92	0,22	0,90	1,83	7,47	0,20	0,82	2,28	0,93	0,18
T2468A	19,82	3,39	0,20	0,94	1,85	8,74	0,14	0,66	1,68	0,85	0,16
2472	17,88	3,35	0,21	1,01	1,86	8,88	0,14	0,67	2,16	0,91	0,17
2473	19,43	3,59	0,21	0,93	1,69	7,54	0,15	0,67	1,85	0,78	0,18
2476	17,59	3,69	0,27	1,17	1,91	8,29	0,19	0,82	2,21	1,04	0,18
2503	10,95	4,20	0,31	1,18	2,29	8,72	0,19	0,72	2,45	1,16	0,18
2504	15,95	3,83	0,17	0,70	2,20	9,18	0,21	0,88	2,41	0,88	0,16
2524	9,66	4,07	0,27	1,06	1,92	7,55	0,21	0,83	2,31	1,13	0,18
2525	15,01	4,01	0,24	0,96	2,02	8,06	0,22	0,88	2,31	1,02	0,17
2526	17,64	4,02	0,24	0,96	1,84	7,33	0,17	0,67	2,30	1,22	0,18
2798	11,83	4,02	0,26	1,04	2,14	8,51	0,15	0,59	2,29	1,03	0,17
2804	18,23	3,93	0,24	0,98	1,90	7,73	0,17	0,69	2,41	0,97	0,18
2806	19,74	4,02	0,26	1,04	2,20	8,75	0,16	0,64	2,60	0,94	0,17
2808	17,88	3,76	0,21	0,90	2,01	8,54	0,16	0,67	2,15	1,20	0,18
2809	15,23	4,07	0,30	1,18	1,92	7,55	0,15	0,59	2,34	1,09	0,17
2824	18,55	3,98	0,27	1,09	2,10	8,45	0,20	0,80	2,33	1,00	0,18
2829	20,19	3,85	0,28	1,17	2,01	8,35	0,16	0,67	2,03	1,00	0,18
5089	18,02 ²	3,81	0,26	1,09	2,08	8,74	0,16	0,67	2,01	1,14	0,16
5091	16,26 ²	4,46	0,29	1,04	2,42	8,69	0,17	0,61	2,95	1,34	0,23
Error estándar combinado	2,99	0,12	0,03	—	0,12	—	0,01	—	0,15	0,07	0,01
Máximo	20,19	4,46	0,33	1,39	2,42	9,18	0,22	0,94	2,95	1,34	0,23
Mínimo	9,66	3,21	0,17	0,80	1,69	7,22	0,14	0,56	1,68	0,77	0,16
Medio global	16,82	3,81	0,25	1,03	1,98	8,24	0,17	0,70	2,22	1,01	0,18

¹ Todos los valores corregidos al 10% de humedad.

² Rendimientos basados solamente en la siembra de otoño.

CUADRO NO. 5.—Análisis de variancia del contenido de nutrientes de las variedades de frijol.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios para los nutrientes						
		Nitrógeno	Metionina	Lisina	Triptofano	Niacina	Tiamina	Riboflavina
Variedades	24	0,5602 ¹	0,0094	0,1927 ²	0,0033 ¹	0,4013 ¹	0,1379 ¹	0,0007
Localidades	1	2,8694 ¹	0,1895 ¹	0,9976 ¹	0,0406 ¹	0,2700	0,0002	0,0005
Variedad x localidad	24	0,0902 ¹	0,0062 ¹	0,0914 ¹	0,0012 ¹	0,1321	0,0268 ²	0,0005 ¹
Frecuencia dentro de la localidad	4	0,0163	0,0002	0,0215	0,0002	0,0220	0,0151	0,0007
Error experimental	96	0,0244	0,0011	0,0189	0,0002	0,1029	0,0146	0,0002

¹ P menor de 0,01.

