

Valor proteínico para adultos de una dieta vegetal predominantemente a base de maíz¹

GUILLERMO ARROYAVE² y JUAN ENRIQUE LEE³

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

RESUMEN

El estudio descrito se llevó a cabo con el propósito de ensayar la calidad proteínica de una dieta de maíz para el hombre adulto. El maíz aportó aproximadamente 80% del total de proteína. Los sujetos eran hombres jóvenes sanos. La ingesta promedio de proteína total fue 0.56 g por kilogramo de peso corporal, por día. El criterio principal usado fue el balance de nitrógeno.

La proteína de la dieta experimental permitió alcanzar un balance nitrogenado adecuado en los sujetos, bajo las condiciones usadas en el estudio. Fue interesante observar que aún pequeñas cantidades de frutas y verduras, y una cantidad de crema muy pequeña, permitieron que la dieta llenara las necesidades de aminoácidos, resultado que no se logró solamente con el maíz al nivel de ingesta usado (0.44 g de proteína/kg/día), en cuyo caso la lisina y el triptofano no alcanzaban 100% de adecuación. Es importante hacer notar que todos los alimentos incluidos en la dieta son accesibles y en realidad consumidos por las poblaciones rurales, con excepción posiblemente de la crema. No debe olvidarse que la dieta de estas poblaciones incluye ordinariamente una proporción de frijol (*Phaseolus*) que mejora aún más la ingestión de proteínas.

Se discute la significación de los resultados en términos de una utilización más racional de los recursos de proteínas animales y otras de alto valor biológico, en aquellos países en los que estos recursos son todavía muy escasos.

1. Investigación realizada con la ayuda financiera del Banco de Guatemala, Guatemala, Centro América.
2. Jefe de la División de Química Fisiológica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
3. Este trabajo es parte de la tesis de graduación del Lic. Lee, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

Publicación INCAP E-780.

Recibido: 28-12-1973.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays*) constituye el alimento básico de grandes masas de población en el mundo, incluyendo un sector considerable de la población centroamericana (1, 2). Su proteína ha sido catalogada como de bajo valor nutricional, tanto debido a que es deficiente en algunos aminoácidos esenciales, principalmente la lisina y el triptofano, cuando se le compara con el patrón de proteínas tales como la del huevo o de la proteína de referencia de la FAO (3), como por su pobre comportamiento en pruebas biológicas en animales experimentales.

En el niño pequeño y en el animal experimental joven puede demostrarse esta diferencia entre el valor nutricional de la proteína de maíz con proteínas de mejor calidad nutricional, resultando la proteína del maíz ciertamente menos adecuada para mantener un crecimiento normal y salud (4-6). En el caso del hombre adulto, sin embargo, el comportamiento nutricional de la proteína del maíz podría ser muy diferente. En efecto, el Comité de Expertos FAO/OMS sobre Requerimientos de Energía y Proteínas (7) recomienda que un individuo adulto debe ingerir 0.57 gramos de proteína "ideal" por kilogramo de peso, por día, para satisfacer sus requerimientos de nitrógeno. Por lo tanto, un hombre de 60 kg debería de consumir 34 gramos de proteína al día.

En base a las consideraciones precedentes, se hace necesaria la evaluación del maíz como una fuente proteínica, si se toma en cuenta el hecho de que los recursos de fuentes ricas en proteínas de alta calidad son muy escasas. Esta situación es seria, y se agrava aún más si se considera que los pocos alimentos disponibles ricos en proteínas tienen una distribución que favorece a pequeños sectores de población económicamente más privilegiados. Si el presente estudio demuestra que el maíz es un alimento adecuado como fuente predominante de proteínas para el adulto, se estarán proporcionando las bases para orientar los escasos recursos disponibles de proteína de alta calidad preferencialmente a la alimentación del niño pequeño, y posiblemente otros grupos vulnerables para quienes la calidad proteínica del alimento es más crítica.

