

COMPLEMENTACION Y SUPLEMENTACION DE MEZCLAS VEGETALES A BASE DE ARROZ Y FRIJOL¹

*Emilio Vargas², Ricardo Bressani³, Luiz G. Elías⁴ y
J. Edgar Brabam⁴*

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

RESUMEN

Se llevó a cabo una serie de experimentos con animales de laboratorio, para establecer la mejor complementación de las proteínas del arroz y del frijol. Un segundo propósito fue medir posibles diferencias proteínicas, en

Manuscrito modificado recibido 12-4-82

- 1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos adjudicados por el Programa Mundial Contra el Hambre, de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU)
- 2 Investigador Asociado del Programa INCAP/UNU, con sede en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). En la actualidad es Investigador del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), Tres Ríos, República de Costa Rica, C. A.
- 3 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP. Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 4 Científicos de la citada División

Publicación INCAP/UNU-11.

términos de calidad y cantidad, de algunas variedades de frijol, y tercero, cuantificar el efecto de la suplementación proteínica de origen animal (carne o leche) y calórica (aceite), sobre el valor nutritivo de mezclas preparadas a base de arroz y frijol.

En los estudios de complementación se evaluaron tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) y una de arroz blanco y pulido. El estudio consistió en sustituir parcialmente y en forma escalonada la proteína de un grano por la del otro. Con estas mezclas se prepararon dietas para ratas jóvenes, evaluándose el efecto de la complementación de cada variedad de frijol con el arroz, a través de la razón proteínica neta (NPR). Los resultados indicaron que las proteínas del arroz y del frijol se complementaban mutuamente cuando el arroz aportaba de 90 a 40% de la proteína de la dieta y el frijol de 10 a 60%. Se encontró, asimismo, que la variedad de frijol S-19-N, contiene mayor cantidad y calidad de proteína que las otras dos variedades estudiadas (Suchitán y Turrialba). El valor proteínico relativo de la mezcla de arroz: frijol en la proporción de 60:40, base proteínica (mezcla óptima), fue de 87% en relación a la caseína, al utilizar la variedad S-19-N.

Para los estudios de suplementación se utilizó la mezcla de 60:40 y una mezcla de arroz: frijol en proporción de 35:65, base proteínica. Cada mixtura se suplementó con proteína de leche o carne, sustituyéndose la proteína vegetal por proteína animal a niveles de 0,5, 10 y 15%. Asimismo, la densidad calórica de la mezcla se incrementó en 0,7, 14 y 21% sobre un valor basal de 360 Kcal/100g. La evaluación se realizó en ratas de 21-23 días de edad, utilizándose la NPR como medida de calidad de la dieta. Los resultados revelaron que la carne y la leche constituyen suplementos de igual calidad para mezclas preparadas a base de arroz y frijol. Para la mixtura de 60:40 no se encontró ningún efecto positivo causado por la suplementación proteínica.

La mezcla 35:65 sí mejoró con la suplementación proteínica, alcanzando un valor proteínico equivalente al de la mezcla de 60:40 con el nivel de suplementación de 15%. Ambas mezclas fueron ligeramente favorecidas por la suplementación con 7% de energía. Debe señalarse que aun cuando el consumo de alimento, proteína y energía de los animales que recibieron la mezcla de 60:40 fue superior al 100% en comparación con los alimentados con caseína, la NPR, la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron sólo de 88, 87 y 82% comparada con ésta. Luego se hizo un cálculo del consumo, costo y área cultivada necesaria para mantener el equilibrio nitrogenado de una población adulta alimentada a base de arroz y frijol, con o sin suplemento de leche.

INTRODUCCION

Es un hecho reconocido que el arroz es uno de los alimentos

principales de muchas poblaciones del mundo. El consumo del arroz generalmente se acompaña de una leguminosa, especialmente el frijol, constituyendo estos dos alimentos la dieta básica de la mayoría de los pobladores.

Numerosos investigadores han señalado en sus estudios con animales de laboratorio, que la proteína del arroz es deficiente en lisina y treonina, y relativamente rica en aminoácidos azufrados (1, 2). Asimismo, se ha demostrado que la proteína del frijol es deficiente en aminoácidos azufrados y de alto contenido en lisina y treonina. Bressani y Valiente (3) en sus estudios con animales, encontraron que el crecimiento máximo y la mayor utilización proteínica se obtienen cuando el arroz aporta del 50 al 80% de la proteína de la dieta, y el frijol, del 20 al 50%.

Se ha informado (1) que a pesar de que las mezclas de arroz y frijol son de mejor calidad que las elaboradas a base de maíz y frijol, las primeras siguen siendo limitantes en metionina, lisina y treonina.

Estudios efectuados en perros (4) con dietas de maíz y frijol en la proporción de 6:1 por peso, suplementadas con proteína de origen animal y/o energía, han revelado que la suplementación calórica mejora la ganancia de peso y la relación de nitrógeno de los animales, especialmente cuando el consumo de proteína es bajo (3 g de proteína/kg/día). Asimismo, se encontró que la dieta de maíz:frijol, suplementada con 25% de calorías sobre su valor basal, mejoró sustancialmente la ganancia de peso de los animales, así como su retención de nitrógeno al ser suplementada con leche. Otros estudios (5) indican que los alimentos de origen vegetal y de uso común por la población, como son las tortillas, mejoran sustancialmente su valor nutricional al suplementarse con proteína de origen animal o con harina de soya integral.

Por otra parte, se ha sugerido la existencia de posibles diferencias genéticas en cuanto a la calidad proteínica de las diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), diferencias que se asocian al contenido de taninos, que son inhibidores de tripsina, y al contenido de aminoácidos azufrados (6).