² P menor de 0,05.

vestigados en el curso de este estudio. Las interacciones relacionadas con diferencias de variedad explican un 50 % de la variación total.

Los rendimientos promedio, por acre, de las variedades incluidas en este estudio figuran en el Cuadro 4. Los rendimientos oscilaron desde 9,66 hasta 20,19 "bushels" por acre.

Nitrógeno y Proteína

En el Cuadro 4 se presenta el contenido promedio de nitrógeno de cada variedad e indica que el contenido de proteínas (N X 6,25) fluctuó de 20,1 a 27,9%, con un promedio de 24,1% para todas la muestras y un error estándar combinado de 0,8%. El análisis de variancia del contenido de nitrógeno figura en la primera columna de los cuadros medios presentados en el Cuadro 5.

Las diferencias globales en cuanto al contenido de nitrógeno de las variedades, así como entre las diversas localidades, fueron altamente significativas. El contenido relativo de nitrógeno de las variedades también fue significativamente diferente en las dos localidades, como lo indica la interacción altamente significativa de variedad por localidad. Sin embargo, las frecuencias en una misma localidad no presentaron diferencias significativas en lo que respecta a su contenido de nitrógeno. En el Cuadro 6 se incluye la magnitud de variación debida a cada uno de los principales componentes, juntamente con el coeficiente de variación. En las condiciones del medio a que estas variedades estuvieron expuestas durante el segundo ensayo, el 47 % de la variación se debió a diferencias de genotipo, un 25 % al efecto de las localidades, 13 % a interacciones entre el genotipo y las localidades, y el 15 % restante a otras causas.

En el Cuadro 4 se expresa el contenido de aminoácidos, tanto en términos de gramos por 100 gramos de frijoles sobre la base del 10 % de humedad, como de gramos por 16 gramos de nitrógeno (gramos por 100 gramos de proteína).

CUADRO NO. 6.—Valores de los componentes de variancia de los nutrientes en las variedades de frijol.

Nutriente	Magnitud total	Componentes de variancia como % del total				Coeficiente de variación %
		Vari- dades	Var. x loc.	Locali- dades	Error	
Nitrógeno	3,5605	47	13	25	15	11
Metionina	0,2064	45	28	8	19	31
Lisina	1,3221	23	33	18	26	14
Triptofano	0,0455	27	20	40	13	23
Niacina	0,9283	28	6	1	65	18
Tiamina	0,1946	50	11	0	39	19
Riboflavina	0,0026	9	29	0	57	10

Metionina

El contenido promedio de metionina de las variedades que se presenta en el Cuadro 4, osciló de 0,17 a 0,33 %, con un contenido promedio de 0,25 % para todas las muestras y un error estándar combinado de 0,03 %. El análisis de variancia del contenido de metionina figura en la segunda columna de los cuadros medios presentados en el Cuadro 5.

Las diferencias de variedad fueron mínimas. Sin embargo, la diferencia entre localidades fue muy significativa, como también lo fueron las diferencias de posición relativa de las variedades en cuanto a su contenido de metionina, en las dos localidades. Las frecuencias en la misma localidad no presentaron diferencias significativas en su contenido de metionina. Aun cuando la magnitud de las diferencias de variedad fue pequeña, el Cuadro 6 muestra que éstas dan cuenta del 45 % de la variación total. Solamente el 8 % de esta variación se explica por las diferencias entre localidades, 28 % por la interacción entre localidad y variedades, y el 19 % por otras causas.

Lisina

En el Cuadro 4 figura el contenido promedio de lisina de cada variedad, que oscila entre 1,69 y 2,42 %, con un promedio de 1,98 % para todas las muestras y un error estándar combinado de 0,12 %. El análisis de

variancia del contenido de lisina aparece en la tercera columna de los cuadrados medios presentados en el Cuadro 5.