Cálculos basados en el contenido de aminoácidos esenciales del maíz, en relación a los requerimientos del adulto humano, revelan que sería suficiente ingerir alrededor de 33 gramos de proteína de maíz por día para satisfacer los requerimientos del individuo para cada uno de los aminoácidos esenciales. Para un hombre adulto de 60 kg de peso corporal, esto representa 0.55 gramos de proteína por kg de peso, cantidad prácticamente igual a la ingestión de proteína de huevo recomendada por el grupo de expertos FAO/OMS (7). Consecuentemente esta cantidad de proteína de maíz prácticamente llenaría tanto los requerimientos de nitrógeno del individuo, como los requerimientos de aminoácidos esenciales, incluyendo los más limitantes, lisina y triptofano, lo cual la catalogaría como una proteína adecuada para el adulto.

El objetivo del presente estudio fue someter a prueba la hipótesis de que una dieta que contenga la cantidad de 0.57 gramos de proteína predominantemente de maíz por kilogramo de peso por día, mantiene el equilibrio nitrogenado en individuos adultos.

MATERIALES Y METODOS

Sujetos

Inicialmente fueron asignados por el Cuartel Militar "Brigada Mariscal Zavala" en la Ciudad de Guatemala, 20 individuos sanos, masculinos, adultos que oscilaban entre 17 y 25 años de edad, y que prestaban servicio militar en esa institución. Se lograron obtener muestras de heces, orina y sangre, además del peso y talla de los 20 individuos previamente asignados.

Con estos exámenes previos se logró escoger a 10 de los 20 individuos, en base a que los que participaran en el estudio fueran los más sanos, de peso adecuado, y en general los más aptos de acuerdo con el tipo de estudio que se realizaría. Se hicieron exámenes de heces en fresco para determinar la presencia de parásitos. En la orina se determinó densidad, presencia de sangre, cetonas, glucosa, proteínas y pH; en sangre, proteínas séricas totales y hematocrito. Además, se determinó peso y talla, con el objeto de escoger los más adecuados en cuanto a la relación peso/talla de acuerdo con el estándar.

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LOS SUJETOS DE ESTUDIO

Sujetos*	Edad años	Estatura cm	Peso Inicial, kg	Parásitos** presentes	Déficit de peso inicial/talla de acuerdo con el estándar, %	Hematocrito inicial	Proteína sérica inicial
EPA 1	21	150	53.2	Negativo	2	49.0	8.2
EPA 2	24	162	59.1	Negativo	2	45.5	7.2
EPA 3	20	160	57.9	Necator americanus, 1500	2	49.0	7.5
				Ascaris lumbricoides, 2300			
EPA 4	19	160	55.8	Ascaris lumbricoides, 1900	3	48.0	8.0
EPA 5	18	159	55.8	Trichuris trichiura, 1800	3	47.5	8.0
EPA 6	18	158	58.5	Negativo	1	46.5	7.3
EPA 7	18	161	59.5	Negativo	3	49.2	8.0
EPA 8	20	165	60.0	Necator americanus, 1700	3	48.5	7.5
EPA 9	19	164	57.8	Negativo	4	50.7	8.6
EPA 10	20	156	57.9	Negativo	1	53.0	7.8

* Clave de identificación de los sujetos.

** Las cifras corresponden al número de huevos por gramo de heces.

A los 10 sujetos escogidos, cuyas características se pueden observar en la Tabla 1, se les explicó en qué consistía el estudio y la importancia del mismo, a manera de obtener la máxima colaboración por parte de ellos. Los individuos permanecieron durante los 13 días del estudio aislados en la enfermería de la institución, además de permanecer vestidos de manera diferente de la habitual y reglamentaria, con el objeto de asegurar el control necesario para obtener el máximo posible de exactitud. Además, una persona de mayor grado militar, y con instrucciones precisas de controlarlos, permaneció las 24 horas de los 13 días con los sujetos bajo estudio.

Los sujetos tuvieron ocho horas de "sueño" diario (10 pm. a 6 am.), y ejercicio con tiempo fijo que incluía en la mañana una hora de marcha con descanso de cinco minutos después de la primera media hora, una hora de gimnasia también con cinco minutos de descanso. Entre ambos ejercicios se les permitió 1 hora de descanso. Por la tarde, 1 hora de ejercicio libre, a excepción del primer día que realizaron dos horas de ejercicio libre. Cada tipo de ejercicio fue supervisado todos los días tanto en tiempo, como en actividad. El resto del tiempo los sujetos estaban libres de llevar a cabo el tipo de actividad que desearan. Es importante comentar en este caso, que el control no podía ser tan estricto, ya que algunos de los sujetos descansaban recostados, otros leían sentados, otros permanecían de pie charlando, etc. Sin embargo, se estimó que la diferencia en gasto calórico en estos períodos no pudo haber sido grande (8). El propósito de este control de actividad física fue mantener el peso corporal de los individuos lo más estable posible de manera a no incurrir en gasto de proteína como fuente energética.