En vista de que en algunos países de Centroamérica, la combinación de arroz y frijol constituye la base de la dieta de sus pobladores de escasos recursos, se diseñó una serie de estudios con el objeto de establecer la mejor complementación de las proteínas del arroz y el frijol. Se intentó también cuantificar el efecto de la suplementación proteínica de origen animal (carne o leche) y calórica (aceite) de mezclas a base de arroz y frijol. Un tercer objetivo

fue medir las posibles diferencias entre las variedades de frijol producidas y consumidas en el área, en cuanto a su capacidad de complementar al arroz blanco comercial que se utiliza en estos países.

MATERIALES Y METODOS

Análisis Químicos

Los análisis químicos se efectuaron mediante las siguientes técnicas:

a) humedad y proteína cruda (Nx6.25) según la AOAC (7); b) taninos (como ácido tánico) (8); c) inhibidores de tripsina (9); d) aminoácidos, por cromatografía de columna (10), y e) triptofano, según la técnica del INCAP (11).

Ensayos de Complementación

Se utilizaron tres variedades de frijol negro y una de arroz blanco, según se detalla en la Tabla 1, donde también se indica el procesamiento al cual fueron sometidos antes de su uso. Para cada variedad de frijol se prepararon 11 dietas con el arroz, en las que el frijol aportaba el 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 y 10% de la proteína, mientras que el arroz suplía 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% de las mismas, respectivamente. Se preparó además una dieta control con caseína, y otra libre de nitrógeno. Cada dieta incluía además, en términos de porcentajes: mezcla mineral (12), 4.0; aceite de semilla de algodón, 5.0; aceite de hígado de bacalao, 1.0; y almidón de maíz para completar el 100%. Las dietas se complementaron también con 5 ml de una mezcla de vitaminas (13). El análisis de proteína (N x 6.25) indicó un contenido promedio de este nutriente, en todas las dietas —excluyendo la libre de nitrógeno— de $7.37 \pm 0.18\%$, y el cálculo de su contenido calórico, un promedio de 389 ± 6 Kcal/100 g.

Cada dieta así preparada se suministró a ratas Wistar de 21 a 23 días de edad, las cuales fueron seleccionadas de modo que el peso entre grupos fue similar (± 1 g) y que cada grupo estuviera constituido por ocho animales, cuatro machos y cuatro hembras. Los animales se alojaron en jaulas individuales con piso metálico levadizo. En todos los casos se administró *ad libitum* tanto el agua como las raciones experimentales. Los animales y el alimento se pesaron al inicio y al final del experimento, el cual tuvo una

TABLA 1
INGREDIENTES UTILIZADOS EN LOS ESTUDIOS

Alimento	Característica
Arroz ¹	Blanco pulido, del tipo comercial producido y consumido en Guatemala
Frijol Suchitán ²	Negro, del tipo comercial producido y consumido en Guatemala
Frijol Turrialba ²	Negro, del tipo comercial producido y consumido en Guatemala
Frijol S-19-N ³	Negro, de la variedad S-19-N, cultivada en la Finca Experimental del INCAP, en 1978. Se usó fertilizante a razón de 200 kg/ha de la fórmula 12-24-12. La producción promedio fue de 1,400 kg/ha
Leche descremada	Se utilizó leche marca "Carnation", del tipo "instant non-fat dry milk", Carnation Company, Los Angeles, California, EUA
Carne	Se utilizó carne de res magra molida, y se secó a 60°C en horno con aire forzado durante 15 horas. Luego se molió

1 El arroz se suministró crudo y molido en malla de 1 mm.

2 Variedades utilizadas en los estudios de complementación de las proteínas del arroz y de los frijoles.

3 Variedad de frijol usada en todos los estudios aquí informados.

2. 3 Todos los frijoles se prepararon remojándolos por 16 horas en agua, en la proporción de 3:1, agua:frijol. El agua de remojo y los frijoles flotantes se eliminaron. Se le agregó agua fresca en la proporción de 3:1 y se sometió al autoclave por 20 minutos a 15 RSI y 120°C. Luego se secaron incluyendo el caldo, a 60°C en horno con aire forzado, por 24 horas.

duración de 10 días. Al final de dicho período se sacrificaron cuatro animales de cada grupo (2 machos y 2 hembras) y se determinó en el carcás total su contenido de humedad y grasa. Con base en estos datos, y en los análisis de nitrógeno respectivos, se calculó la razón proteínica neta (NPR) según la técnica de Bender y Doell (14).

Ensayos de Suplementación

Se utilizó la variedad de frijol negro S-19-N y la misma variedad de arroz usada en los ensayos de complementación. Ambos alimentos eran del mismo lote y fueron procesados en las condiciones ya indicadas. Además, se empleó leche descremada y deshidratada, así como carne de res deshidratada, cuyo procesamiento y composición se detalla en las Tablas 1 y 2.

TABLA 2

COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO DE AMINOACIDOS
DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

	Frijoles				Carne	Leche
	Arroz	Suchitán	Turrialba	S-19-N		
Humedad, %	12.36	13.21	13.37	11.89	6.30	4.00
Materia seca, %	87.64	86.79	86.63	88.11	93.70	96.00
Proteína, % (Nx6.25)	7.99	22.31	23.57	26.54	81.50	33.00
Inhibidores de tripsina (UTI)	—	11.33	13.49	13.91	—	—
Taninos, % (ácido tánico)	—	1.03	1.34	0.93	—	—
Aminoácidos (mg/g de N):						
Isoleucina	104	—	—	383	—	163
Leucina	421	—	—	453	—	645
Lisina	142	—	—	340	—	542
Metionina ¹ + cistina	229	119	119	119	228	220
Fenilalanina + tirosina	334	—	—	428	—	538
Treonina	131	—	—	214	—	152
Triptofano ²	76	78	71	60	76	86
Valina	220	—	—	222	—	332

¹ Valores de la FAO (17).