Las diferencias globales entre variedades fueron significativas en cuanto al contenido de lisina, y la diferencia entre localidades fue altamente significativa. La posición relativa de las variedades en lo que respecta a su contenido de lisina también fue significativamente diferente para las dos localidades, como lo indica la notoria interacción de variedad por localidad. Las frecuencias dentro de una misma localidad no presentaron diferencias significativas en el contenido de lisina.

El Cuadro 6 indica que en las condiciones que prevalecieron durante el segundo ensayo, el 23 % de la variación, en cuanto al contenido de lisina, fue debida a diferencias de genotipo, un 18 % al efecto de la localidad, 33 % a la interacción entre genotipo y localidad, y el 26 % restante a otras causas.

Triptofano

El contenido promedio de triptofano de las variedades figura en el Cuadro 4 y oscila entre 0,14 y 0,22 %, con un promedio de 0,17 % para todas las muestras, y un error estándar combinado de 0,01 %. El análisis de variancia en lo que respecta al contenido de triptofano aparece en la cuarta columna de los cuadrados medios presentados en el Cuadro 5.

Las diferencias globales en el contenido de triptofano entre las variedades, así como entre una y otra localidad fueron muy significativas. Más aún, el contenido relativo de triptofano de las variedades fue significativamente distinto para las dos localidades, según lo demuestra la interacción altamente significativa de variedad por localidad. Las frecuencias en la misma localidad no mostraron diferencias significativas en el contenido de este nutriente.

En el Cuadro 6 se muestra que en las condiciones en que se llevó a cabo el segundo ensayo, el 27 % de la variación de triptofano fue debida a diferencias de genotipo, el 40 % al efecto de la localidad, el 20 % a la interac-

ción entre genotipo y localidad, y un 13 % a otras causas.

Niacina

El contenido promedio de niacina que se presenta en el Cuadro 4 osciló de 1,68 a 2,95 mg por 100 g, con un promedio para todas las muestras de 2,22 mg por 100 g y un error estándar combinado de 0,15 mg por 100 g.

El análisis de variancia del contenido de niacina, que figura en la quinta columna de los cuadrados medios resumidos en el Cuadro 5, muestra diferencias globales muy significativas entre variedades en cuanto al contenido de niacina. Sin embargo, la diferencia entre localidades fue mínima, al igual que las diferencias de posición relativa de las variedades, en lo que respecta a su contenido de niacina en las dos localidades. Las frecuencias en una misma localidad no difirieron significativamente en su contenido de niacina.

Al examinar el Cuadro 6 se observa que bajo las condiciones en que se llevó a cabo el segundo ensayo, el 28 % de la variación en el contenido de niacina se debió a diferencias de genotipo, 1 % a efectos de localidad, 6 % a interacción entre genotipo y localidad y 65 % a otras causas.

Tiamina

El contenido promedio de tiamina que aparece en el Cuadro 4 osciló entre 0,77 y 1,34 mg por 100 g, con un promedio de 1,01 mg por 100 g para todas las muestras y un error estándar combinado de 0,07 mg por 100 g.

El análisis de variancia del contenido de tiamina, que figura en la sexta columna de los cuadrados medios presentados en el Cuadro 5, indicó que eran muy significativas no sólo las diferencias globales entre las diversas variedades, sino también las diferencias en cuanto a la posición relativa de éstas en las dos localidades. Sin embargo, la diferencia entre localidades fue mínima, y las frecuencias en la misma localidad no

presentaron diferencia significativa en su contenido de tiamina.

El Cuadro 6 indica que según las condiciones en que se llevó a cabo el segundo ensayo, 50 % de la variación en el contenido de tiamina fue debido a diferencias de genotipo, 11 % a la interacción entre genotipo y localidad, y el 39 % restante a otras causas.

Riboflavina

El contenido promedio de riboflavina, que se presenta en el Cuadro 4 osciló entre 0,16 y 0,23 mg por 100 g, con un promedio de 0,18 mg por 100 g, para todas las muestras y un error estándar combinado de 0,01 mg por 100 g.