Durante el estudio, los individuos manifestaron no experimentar ningún tipo de molestia física o emocional.

Dieta

La dieta experimental reunió las características que se tenían programadas de acuerdo con el tipo de estudio. Fue elaborada diariamente por un cocinero experto y fue consumida en su totalidad en todos los tiempos de comida. Esta actividad

también fue totalmente supervisada. Los pesos de los alimentos incluidos en la dieta eran verificados diariamente previo a la cocción de los mismos.

El maíz dentro de la dieta logró un aporte proteínico de 80%. El resto fue aportado por otros alimentos de consumo relativamente regular en la dieta rural del guatemalteco. Estas características se pueden observar en la Tabla 2. En la Tabla 3 se presenta el menú diario de los sujetos bajo estudio, el cual no varió durante los 13 días y fue proporcionado diariamente a las 7:30, 12:30 y 18:30 horas. Los alimentos incluidos eran relativamente numerosos y se elaboraron con el sabor más agradable posible para evitar el hastío de los sujetos. Se utilizaron diferentes clases de condimentos en cantidades muy pequeñas que no variaron los valores en nutrientes de la dieta. Tomando en cuenta que los sujetos bajo estudio permanecieron aislados y que eran vigilados durante las 24 horas del día, no hay riesgo de que los sujetos hayan consumido algún alimento fuera de los estipulados.

TABLA 2
INGREDIENTES DE LA DIETA EXPERIMENTAL

Alimento	Cantidad g	Aporte calórico	Aporte proteínico
Maíz (harina)	329	1213	27.0
Margarina	82	590	0.5
Crema rala	50	102	1.4
Piña	50	26	0.2
Azúcar	107	418	—
Café	200	4	—
Banano	100	122	1.0
Yuca	100	148	0.8
Aguacate	100	152	1.7
Zapote	50	72	0.6
Miel	25	76	—
Total		2923	33.8

De las calorías totales de la dieta, 35% estaban cubiertas por grasa, sumando éstas un total de 106.5 g de grasa por día, por sujeto. El aporte diario de calorías y proteínas de la dieta se calculó en base a tablas de composición de alimentos (9) y

puede observarse en la Tabla 2. La ingestión calórica y proteínica de cada sujeto, calculada por kilogramo de peso se aprecia en la Tabla 4. El contenido de aminoácidos esenciales de los ingredientes de la dieta se basa en los datos de FAO (10).

TABLA 3
EJEMPLO DE MENU

Desayuno:
Café
Pan de maíz
Banano con crema y miel de abejas
Almuerzo:
Sopa de maíz
Aguacate (<i>Persea americana</i>)
Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)
Zapote (<i>Achras zapota</i>)
Tortillas
Refresco
Cena:
Tamales de maíz
Atol de maíz
Postre de piña en jarabe

TABLA 4
INGESTA PROMEDIO DE PROTEINAS Y CALORIAS DE
CADA SUJETO EN ESTUDIO

Sujetos	Proteínas g/kg/día	Calorías kg/día
EPA 1	0.60	56
EPA 2	0.54	50
EPA 3	0.55	51
EPA 4	0.57	53
EPA 5	0.57	53
EPA 6	0.55	51
EPA 7	0.54	50
EPA 8	0.53	49
EPA 9	0.56	52
EPA 10	0.55	52
\bar{X}	0.56	52

Para evitar el riesgo de que la dieta pudiera ser deficiente en algunas vitaminas o minerales, se administró a los sujetos un complejo vitamínico-mineral que aportó diariamente lo siguiente: Vitamina A, 4,000 U.I.; vitamina B₁, 1.0 mg; vitamina B₂, 2 mg; niacinamida, 10 mg; vitamina B₆, 3 mg; pantotenato de calcio, 10 mg; biotina, 0.05 mg; vitamina B₁₂, 1 mcg; vitamina C, 50 mg; vitamina D, 400 U.I.; vitamina E, 1.5 mg; calcio, 208.5 mg; hierro 16.65 mg; magnesio, 48 mg; manganeso, 0.6 mg; fósforo, 50 mg. Esto, así como el ajuste del gasto calórico, permitió que la proteína fuera el único parámetro variable.