² Determinado por el método microbiológico (11).

En base a los hallazgos anteriores, se escogió para el estudio la mezcla de arroz:frijol en la proporción de 60:40 en base proteínica. Además, se evaluó una mezcla de arroz:frijol de 35:65 en base proteínica, la cual es semejante a la proporción de arroz:frijol que consumen las familias del área rural de Costa Rica.

Cada una de estas dos mezclas se suplementó con cuatro niveles de proteína proveniente de leche o de carne y cuatro niveles de energía, agregada en forma de aceite. Se utilizó la caseína como control, con cuatro niveles de energía, dando así un quinto factor de proteína.

Las cantidades de proteína de origen animal (carne o leche) utilizadas fueron 0, 5, 10 y 15% de la proteína de la dieta, sustituyendo cantidades equivalentes de proteína cruda de origen vegetal. La densidad calórica de la dieta se incrementó en un 0, 7, 14 y 21% por arriba del contenido calórico de la dieta original, que era de 360 Kcal/100 g. Así, el diseño experimental consistió en dos factoriales, con ocho repeticiones por celda, como sigue:

- a) mezcla x proteína x energía, formando un factorial de $2 \times 5 \times 4$;
- b) tipo de proteína animal x proteína x energía, formando un factorial de $2 \times 5 \times 4$.

Se prepararon dietas para ratas jóvenes compuestas que, en términos de porcentaje fueron: mezcla mineral (12), 4,0; aceite de semilla de algodón 1,0; aceite de hígado de bacalao, 1,0; la mezcla en estudio, caseína, leche, carne y aceite al nivel requerido, y almidón de maíz para completar el 100%. También se elaboraron dos grupos de cuatro dietas libres de nitrógeno con los cuatro niveles de energía. En las ocho dietas de caseína y libres de nitrógeno, se utilizó además 5% de celulosa. A todas las dietas se les adicionó 5% en volumen de una solución de vitaminas (13). El análisis de proteína (N x 6.25) mostró un promedio de todas las dietas, excluyendo las libres de nitrógeno de $8.77 \pm 0.17\%$. El contenido calórico promedio fue de 365 ± 4 , 390 ± 4 , 414 ± 3 y 439 ± 3 Kcal/100 g para las dietas con 0, 7, 14, y 21% de suplemento calórico, respectivamente.

Las dietas así preparadas se suministraron a ratas Wistar de 21 a 23 días de edad, y se siguieron las mismas técnicas descritas en los ensayos de complementación para medir la NPR (14).

Los datos recabados en la forma señalada se sometieron a análisis de varianza en los factoriales descritos para cada ensayo.

En el caso en que hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los factores analizados, se aplicó la prueba de Duncan con el propósito de diferenciar entre los promedios. También se realizaron análisis de regresión cuadrática.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se presentan algunas de las características químicas y el contenido de aminoácidos de los materiales utilizados en los ensayos. Como se observa, la variedad de frijol S-19-N muestra un contenido de proteína cruda superior al de las otras dos variedades. Asimismo, esta variedad fue la que acusó la mayor concentración de inhibidores de tripsina y la menor de ácido tánico. El contenido de aminoácidos esenciales es el normal en este tipo de productos.

El efecto de la complementación de las proteínas del arroz y el frijol se muestra en la Tabla 3 y en la Figura 1. Los hallazgos revelan que la mayor utilización de la proteína se obtiene cuando el arroz aporta de 40 a 90% de la proteína de la dieta, y el frijol de 10 a 60% de ésta. En este rango no se constató ninguna diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los valores de NPR de las dietas y fueron, a su vez, significativamente superiores a las demás mezclas estudiadas, incluyendo el arroz puro. Este hecho indica que en el rango de mezclas señaladas como de calidad superior, los patrones de aminoácidos de ambas fuentes se complementan mutuamente. El rango encontrado es un poco más amplio que el notificado por Bressani y Valiente (3), que es de 50 a 80% para el arroz, y de 20 a 50% para el frijol. En cantidades absolutas de peso de grano, la mezcla de 90% de proteína de arroz y 10% de proteína de frijol representa 95 g de arroz y 5 de frijol; la mezcla de arroz:frijol en la proporción de 40:60 equivale a 70 g de arroz y 30 g de frijol.

Desde el punto de vista de tecnología de alimentos y nutricional, este amplio rango, en el que el arroz y los frijoles se complementan, permite formular una gran gama de posibles mezclas. Ello depende de la disponibilidad de las materias primas, precio de las mismas, características organolépticas del producto final, hábitos alimenticios y necesidades nutricionales de la población (más proteína o más energía), sin menoscabo de la calidad nutricional del producto final.

No obstante la existencia de un amplio rango en el cual cualquier mezcla de arroz y frijoles tiene un valor proteínico estadísti-

TABLA 3

**EFFECTO DE LA COMPLEMENTACION DE LAS PROTEINAS
DEL ARROZ Y TRES VARIETADES DE FRIJOL NEGRO, SOBRE LA
RAZON PROTEINICA NETA (NPR) EN RATAS EN CRECIMIENTO**

Relación arroz: frijol en base proteínica	Variedad de frijol			
	Suchitán 8 ¹	Turrialba 8	S-19-N 8	Promedio 24
100:0	3.41	3.41	3.41	3.41 ^{cde}
90:10	3.48	3.42	3.77	3.56 ^{bcd}
80:20	3.64	3.68	3.95	3.76 ^b
70:30	3.79	3.44	3.93	3.72 ^b
60:40	3.66	3.65	4.06	3.79 ^b
50:50	3.63	3.64	3.82	3.70 ^b
40:60	3.60	3.66	3.65	3.64 ^{bc}
30:70	3.30	3.22	3.46	3.33 ^{de}
20:80	3.32	3.03	3.15	3.17 ^e
10:90	2.11	2.00	2.65	2.25 ^f
0:100	1.91	1.80	2.24	1.99 ^f
Caseína	4.69	4.69	4.69	4.69 ^a
Promedio	3.38 ³	3.30 ³	3.57 ²	

¹ Número de réplicas.

a, b, c, d, e, f: Los promedios en una columna identificados con la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.05$).