El análisis de variancia del contenido de riboflavina, en la séptima columna de los cuadrados medios presentados en el Cuadro 5, indicó que las diferencias globales en lo que al contenido de riboflavina se refiere fueron mínimas tanto entre variedades como entre localidades. Sin embargo, la posición relativa de las variedades en cuanto a su contenido de este nutriente fue bastante diferente para las dos localidades, según lo muestra la interacción altamente significativa de variedad por localidad. Las frecuencias en la misma localidad también difirieron en forma significativa en cuanto a su contenido de riboflavina.

El Cuadro 6 muestra que bajo las condiciones en que se llevó a cabo el segundo ensayo, el 9 % de la variación en riboflavina se debió a diferencias de genotipo, el 29 % a interacciones entre genotipo y localidad, y el 57 % restante a otras causas.

RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO Y LOS NUTRIENTES

Con base en los análisis de covariancia en los que se examinaron los diferentes nutrientes ajustados para diferencias en rendimiento, se calcularon tres series de coeficientes de correlación lineal. Todos los coeficientes de correlación de variedad a variedad entre el rendimiento y los diferentes nutrientes fueron negativos, constituyendo la única excepción el coeficiente ligeramente

positivo observado entre el rendimiento y la riboflavina. Las correlaciones calculadas entre el rendimiento y el nitrógeno ($-0,635$), la lisina ($-0,507$), la niacina ($-0,408$) y la tiamina ($-0,574$) fueron significativas. Entre los coeficientes de correlación de variedad por localidad ninguno fue significativo al nivel del 5 %, exceptuando el observado entre el rendimiento y la tiamina ($-0,468$). Dentro de las frecuencias ninguna de las correlaciones entre el rendimiento y los nutrientes fue significativa.

INTERRELACION DE LOS NUTRIENTES ANALIZADOS

Se hicieron análisis de covariancia para cada una de las posibles combinaciones en pares de nutrientes. Con ciertas excepciones, los ajustes por regresión lineal para cada uno de los nutrientes considerado aisladamente, no resultaron en cambios de la importancia relativa de los factores que afectaron cada uno de los otros nutrientes. Las excepciones fueron: (1) Las diferencias por variedad en niacina se minimizaron al mantener constante la lisina, como sucediera también con las diferencias por variedad en el contenido de lisina cuando cualquiera de los otros nutrientes se mantuvo constante. (2) Las diferencias de localidad a localidad en lo que respecta al contenido de lisina desaparecieron cuando el nitrógeno o la metionina se mantuvieron constantes.

En estos estudios los coeficientes de correlación dentro de las frecuencias, calculados de los análisis de covariancia, estiman hasta qué grado se reduce la variación de un nutriente al considerar el contenido de otro nutriente constante entre las plantas de una misma frecuencia. De los 21 coeficientes calculados dentro de las frecuencias, solamente tres fueron estadísticamente significativos al nivel del 1 %. Estos fueron entre nitrógeno y triptofano, lisina y niacina, y entre metionina y lisina. Aun cuando los coeficientes de correlación dentro de las frecuencias fueron negativos ya fuese entre la riboflavina o metionina y nitrógeno, triptofano y lisina.

CUADRO No. 7.—*Coefficientes de correlación lineal de variedad a variedad entre nutrientes de las variedades de frijol incluidas en el ensayo llevado a cabo en Guatemala en 1951.*

	Metio- nina	Lisina	Tripto- fano	Niacina	Tia- mina	Ribo- flavina
Nitró- geno	0,443 ¹	0,670 ¹	0,268	0,693 ²	0,726 ²	0,451 ¹
Metio- nina		0,258	0,138	0,399 ¹	0,541 ²	0,326
Lisina			0,275	0,721 ²	0,550 ²	0,407 ¹
Tripto- fano				0,421 ¹	0,224	0,183
Niacina					0,616 ²	0,541 ²
Tiamina						0,561 ²

¹ P menor de 0,05.