Medidas determinadas en los sujetos

Toma de muestras. (Muestras de orina, heces, sangre y alimento).

La recolección de heces comprendió ocho días acumulados, a partir del cuarto día, hasta el onceavo incluido. Para la demarcación del número de días de heces recolectadas, se utilizó carmín como marcador. Las heces eran inmediatamente depositadas en frascos de vidrio, en los cuales previamente se habían agregado 50 cc de H₂SO₄ 1N. Después se agregaban 10 cc de tolueno y se mezclaba. Además, las muestras se mantuvieron durante todo el tiempo en baño de hielo. Las heces recolectadas fueron llevadas a volumen con agua destilada y homogenizadas. De este homogenizado se tomó una alícuota para determinar nitrógeno por el método Kjeldahl (11).

Se recolectaron muestras de orina de 24 horas durante los 13 días del estudio. La técnica utilizada fue la siguiente: a cada sujeto le fue entregado un frasco de vidrio de boca ancha y debidamente identificado donde pudieran orinar con facilidad conteniendo 10 cc de HCl 1N a manera de preservativo. Cada día de estudio, por la mañana, eran recogidos los frascos y se les entregaba uno limpio y en las mismas condiciones. Se midió el volumen de muestra recolectada y se conservaron 30 cc para análisis. Esta muestra era llevada a pH = 3 añadiendo HCl concentrado, y se conservó a -20°C hasta que los análisis pudieran realizarse.

La ingesta de nitrógeno de los sujetos se calculó en base a análisis directo de todos los alimentos que constituyeron

la dieta. Las muestras fueron recolectadas el 1º, 8º y 13º días, pesándose cada uno de los alimentos que aportaron nitrógeno, proporcionalmente a la cantidad presente de cada alimento (en peso) en la dieta diaria. Cada una de las tres muestras tomadas se llevó a volumen con agua destilada, se homogenizó y se tomó una alícuota para analizar nitrógeno por el método Kjeldhal (11). De los análisis que se llevaron a cabo en el alimento, se determinó la ingestión de nitrógeno promedio de cada uno de los sujetos de acuerdo con su peso corporal.

Balance de nitrógeno

Con los datos del contenido de nitrógeno de la ingesta, las heces fecales y la orina se calculó el balance de nitrógeno de los sujetos. Se utilizaron los datos de excreción urinaria del 6º al 11º día inclusive, por razones que se darán más adelante. Además, se sumó a las pérdidas de nitrógeno por heces y orina, determinadas experimentalmente, una estimación del nitrógeno perdido por piel y vías misceláneas de 5 mg por kilogramo por día (7).

Otros análisis químicos

Se hicieron con el fin de usarlos como indicadores (complementarios al balance de nitrógeno) de cualquier cambio operado en la nutrición proteínica de los sujetos. Los análisis incluyeron: aminoácidos libre en suero (12), hematocrito en sangre (13), proteína sérica (14), creatinina en orina (15) y urea en orina (16).

Antropometría

Se hicieron mediciones de talla una sola vez al principio del estudio, peso corporal diariamente, pliegue cutáneo tricípital y perímetro de brazo al principio y al final del estudio. Las últimas tres mediciones se hicieron con el objeto de determinar cambios en peso corporal y la posible causa del mismo, como podría ser pérdida de grasa o de músculo.

Análisis de los datos

En aquellos casos en que sólo se disponía de observaciones iniciales y finales, se realizaron comparaciones estadísti-

cas aplicando la prueba de t para observaciones correlacionadas; en el caso de observaciones seriadas se usaron técnicas de análisis de variancia para evaluar diferencias entre períodos de tiempo usando un modelo en bloques al azar en donde los períodos se consideran como bloques. Los procedimientos estadísticos aplicados en ambos casos son aquellos descritos por Snedecor (17).