2, 3 Los promedios en una línea identificados con el mismo número no difieren entre sí ($P < 0.05$).

camente igual, los resultados indican que la mezcla de 60:40 es la que muestra un valor numérico superior. Su valor proteínico, como promedio de las tres variedades, es de 81% en relación a la caseína, que se tomó como 100% (NPR de las mezclas = 3.79; NPR de la caseína = 4.69). Este hecho señala la factibilidad de mejorar sustancialmente esta mezcla, hasta alcanzar valores iguales o superiores a los de la caseína.

Los resultados muestran, asimismo, que la variedad de frijol negro S-19-N es significativamente ($P < 0.05$) superior a las otras

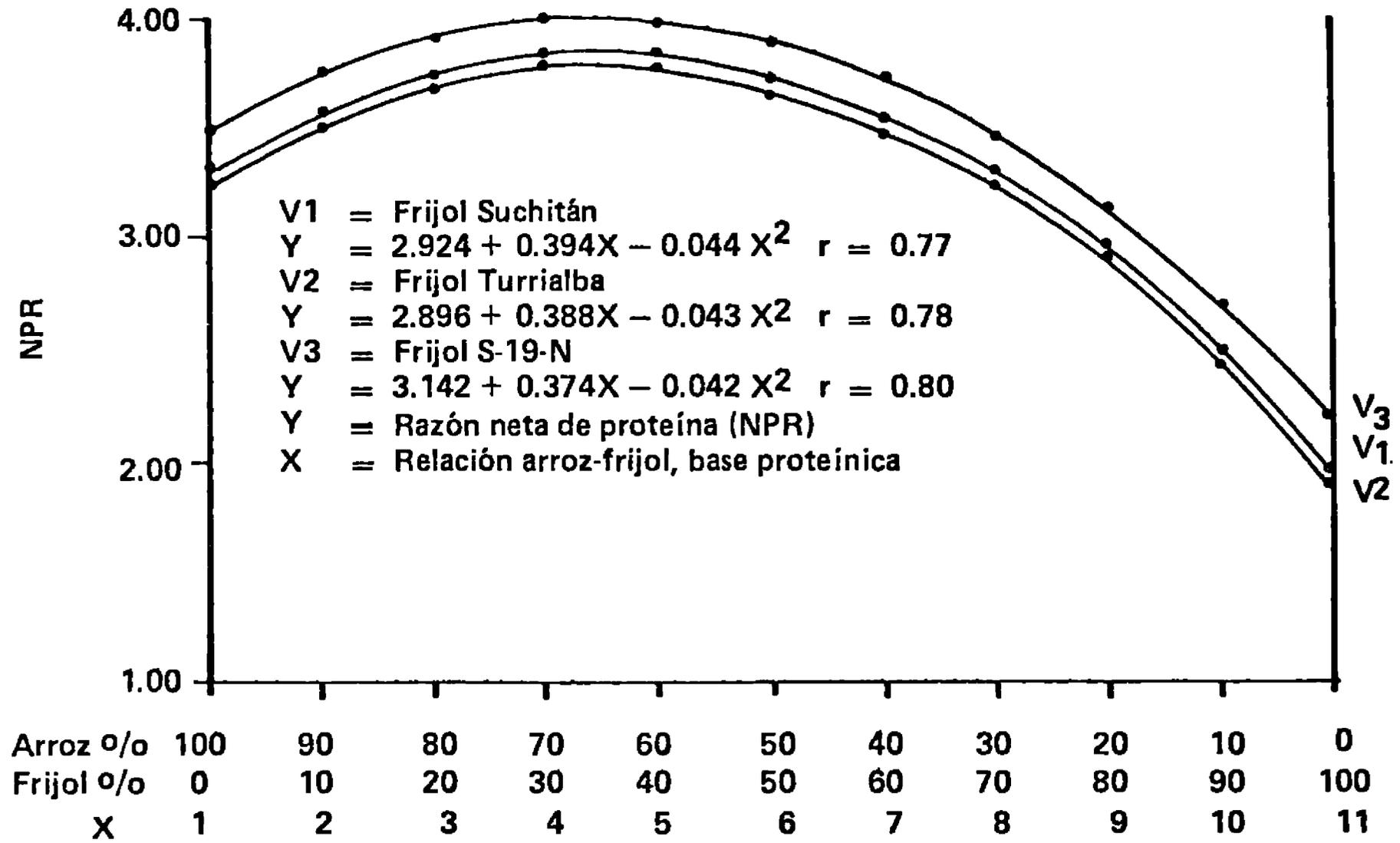


FIGURA 1

Complementación proteínica entre el arroz blanco y tres variedades de frijol negro

variedades de frijol sometidas a estudio. A juzgar por los análisis químicos realizados, los factores que podrían influir serían su menor contenido de ácido tánico, así como su mayor contenido de inhibidores de tripsina. Se sabe (6) que los taninos disminuyen la digestibilidad de la proteína de los frijoles, y también se ha sugerido (15) una correlación positiva entre el contenido de inhibidores de tripsina y el valor biológico de la proteína del frijol. Esto se explica por la presencia de una mayor concentración de aminoácidos azufrados en las proteínas que forman los inhibidores y que, al ser desnaturalizados por el calor, libera los aminoácidos azufrados que quedan disponibles para el animal. El hallazgo de que la variedad de frijol S-19-N contiene mayor concentración de proteína y que su valor proteínico es mejor que el de las otras variedades investigadas, merece un estudio a fondo, debido a que éste podría tener gran relevancia para la posible mejora genético-nutricional del frijol, así como para esclarecer el problema de la baja utilización biológica de las proteínas de los frijoles por parte de animales y del hombre.