² P menor de 0,01.

tofano y tiamina, éstos fueron mínimos y se podrían atribuir a errores de muestreo.

Los coeficientes de correlación de variedad por localidad indican el grado hasta donde las interacciones de la genética y del medio ambiente determinan la reducción en la variación de un nutriente cuando el contenido de otro nutriente se mantiene constante. Únicamente tres de éstos fueron significativos estadísticamente al nivel del 5 %, siendo ellos entre el nitrógeno y la lisina (0,541), nitrógeno y niacina (0,383), y entre niacina y tiamina (0,446).

Los coeficientes entre variedades que estiman la acción genética en el control de contenido relativo de los nutrientes fueron todos positivos y figuran en el Cuadro 7. Estos fueron significativos estadísticamente entre el nitrógeno, la niacina o la riboflavina considerados como una de las variables y cada uno de los otros nutrientes, con la sola excepción del triptofano. En el caso de este último, el único coeficiente de correlación significativo entre las variedades fue el obtenido al considerar la niacina.

DISCUSION

Los resultados fueron analizados con base en el contenido de aminoácidos por 100 gramos de frijoles, debido a que el propósito del estudio fue el de proporcionar datos que pudiesen ayudar en la selección de varieda-

des cuya composición de aminoácidos completase de la mejor manera posible las dietas centroamericanas. Este propósito no se lograría expresando los datos en términos de gramos de aminoácidos por 100 gramos de proteína. Más aún, los resultados de los análisis de covariancia muestran que la importancia relativa de los factores que afectan el contenido de aminoácidos, no sufriría ninguna alteración al mantener constante el nitrógeno.

Los datos indican que la fertilidad de la tierra altera significativamente tanto el rendimiento como el contenido de riboflavina del frijol. Sin embargo, las diferencias de fertilidad no afectaron visiblemente el contenido de nitrógeno, metionina, lisina, triptofano, niacina y tiamina, ya que las diferencias entre las frecuencias dentro de cada localidad no fueron significativas. Esto concuerda con los hallazgos de Scharrer y Schreiber (19), en el sentido de que los diferentes grados en que se abona la tierra aumentan el rendimiento global y la cantidad total de proteína contenida en los frijoles, sin influenciar en forma material los porcentajes relativos de proteína cruda, proteína pura, y proteína cruda digerible.

Las variedades de mayor rendimiento de la primera cosecha no fueron las mismas que probaron ser de más rendimiento en la segunda. Asimismo, las variedades que en los terrenos de Alameda fueron las de más alto rendimiento, tuvieron uno relativamente bajo en los cultivos de Bárcenas. La siguiente tabulación de las cuatro variedades de más alto rendimiento, en cada localidad, durante cada siembra, confirma estos datos.

Alameda		Bárcenas	
Primera siembra	Segunda siembra	Primera siembra	Segunda siembra
2458	2450	2829	2465
2464	2476	2808	2473
2829	2425	2809	T2468A
2806	2798	2824	2806

Como se puede observar en este esquema, todas las variedades son distintas, excep-

tuando las identificadas con los números 2829 y 2806, que figuran dos veces. Por consiguiente, si se desea obtener el rendimiento máximo, será necesario desarrollar diferentes variedades de frijol para cada tipo de localidad durante cada una de las estaciones de siembra.

Con excepción del efecto de la repetición sobre el rendimiento, todas las interacciones estadísticamente significativas señalan que la variedad es uno de los factores. Esto indica la existencia de una interacción bastante apreciable entre la composición genética y el medio ambiente en el rendimiento de frijoles.

Por lo tanto, una variedad de alto rendimiento en determinado medio puede ser de bajo rendimiento en otro y como consecuencia, la diferencia en rendimiento entre las diversas variedades fue mínima al promediarse a base de las dos siembras y de las dos localidades. En el grupo de 25 variedades de frijol estudiadas, no se encontró ninguna que rindiera igualmente bien bajo las condiciones prevalentes en las dos localidades o en ambas estaciones de siembra.