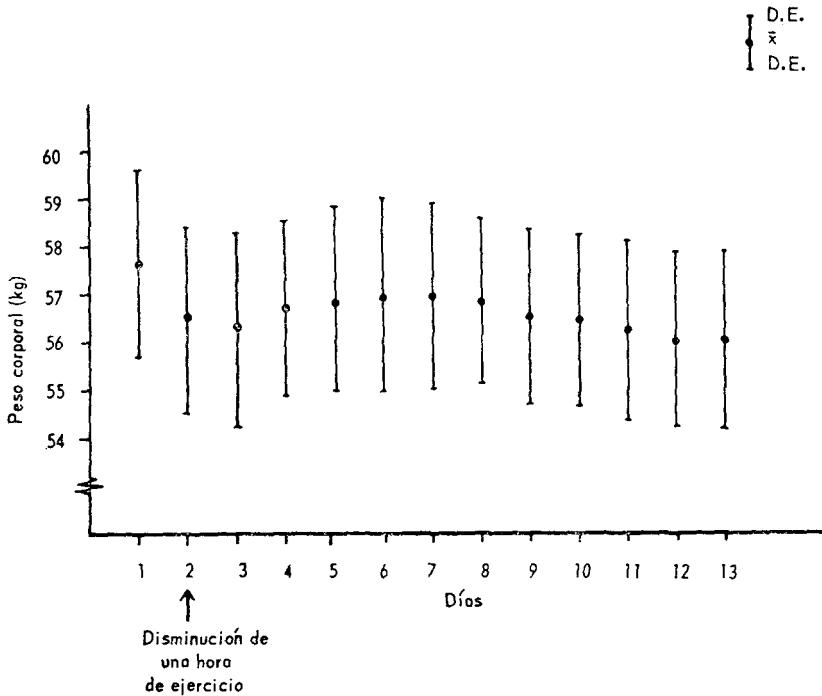
RESULTADOS

Se estudiaron ciertas características bioquímico-nutricionales de los sujetos, con el objeto de confirmar que éstos se mantuvieran durante todo el período de estudio dentro de los límites normales en cuanto a salud y nutrición. El parámetro fundamental por el cual se juzgó el grado de adecuación de la proteína de la dieta fue el balance de nitrógeno.

Peso

Durante los 13 días que los individuos permanecieron en la dieta se registraron cambios en peso corporal que en todos los casos fue pérdida. En ningún caso se registró ganancia o mantenimiento de peso corporal comparando el primero y el último día. Sin embargo, como se puede ver en la Fig. 1, la pérdida más brusca se suscitó el segundo día. Durante el resto de los días el peso osciló en forma moderada, ascendiendo ligeramente hasta el octavo día para luego descender al treceavo día esencialmente al nivel observado al segundo día.

Se considera que la pérdida de peso de los individuos, en este caso está relacionada principalmente con una pérdida mayor de agua, pues como se verá más adelante no se pueden encontrar otras justificaciones para estos resultados. Datos de excreción urinaria (no presentados en este trabajo) muestran que en el segundo día la pérdida de orina fue menor, lo que sugiere que las pérdidas de agua por sudor fueron bastante mayores, fenómeno que puede estar relacionado con la mayor actividad física que realizaron durante el primer día (una hora más de ejercicio que los otros días). Hay que recordar que a partir del segundo día los cambios de peso fueron más leves, el período de ejercicio se disminuyó y las excreciones de orina aumentaron de nuevo.