En la Tabla 4 se detallan los cambios en composición corporal observados en ratas alimentadas con diferentes mezclas a base de arroz y frijol. Según se indica, el contenido de humedad en el carcás aumenta en forma lineal a medida que asciende el contenido de frijol en la dieta, acompañado en todos los casos de un descenso en el contenido de grasa corporal. Tal como se observa, las ratas alimentadas con la mezcla de 60:40 mostraron una composición corporal semejante al de las ratas alimentadas con caseína. Se ha indicado (16) que las dietas con un desbalance de aminoácidos provocan en los animales trastornos en su composición corporal. En este caso, las dietas con bajo contenido de aminoácidos azufrados inducen un bajo contenido de grasa y un alto contenido de humedad, mientras que aquéllas con bajo contenido de lisina y treonina inducen la acumulación de grasa y una disminución de agua corporal. Este fenómeno de cambio en la composición corporal de las ratas merece también un cuidadoso examen, con el propósito de establecer el efecto que todos estos fenómenos podrían tener en una población humana alimentada a base de arroz.

El efecto que la suplementación con proteína animal y calorías ejerce sobre la calidad proteínica de mezclas a base de arroz y frijol se expone en la Tabla 5. Según se observa, la mezcla de 60:40 no fue afectada en forma significativa por la suplementación proteínica, mientras que la calidad proteínica de la mezcla de 35:65 sí mejoró en forma significativa al ser ésta suplementada

TABLA 4

**EFFECTO DE LA COMPLEMENTACION DE LAS PROTEINAS
DEL ARROZ Y DEL FRIJOL, SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD
Y GRASA EN EL CARCAS DE RATAS EN CRECIMIENTO
(PORCENTAJES)**

Relación arroz: frijol (base proteínica)	Contenido	
	Humedad	Grasa ^{1,2}
100:0	60.40 ^d	44.04 ^a
90:10	61.89 ^c	43.52 ^a
80:20	62.20 ^c	44.02 ^a
70:30	61.30 ^{cd}	45.57 ^a
60:40	63.89 ^b	41.04 ^b
50:50	64.78 ^b	38.06 ^{cd}
40:60	64.96 ^b	36.88 ^{cd}
30:70	64.54 ^b	37.26 ^{cd}
20:80	65.08 ^b	35.82 ^{de}
10:90	65.24 ^{ab}	35.55 ^{de}
0:100	66.53 ^a	34.31 ^e
Caseína	65.15 ^b	39.49 ^{bc}

1 Cada cifra representa un promedio de 12 réplicas.

2 Porcentaje en base seca.

a, b, c, d: Los promedios en una columna identificados con la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.05$).

con 50/o de proteína animal. Asimismo, la Tabla muestra que la mezcla de 60:40 es significativamente ($P < 0.05$) de mejor calidad proteínica que la mezcla de 35:65. Esto último confirma los hallazgos de los ensayos de complementación, así como los de Bressani y Valiente (3) en los que se demuestra que mezclas a base de arroz y frijol en las que el arroz aportó menos del 40/o de la proteína, son de inferior calidad nutritiva. Es posible que el hecho de que la suplementación proteínica no mejore la utilización de la proteína por parte de los animales alimentados a base de la mezcla de 60:40 se deba a que la calidad nutritiva de esta mezcla es alta en relación al suplemento agregado (carne o leche). Es sabido que

TABLA 5

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION PROTEINICA Y CALORICA A DIETAS A BASE DE ARROZ Y FRIJOL, SOBRE LA RAZON DE PROTEINA NETA (NPR) DE RATAS EN CRECIMIENTO

% de suplemento	Relación arroz: frijol		\bar{x}
	(Base proteínica)		
	60:40	35:65	
Proteína animal	64 ¹	64	128
0	3.82 ^b	3.28 ^c	3.55 ^c
5	3.78 ^b	3.48 ^b	3.63 ^{bc}
10	3.85 ^b	3.43 ^b	3.64 ^{bc}
15	3.74 ^b	3.57 ^b	3.66 ^b
Caseína	4.32 ^a	4.12 ^a	4.22 ^a
\bar{x}	3.90 ²	3.58 ³	—
Calorías	80 ¹	80	160
0	3.76 ^b	3.53 ^b	3.64 ^c
7	3.93 ^a	3.73 ^a	3.83 ^a
14	3.91 ^a	3.55 ^b	3.73 ^b
21	4.01 ^a	3.51 ^b	3.76 ^{ab}
\bar{x}	3.90 ²	3.58 ³	—

1 Número de réplicas.

a, b, c: Los promedios en una columna para cada tipo de suplemento identificados con la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.05$).

2, 3 Los promedios en una misma línea, para cada tipo de suplemento identificados con el mismo número, no difieren entre sí ($P < 0.05$).

la leche y la carne contienen proteínas cuyos aminoácidos limitantes son los azufrados (17), y también se ha demostrado (18) que mezclas a base de arroz y frijol en proporciones en las que su calidad nutritiva es superior, sus aminoácidos limitantes son los azufrados, por lo que pequeñas cantidades de este tipo de suplemento proteínico no pueden mejorar la utilización de la proteína de este