Sin embargo, al combinar los datos de las dos localidades, se encontraron diferencias de variedad muy significativas en cuanto al contenido de nitrógeno, lisina, triptofano, niacina y tiamina. Puesto que las diferencias de variedad son básicamente de carácter genético, la composición de los genes que controlan el contenido de cada uno de estos nutrientes tiene que ser distinta en cada una de las variedades estudiadas. La conclusión de que las diferencias genéticas son de gran importancia encuentra aún más sustento en las interacciones altamente significativas de variedad por localidad encontradas en el caso de la mayoría de los nutrientes. Estos resultados concuerdan con los de Gough y Lantzel (20), quienes en ocho variedades de frijol cultivadas en tres localidades de Nuevo México en tres años distintos, observaron diferencias significativas en el contenido de tiamina y de niacina, debidas a variedad, localidad y años, y en cuanto a riboflavina, debidas solamente a los factores variedad y localidad.

En lo que respecta al contenido de nitrógeno, metionina, triptofano, niacina y tiamina, las diferencias de variedad (básicamente genéticas) son más importantes que las interacciones de variedad por localidad (factor genético por medio ambiente). De esto se deduce que la manera más eficaz de aumentar la cantidad de estos nutrientes en los frijoles es la de la selección y distribución de variedades más ricas en estos nutrientes. Ya que los coeficientes de correlación observados entre pares de estos nutrientes fueron todos positivos dentro de las distintas variedades, la selección de variedades, en base a cualquiera de estos nutrientes no tendrá como resultados pérdidas de los otros.

La interacción entre las variedades y las localidades constituye una fuente de variación muy importante para la lisina. Más aún, el efecto de las localidades, por ejemplo el clima óptimo para el cultivo, es un factor significativo en la determinación del contenido de lisina. Por consiguiente, para aumentar la lisina proporcionada por el frijol, se deberían cultivar variedades seleccionadas en aquellas regiones en donde sus características genéticas tienen más oportunidad de traducirse en un valor máximo de sus nutrientes así como de rendimiento. Esto requeriría tanto la selección de variedades como la de regiones apropiadas para su cultivo.

Las diferencias de localidad a localidad, en cuanto al contenido de nitrógeno, metionina y triptofano, fueron amplias. Por lo tanto, el cultivo de variedades de frijol en regiones apropiadas aumentará el contenido promedio de estos tres nutrientes.

En general, el contenido de cada uno de los nutrientes determinados fue más alto en el caso de los frijoles sembrados en Bárcenas que en los cultivados en Alameda. Debido a que no se dispone de suficiente información, no es posible atribuir todas estas diferencias a la desigualdad del clima óptimo para el cultivo prevalente en las dos localidades. Es probable que el terreno empleado en Bárcenas haya sido más fértil

que el que se usó en Alameda. Ya que el 39% o más de la variación total en el contenido de niacina, tiamina y riboflavina, guardó relación con causas fortuitas desconocidas, se requiere investigar más a fondo los factores que afectan el contenido de estos nutrientes. Los coeficientes de variación para los nutrientes analizados fluctuaron entre 10 y 31%, correspondiendo la cifra más alta a la metionina y al triptofano.

Todos los coeficientes de correlación, de variedad a variedad, entre las combinaciones de pares de estos nutrientes fueron positivos, siendo la mayoría de ellos altamente significativos. Esto involucra una de las dos siguientes hipótesis: Primero, la presencia de genes que producen un aumento en el contenido de un nutriente afecta el contenido de los otros nutrientes, haciendo así que aumenten también estos últimos. En otras palabras, el mismo grupo de genes afecta varios nutrientes en el mismo sentido. Segundo, los grupos de genes que afectan los diferentes nutrientes están estrechamente ligados en la fase copulativa. Los datos obtenidos en este estudio no son adecuados para someter a prueba cualquiera de las hipótesis mencionadas. Más aún, no obstante que la mayoría de estos coeficientes de correlación difieren significativamente de cero, también difieren de la unidad en grado significativo.