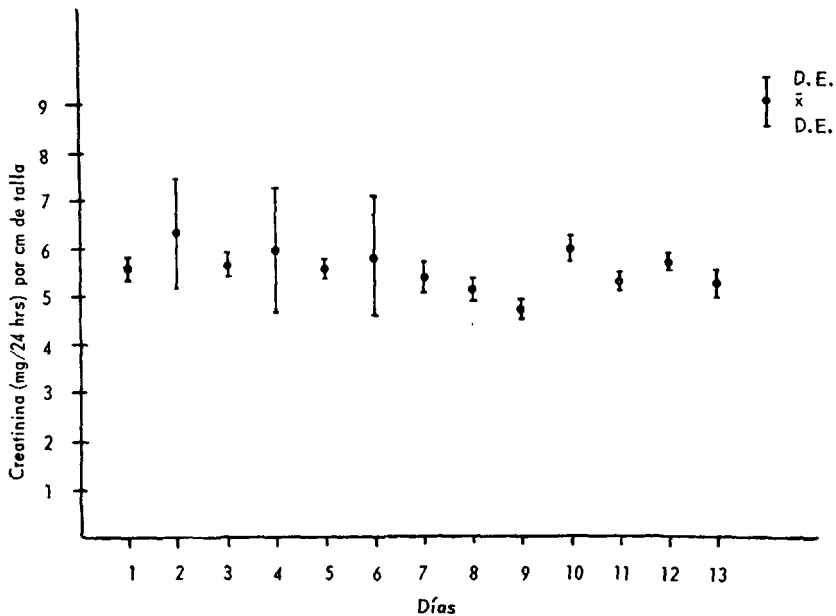
Incap 73-1659

Figura 1. Cambios de peso corporal en los sujetos de estudio.

Esta temprana reducción del tiempo de ejercicio se hizo en base a la sospecha de que la pérdida de peso podría sugerir un gasto de la proteína de la dieta como fuente calórica complementaria, lo que podría provocar un error en el diseño experimental.

La ingesta promedio de calorías de cada sujeto puede verse en la Tabla 4. Los valores se encuentran dentro del límite de lo normal para adultos con estas características.

Una explicación razonable de los cambios en peso tan variados que tuvieron los individuos entre uno y otro, podría ser que algunos de ellos realizaron con mayor o menor intensidad el ejercicio físico o que sufrieran diferente grado de tensión emocional principalmente al principio del estudio. El análisis de variancia utilizando los valores del primero, segundo, séptimo y último día revela un cambio significativo en peso, $p < 0.01$.



Incap 73-1660

Figura 2. Excreción de creatinina en 24 horas por centímetro de talla.

No se encontró correlación entre la pérdida de peso y el balance de nitrógeno.

Pliegue cutáneo tricípital y circunferencia de brazo

Los resultados se pueden observar en la Tabla 5 y de nuevo sugieren que la pérdida de peso corporal se debió a pérdidas de agua primordialmente. La comparación estadística realizada en ambos casos revela que existió una disminución en grosor del pliegue cutáneo que fue sólo significativa al 5%. Por otro lado no hubo cambio estadísticamente significativo en la circunferencia del brazo. Esto podría sugerir una pequeña pérdida de grasa sin que ocurriera pérdida de masa muscular, aunque debe reconocerse que la variabilidad tan alta intrínseca en estas medidas hace dudar sobre la significación biológica de esta pequeña diferencia.

Creatinina urinaria/talla

Los valores de creatinina/talla se muestran en la Fig. 2. Los datos no son indicativos de ningún cambio. En este sentido se confirma que no existió pérdida de masa muscular ya que si hubiera habido pérdidas, la excreción de creatinina, que está directamente relacionada con la masa muscular, hubiera disminuído.

TABLA 5
VALORES INICIALES Y FINALES DE ALGUNAS CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS Y BIOQUIMICAS DE LOS SUJETOS (N = 10)

Medida	Inicial		Final	
	\bar{X}	D.E.	\bar{X}	D.E.
Pliegue subcutáneo tricipital (mm)*	11.7	0.8	10.1	0.8
Circunferencia del brazo (cm)	27.6	0.1	27.2	1.2
Hematocrito (%)	48.7	2.1	50.4	1.2
Proteínas séricas (g/100 ml)	7.5	1.2	7.3	1.5
Relación aminoácidos no-esenciales a esenciales (NE/E)**	1.32	0.15	1.85	0.17

** P < 0.01.

* P < 0.05.