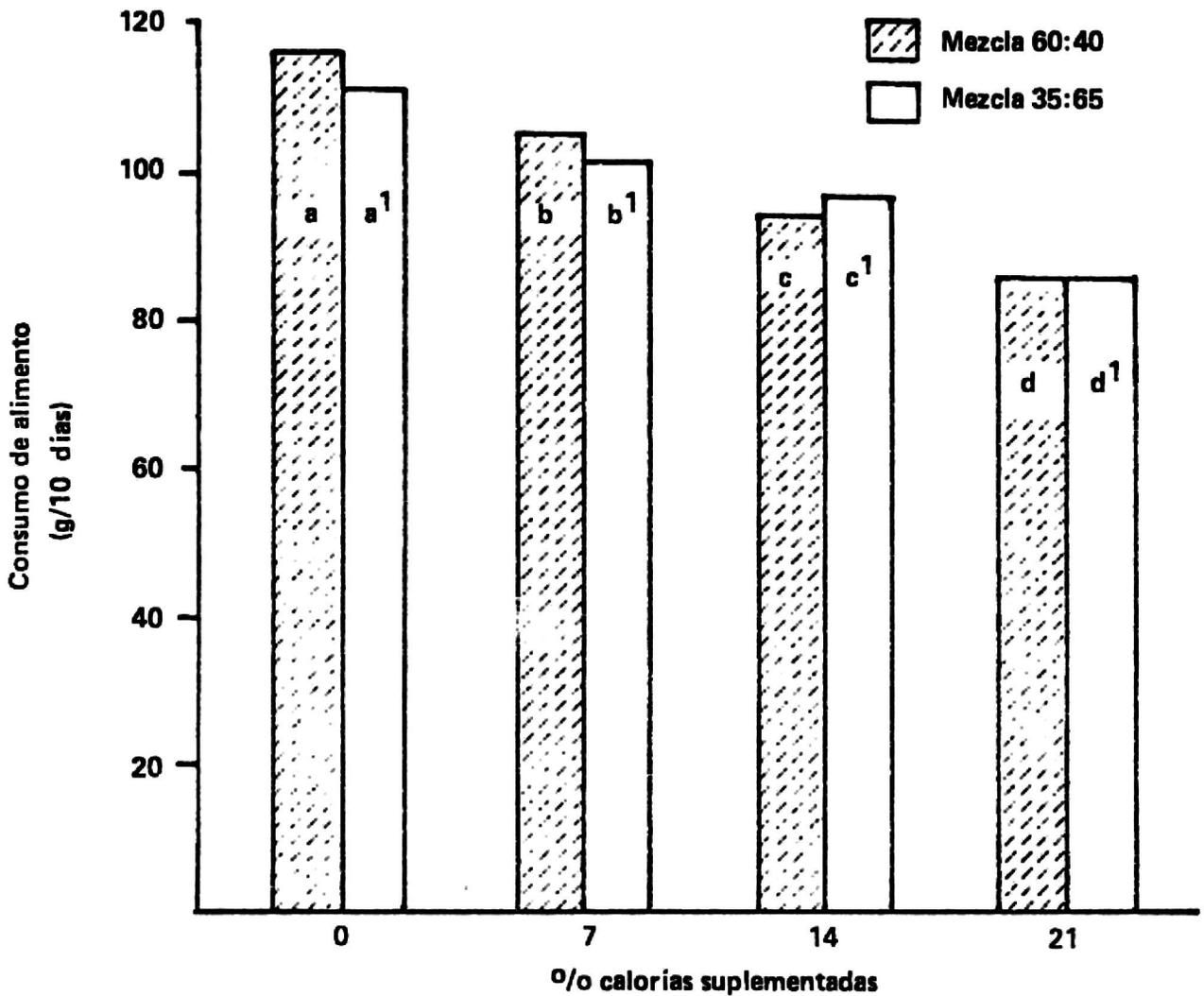
tipo de mezclas, como se ha señalado antes (19). En el caso de la mezcla de 35:65, debido a su relativa baja calidad en relación al suplemento proteínico agregado, sí se observó una mejora significativa al usarse el suplemento con proteína animal.

Según se aprecia en la Tabla 5, la suplementación calórica en un 70% mejoró en forma significativa ($P < 0.05$) la utilización de la proteína de ambas mezclas. En cambio, una densidad calórica mayor no tiene ningún efecto sobre la utilización de la proteína de la mezcla 60:40, pero sí ejerce un efecto negativo en la mezcla 35:65. Según se ha señalado (4), la suplementación calórica mejora la utilización de la proteína cuando la dieta es de bajo contenido calórico.

En la Figura 2 se muestra gráficamente que la suplementación calórica produjo un descenso significativo en el consumo de nutrientes esenciales para el animal, con excepción del consumo de calorías, el cual permaneció constante hasta un nivel de 70% de incremento, para luego descender en forma significativa. Se ha sugerido (20) que cuando la ingesta de proteína disminuye, su utilización aumenta. En este caso, el consumo de proteína disminuyó y el de calorías permaneció constante hasta 70%, por lo que el animal hizo una buena utilización de la proteína. Todo ello se acompañó de un significativo descenso en la tasa de crecimiento de los animales para cada incremento en densidad calórica de la dieta.

El efecto del tipo de proteína animal con que se suplementaron las mezclas a base de arroz y frijol, sobre la calidad proteínica de éstos, se muestra en la Tabla 6. Según se observa, ambos suplementos proteínicos tienen características similares como tales, y no se apreció ninguna mejora en la utilización de la proteína por parte de los animales. Al combinarse estos suplementos con calorías se constató que la utilización de la proteína de la mezcla de arroz:frijol, suplementada con carne y 70% de energía, sí mejoró en forma significativa.

Un resumen de la suplementación de mezclas de arroz y frijol con proteína animal y su efecto en el comportamiento de ratas en crecimiento, se aprecia en la Tabla 7. Según se indica, el consumo de alimento, proteína y calorías de ambas mezclas fue de 100% en relación a los animales que recibieron caseína. Sin embargo, la NPR, la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron inferiores a 90% en todos los casos en relación a la caseína, obteniéndose valores hasta de 72% de ganancia ponderal en los animales que consumieron la mezcla de 35:65 sin suplementar. Estos resultados implican que existe algún factor o factores que limitan la



a, b, c, d Columnas con letras distintas son significativamente
a', b', c', d' diferentes (P < 0.05.)