Los coeficientes de correlación de variedad a variedad altamente significativos entre el rendimiento y los nutrientes nitrógeno, tiamina, niacina y metionina, indican que de las variedades incluidas en este ensayo, las de más rendimiento tendieron a ser de bajo contenido en estos nutrientes y viceversa. Además, esta relación entre rendimiento y nutrientes es primordialmente de naturaleza genética, y los coeficientes de correlación de variedad por localidad y dentro de las frecuencias fueron casi todos mínimos. Greenwood (21) llegó a la conclusión de que en el frijol pinto, y bajo condiciones normales, por ejemplo donde las cosechas no estaban demasiado infestadas con gorgojo o bien afectadas por el granizo, existía una corre-

lación negativa entre el rendimiento y el porcentaje de proteínas. Estos resultados concuerdan con sus hallazgos.

Si es necesario seleccionar variedades de entre las sujetas a estudio, para uso en ambas localidades, las identificadas con los números 2824, 2465, 2829 y 2806 serían al parecer las más indicadas, con base en el rendimiento y en el contenido general de los nutrientes.

RESUMEN

Se determinó el contenido de nitrógeno, metionina, lisina, triptofano, niacina, tiamina y riboflavina en 25 variedades de frijol cultivadas en dos localidades diferentes de Guatemala. Se obtuvieron datos sobre el rendimiento de estas variedades en las dos localidades y para las dos siembras. El rendimiento osciló entre 9,66 y 20,19 "bushels" por acre (promedio de: 16,88 "bushels" por acre). No se encontró variedad alguna que rindiera igualmente bien bajo las condiciones prevalentes en las dos localidades y cuando se hicieron las dos siembras. El contenido de proteína osciló de 20,1 a 27,9% (promedio de: 24,1%), y fue influenciado significativamente tanto por la variedad como por la localidad.

La metionina varió de 0,17 a 0,33% (promedio de: 0,25%), la lisina de 1,69 a 2,24% (promedio de: 1,98%) y el triptofano de 0,14 a 0,22% (promedio de: 0,17%). Esta variación se debió tanto al factor de variedad como de localidad, exceptuando el caso de la metionina, en que las diferencias de variedad no fueron significativas.

La niacina varió de 1,68 a 2,95 mg por 100 g (promedio de: 2,22 mg por 100 g), la tiamina de 0,77 a 1,34 mg por 100 g (promedio de: 1,01 mg por 100 g), y la riboflavina de 0,16 a 0,23 mg por 100 g (promedio de: 0,18 mg por 100 g).

Las diferencias en cuanto al contenido de niacina y de tiamina se debieron en gran parte a factores de variedad. Los valores de riboflavina no presentaron diferencias significativas entre las diversas variedades y localidades.

Todos los coeficientes de correlación de variedad a variedad, el rendimiento y los diferentes nutrientes fueron negativos, exceptuando el coeficiente entre el rendimiento y la riboflavina, que fue mínimo. Puesto que todos los coeficientes de correlación de una a otra variedad entre las combinaciones pares de los nutrientes fueron positivos, la selección de las variedades, considerando cualquiera de estos nutrientes, no tendrá

por resultado pérdidas en el contenido de los demás.

RECONOCIMIENTO

Los Señores Francisco Aguirre, Alvaro Aguirre, Jesús Castro y Carlos Enrique Robles prestaron valiosa ayuda en la realización de los análisis microbiológicos. Se agradece, asimismo, la ayuda financiera de la Fundación Williams-Waterman de la Research Corporation.