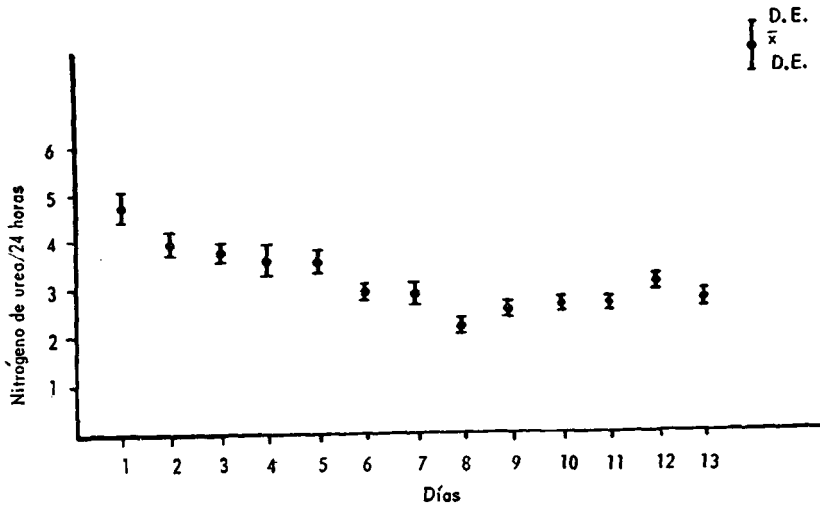
Hematocrito en sangre

Los resultados (Tabla 5) indican que los valores del mismo se mantuvieron dentro de límites normales (>42%). La prueba de t sugiere un aumento en hematocrito al final del estudio $p < 0.01$.

Proteína en plasma

Los valores de este parámetro disminuyeron ligeramente al comparar los resultados del primero y último día, pero la caída aunque estadísticamente significativa ($p < 0.05$), care-

ce de importancia biológica. En todos los casos se mantuvieron valores normales de proteína plasmática durante el período de estudio (6.7 - 7.5 g/100 ml de plasma). Este resultado (Tabla 5) también confirma el estado normal en que los individuos se mantuvieron.



Incap 73-1661

Figura 3. Excreción de nitrógeno de urea por 24 horas.

Relación aminoácidos no esenciales/esenciales en plasma (NE/E)

La tendencia general fue que los aminoácidos no esenciales aumentaron mientras que los aminoácidos esenciales disminuyeron. Esto resultó en una elevación significativa en la razón de aminoácidos no esenciales a esenciales $p < 0.01$. Sin embargo, y a pesar del cambio descrito, los valores de la relación tanto al inicio como al final se encuentran dentro de los límites normales (Tabla 5) sugiriendo un adecuado estado nutricional proteínico (18). El presente estudio, por su corta duración no permite determinar el significado nutricional que esta elevación de la razón NE/E puede tener a largo plazo. Debe notarse que esta dieta experimental tiene una simplicidad extrema ya que en la práctica el maíz siempre se consume acompañado de cierta proporción de otras fuentes de proteína como el frijol (*Phaseolus*).

Nitrógeno de urea en orina

En la Fig. 3 se puede apreciar que los valores tienden a disminuir $P < 0.01$, encontrándose estabilizados a partir del 6º día. Esta cifra permitió determinar en qué momento (día) dejó de hacer efecto la dieta previa a la experimental. En base a esto se pudieron limitar los días en que se estimó adecuado determinar el balance de nitrógeno para que correspondiera exclusivamente a la dieta experimental (7). El nitrógeno total en orina reflejó lo descrito en el párrafo anterior, respecto a que partiendo del 6º día hubo una estabilización de la excreción.

Balance de nitrógeno

En la Tabla 6 puede observarse la ingestión promedio diaria de proteína de cada sujeto en estudio, así como la cantidad que el maíz contribuyó a la proteína total en la dieta en cada sujeto.

El balance de nitrógeno se calculó restando de la ingesta de nitrógeno total diaria las pérdidas de nitrógeno por heces y orina, y las pérdidas estimadas por piel y miscelánea. El período de balance que se consideró incluye desde el 6º hasta el 11º día sumando un total de seis días de balance. Los días que se incluyeron fueron escogidos tomando en cuenta los datos de excreción de nitrógeno de urea y de nitrógeno total en orina, los cuales indican un marcado efecto de la dieta que los sujetos habían estado consumiendo previo al estudio, efecto que duró hasta el 5º día, inclusive.

Solamente el sujeto EPA 9, tuvo durante este período un balance negativo, pero la cifra de -0.08 es prácticamente equilibrio. El resto de los individuos mantuvieron balance positivo con valores que oscilaron entre $+0.04$ y $+1.32$, como se puede observar en la Tabla 8. Hay que tomar en cuenta que estos valores ya están corregidos por pérdidas estimadas por piel y miscelánea.