FIGURA 2

Efecto de la suplementación calórica de mezclas a base de arroz y frijol sobre el consumo alimentario de ratas en crecimiento

TABLA 6

INTERACCION ENTRE LA SUPLEMENTACION CALORICA Y
 PROTEINICA Y EFECTO DEL TIPO DE PROTEINA ANIMAL
 UTILIZADO PARA SUPLEMENTAR MEZCLAS A BASE DE ARROZ
 Y FRIJOL, SOBRE LA RAZON PROTEINICA NETA (NPR)
 RELATIVA A LA CASEINA, EN RATAS

°/o de suplemento	Tipo de proteína animal		\bar{x}
	Leche	Carne	
Proteína	64 ²	64	128
0	84 ^b	85 ^b	84 ^b
5	86 ^b	86 ^b	86 ^b
10	85 ^b	87 ^b	86 ^b
15	86 ^b	88 ^b	87 ^b
\bar{x}	85	86	86
Caseína	100 ^a	100 ^a	100 ^a
Calorías	80 ²	80	160
0	88 ^b	89 ^c	89 ^c
7	89 ^b	94 ^b	92 ^b
14	90 ^b	88 ^c	89 ^c
21	85 ^b	85 ^c	85 ^c
\bar{x}	88	89	89
Caseína	100 ^a	100 ^a	100 ^a

1
$$\text{NPR relativa} = \frac{\text{NPR dieta}}{\text{NPR caseína}} \times 100.$$

2 Número de réplicas.

a, b, c: Los promedios en una columna para cada tipo de suplemento identificados con la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.05$).

TABLA 7

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON PROTEINA ANIMAL A
DIETAS A BASE DE ARROZ Y FRIJOL, SOBRE EL COMPORTAMIENTO
DE RATAS EN CRECIMIENTO**

Parámetro ¹ medido	Mezcla de arroz: frijol 60:40				Mezcla de arroz: frijol 35:65			
	Proteína animal suplemen- tada, %				Proteína animal suplemen- tada, %			
	0	5	10	15	0	5	10	15
NPR	88	88	89	87	80	84	83	87
Consumo alimenticio	106	101	99	98	100	101	99	104
Consumo de proteína	102	99	97	98	98	99	96	102
Consumo de calorías	104	99	98	97	100	101	100	103
Ganancia de peso	87	81	83	80	72	79	75	86
Conversión alimenticia	82	78	81	80	68	71	72	81

1 Cada valor se calculó dividiendo el valor promedio correspondiente en la dieta experimental entre el valor promedio de la caseína correspondiente, multiplicado por 100.

TABLA 8

CALCULO DEL CONSUMO, COSTO Y AREA DE CULTIVO
NECESARIA PARA MANTENER EL EQUILIBRIO NITROGENADO
DE UNA POBLACION ADULTA, ALIMENTADA A BASE DE
ARROZ Y FRIJOL (POBLACION, 1,000,000 HABITANTES)

	Mezcla arroz: frijol	
	60:40	35:65 + 15% proteína de leche
<i>Ingesta de nutrientes (ton/día):</i>		
Nitrógeno para equilibrio ¹	5.7	5.7
Arroz, 10% de humedad	262.0	130.0
Ingesta de frijol, 10% de humedad	53.0	73.0
Ingesta de leche fluida	—	163.0
<i>Costo de nutrientes (\$/día): *</i>		
Arroz ²	141,480.0	70,200.0
Frijol ³	35,510.0	48,910.0
Leche ⁴	—	73,350.0
TOTAL	176,990.0	192,460.0
<i>Area cultivada (ha/año):</i>		
Arroz ⁵	42,705.0	21,170.0
Frijol ⁶	40,150.0	55,480.0
Leche (ha de pastos) ⁷	—	9,916.0
TOTAL	82,855.0	86,566.0

1 En base a estudios de índice de balance de nitrógeno en humanos adultos alimentados con arroz y frijoles. Datos de E. Vargas y R. Bressani, no publicados.

2 Se asume un arroz con 8.21% de proteína, a un costo de \$0.54/kg.

3 Se asume un frijol con 27.11% de proteína a un costo de \$0.67/kg.

4 Leche fluida con 3.3% de proteína a un costo de \$0.45/litro.

5 Se asume rendimientos de 2.24 ton/ha.

6 Con rendimientos de 0.48 ton/ha.

7 Se asume un sistema de producción de leche con una extracción de 6,000 litros ha/año.

* Dólares de los EUA.

utilización de los alimentos de origen vegetal por animales, en la fase de crecimiento. Entre dichos factores podrían señalarse la baja digestibilidad de las proteínas vegetales, el imbalance de aminoácidos, y la presencia de factores como inhibidores de tripsina y taninos, por ejemplo. En forma individual o combinada, esos factores bien podrían ser la causa del bajo rendimiento de los animales alimentados a base de proteínas vegetales, en contraste con el de aquellos cuya alimentación es a base de proteína de origen animal. Cabe señalar, asimismo, que la mezcla de 35:65 suplementada con 15% de proteína animal, acusa un valor nutritivo semejante al de la mezcla de 60:40, sin suplemento proteínico.

En base a los resultados anteriores, se calculó el consumo, costo y área de cultivo que se necesita para mantener el equilibrio nitrogenado de una población adulta alimentada a base de arroz y frijol (Tabla 8). Según se indica, el sistema alimenticio a base de arroz y frijol, más leche, es un poco más caro y requiere mayor área de cultivo que el sistema sin leche. No obstante, este último sería menos monótono y, a largo plazo, podría tener consecuencias favorables para la población. Por otra parte, dicho sistema implica un menor consumo de frijol, el cual constituye un alimento limitante en muchos países debido a las dificultades que implica su producción.