REFERENCIAS

- (1) Castillo, A. S., y Flores, M.: Estudios dietéticos en El Salvador. II. Cantón "Platanillos", Municipio de Quezaltepeque, Departamento de La Libertad, *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", p. 54, 1955.
- (2) Flores, M., y Reh, E.: Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. I. Magdalena Milpas Altas, *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", p. 90, 1955.
- (3) Sogandares, L.; Galindo, A. P. de, y Mejía, H. P.: Estudios dietéticos de grupos urbanos y rurales de la República de El Salvador, *Suplemento No. 1 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", p. 27, 1953.
- (4) Jaffé, W. G.: El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana, *Archivos Venezolanos de Nutrición*, 1:107, 1950.
- (5) Eheart, J. F., y col.: Vitamin studies on lima beans, Georgia, Miss., S. Carolina, Virginia Agr. Experiment Stations, Southern Coop. Ser. Bull. 5, 1946.
- (6) Guyer, R. B.; Kramer, A., e Ide, L. E.: Factors affecting yield and quality measurements of raw and canned green and wax beans—a preliminary report, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 56:303, 1950.
- (7) Post, J. J.: Samenhang tussen Weersfactoren en opbrengst van tuinbouwzaden (Radiation between weather conditions and yield of horticultural seeds), *Mededel Direct. Tuinbouw*, 13:23, 1950.
- (8) Casseres, E. H., y Thompson, H. C.: Pruebas de variedades de vainicas en Turrialba, Costa Rica, *Turrialba*, 1:144, 1951.
- (9) Association of Official Agricultural Chemists: Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists, 7a. ed., Washington, D. C., 1950.
- (10) Hamilton, L. F., y Simpson, S. G.: Talbot's Quantitative Chemical Analysis, 9a. ed., The MacMillan Company, New York, 1946.
- (11) Hodson, A. Z., y Norris, L. C.: A fluorometric method for determining the riboflavin content of foodstuffs, *Jour. Biol. Chem.*, 131:621, 1939.
- (12) Hennessey, D. J., y Cerecedo, L. R.: The determination of free and phosphorylated thiamine by a modified thiochrome assay, *Jour. Am. Chem. Soc.*, 61:179, 1939.
- (13) Friedemann, T. E., y Frazier, E. I.: The determination of nicotinic acid, *Arch. Biochem.*, 26:361, 1950.
- (14) Melnick, D.: Collaborative study of the applicability of microbiological and chemical methods for the determination of niacin (nicotinic acid) in cereal products, *Cereal Chem.*, 19:553, 1942.
- (15) Wooley, J. G., y Sebrell, Jr., W. H.: Two microbiological methods for the determination of 1 (-)-tryptophane in proteins and other complex substances, *Jour. Biol. Chem.*, 157:141, 1945.
- (16) Greene, R. D., y Black, A.: The microbiological assay of tryptophane in proteins and foods, *Jour. Biol. Chem.*, 155:1, 1944.
- (17) Horn, M. J.; Jones, D. B., y Blum, A. E.: Microbiological determination of methionine in proteins and foods, *Jour. Biol. Chem.*, 166:321, 1946.
- (18) Horn, M. J.; Jones, D. B., y Blum, A. E.: Microbiological determination of lysine in proteins and foods, *Jour. Biol. Chem.*, 169:71, 1947.
- (19) Scharrer, K., y Schreiber, R.: Gefässversuche über den Einfluss gesteigerter Kalium- und Magnesium düngung auf den Eiweißertreg

- der Ackerbohne (*Vicia faba*) (Pot experiments on the influence of an increased potassium and magnesium fertilization on the protein yield of the field beans), *Bodenk u Pflazenernähr*, 30:360, 1943.
- (20) Gough, H. W., y Lantz, E. M.: Relation of variety and locality to niacin, thiamine and riboflavin content of dried beans grown in three years, *Food Research*, 15:308, 1950.
- (21) Greenwood, M. L.: Chemical composition of New Mexico pinto and bayo beans, *New Mexico Agr. Expt. St. Bull.*, 213, 1933.