Finalmente, cabe agregar que los datos recabados en nuestros laboratorios en seres humanos, sugieren que el sistema de arroz: frijol en la proporción de 60:40 suplementado con leche, tiene ventajas económicas y nutricionales, en contraposición al sistema de alimentación carente de suplemento.

SUMMARY

COMPLEMENTATION AND SUPPLEMENTATION OF VEGETABLE MIXTURES BASED ON RICE AND BEANS

A series of experiments in laboratory animals was carried out to determine the best complementation of rice and beans proteins. A second purpose was to measure possible protein differences of some bean varieties, both in quality and quantity terms, and third, to quantify the effect of animal protein (meat or milk) and calories (oil) supplementation, on the nutritive value of rice-bean mixtures.

Three back beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties and one of white polished rice were evaluated in the complementation studies. These consisted in partially substituting, by stages, the proteins of one grain for that of the other. Diets for young rats were prepared with these mixtures, evaluating the complementary effect of each bean variety rice combination, by the net protein ratio (NPR). Results indicated that rice and bean proteins were mutually complementary when rice supplied from 90 to 40% of the protein in the diet and beans, from 10 to 60%. It was also found that the S-19-N bean variety contains more good-quality protein than the other two varieties studied (Suchitán and Turrialba). The relative protein value of the rice: bean mixture in the 60:40 proportion, protein basis (optimum mixture) was 87% that of casein when utilizing the S-19-N variety.

A mixture of 60:40 and a rice-bean mixture in the 35:65 proportion on a protein basis were used for the supplementation studies. Each mixture was supplemented with milk or meat protein, replacing the vegetable protein at the 0, 5, 10, and 15% levels. The caloric density of the mixture was also increased in 0, 7, 14 and 21% over a basal value of 360 Kcal/100 g. The evaluation was carried out in 21-23-day-old rats, using the NPR as measure of the protein quality of the diet. Results revealed that meat and bean constitute supplements of the same quality for mixtures prepared on a rice and beans basis. For the 60:40 mixture no positive effect caused by protein supplementation was found.

The 35:65 mixture did improve with protein supplementation reaching a protein value equivalent to that of the 60:40 mixture with the 15% supplementation level. Both mixtures were slightly favored by the 7% energy supplementation. It must be pointed out that even though consumption of food, and the protein and energy content in the animals receiving the 50:40 mixture was higher than 100% in comparison with those fed casein, the NPR, weight gain and feed conversion were only 88, 87, and 82% those of casein. A calculation of consumption, cost and cultivated area required to maintain nitrogen equilibrium of an adult population whose food pattern is based on beans and rice, with or without the milk supplement, was also made.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R. El valor nutricional del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta humana de América Latina. En: Políticas Arroceras de América Latina. Colombia, CIAT, 1971.

2. Bressani, R. & L.G. Elías. Legume foods. En: *New Protein Foods*. Vol. IA. A.M. Altschul (Ed.). Chapter 5. Technology. New York, N.Y., Academic Press, 1977, p. 230-297.
3. Bressani, R. & A. T. Valiente. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VII. Protein complementation between polished rice and cooked black beans. *J. Food Sci.*, 27: 401-406, 1962.
4. Murillo, B., M. T. Cabezas & R. Bressani. Influencia de la densidad calórica sobre la utilización de la proteína en dietas elaboradas a base de maíz y frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 24: 223-241, 1974.
5. Bressani, R., B. Murillo & L. G. Elías. Whole soybean as a means of increasing protein and calories in maize-based diets. *J. Food Sci.*, 39: 577-580, 1974.
6. Hulse, J. H., K. V. Rochie & L. W. Billingsle. *Nutritional Standards and Methods of Evaluation for Food Legume Breeders*. Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 1977, 100 p. (Publication IDRC-TS 7e).
7. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*, 11th. ed. Washington, D.C., The Association, 1970.
8. Bateman, J. V. *Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos*. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 1970, 465 p.
9. Kakade, M. L., N. Simons & I. E. Liener. An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chem.*, 46: 518-527, 1969.
10. Technicon Instruments Corporation. *Operation Manual for the Technicon T.S.M. System*. Publication No. TA 1-0233-10, 1973.
11. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, *Métodos de Laboratorio de Alimentos*. Guatemala, C. A., INCAP, 1976, 115 p.
12. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, 138: 459-466, 1941.
13. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
14. Bender, A. E. & H. Doell. Biological evaluation of proteins; a new aspect. *Brit. J. Nutr.*, 21: 140-148, 1957.
15. Jaffe, W. G. Factores Tóxicos en Leguminosas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18: 203-218, 1968.
16. Harper, A. E., Marie E. Winje, D. A. Benton & C. A. Elvehjem. Effect of aminoacid supplements on growth and fat deposition in the liners of rats fed polish rice. *J. Nutrition*, 56: 187-198, 1955.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Amino Acid Content of Foods and Biological Data on Protein*. Rome, Italy, FAO, 1970 (FAO Nutrition Study No. 24).
18. Dos Santos, D. E., J. M. Howe, F. M. Maura & J. E. Dutra de Oliveira. Relationship between the nutritional efficacy of a rice and bean diet and energy intake in preschool children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32: 1541-1545, 1979.

19. De Souza, N., L. G. Elías & R. Bressani. Estudios en ratas, del efecto de una dieta básica del medio rural de Guatemala, suplementada con leche de vaca, y una mezcla de proteínas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 20: 293-307, 1970.
20. Braham, J. E., L. G. Elías, S. de Zaghi & R. Bressani. Effect of protein level and duration of test on carcass composition, net protein utilization (NPU) and protein efficiency ratio (PER). *Nutr. Dieta*, 9: 99-11, 1967.