Se muestra también en la Tabla 6 el cálculo de balance de estos mismos seis días, pero sin incluir pérdidas estimadas por piel más miscelánea. En este caso se lograron valores de balance positivo que oscilaron entre $+0.29$ y $+1.59$, los cuales son obviamente sobreestimaciones. Asimismo, con propósitos

TABLA 6
BALANCE DE NITROGENO EN ADULTOS CON UNA DIETA PREDOMINANTEMENTE A BASE DE MAIZ

Sujetos	Peso corporal kg	Ingesta de proteínas (g/kg/día)		Balance de nitrógeno "aparente" sin descontar piel (g N/día)		Balance de nitrógeno corregido por pérdidas de piel*** (g N/día)	
		Maíz*	Total**	4° al 11°	6° al 11°	4° al 11°	6° al 11°
				día	día	día	día
EPA 1	53.2	0.48	0.60	+0.12	+0.29	-0.15	+0.04
EPA 2	59.1	0.43	0.54	-0.31	+0.35	-0.60	+0.06
EPA 3	57.9	0.44	0.55	+0.22	+0.88	-0.06	+0.60
EPA 4	55.8	0.45	0.57	+1.50	+1.59	+1.22	+1.32
EPA 5	55.8	0.45	0.57	+1.06	+1.56	+0.78	+1.28
EPA 6	58.5	0.44	0.55	+1.14	+0.55	-0.15	+0.24
EPA 7	59.5	0.43	0.54	+0.48	+0.96	+0.19	+0.68
EPA 8	60.0	0.42	0.53	+0.42	+0.69	+0.12	+0.42
EPA 9	57.8	0.46	0.56	-0.21	+0.20	-0.49	-0.08
EPA 10	57.9	0.44	0.55	+0.38	+1.02	+0.10	+0.74

* Ingesta de nitrógeno de maíz/día = 4 g (25.00 g de proteína de maíz) (N x 6.25).

** Ingesta de nitrógeno total/día = 5 g (31.34 g de proteína total) (N x 6.25).

*** 5 mg N/kg/día (FAO/OMS) (7).

TABLA 7
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA DIETA EXPERIMENTAL A BASE DE MAIZ
 (80% de maíz + 20% de otras fuentes)

Sujeto	Peso corporal kg	Ingesta de proteína	Nitrógeno fecal en equivalentes de proteína (N x 6.25) día	Nitrógeno fecal (% de N ingerido)	Digestibilidad aparente, %
EPA 1	53.2	31.4	5.6	18.0	82.0
EPA 2	59.1	31.4	6.6	21.2	78.8
EPA 3	57.9	31.4	8.4	30.5	69.5
EPA 4	55.8	31.4	5.1	22.1	77.9
EPA 5	55.8	31.4	4.1	17.6	82.4
EPA 6	58.5	31.4	7.6	23.5	76.5
EPA 7	59.5	31.4	2.9	10.8	89.2
EPA 8	60.0	31.4	6.6	21.5	78.5
EPA 9	57.8	31.4	7.1	22.3	78.7
EPA 10	57.9	31.4	4.1	15.2	84.8
\bar{X}	57.6	31.4	5.8	20.3	79.6
DE	2.07		1.75	5.3	5.3
C.V.%*	3.6		30.0	26.0	6.6

* C. V. = Coeficiente de Variación.

TABLA 8
INGESTA TEORICA DE PROTEINA DE LA DIETA EXPERIMENTAL
NECESARIA PARA SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS DE
AMINOACIDOS ESENCIALES DEL HOMBRE ADULTO*

Aminoácidos	Aminoácidos contenidos en 0.57 de proteína "ideal", mg	Contenido de aminoácidos de la proteína de la die- ta experimental mg/g	Ingesta de proteí- na de la dieta ex- perimental para llenar los reque- rimientos de ami- noácidos, g/kg/día
Isoleucina	10.3	34	0.30
Leucina	14.3	116	0.12
Lisina	12.5	31	0.41
Total AAS	13.7	33	0.42
Total AAA	14.3	84	0.17
Treonina	7.4	36	0.21
Triptofano	3.7	7.8	0.48
Valina	10.3	48	0.22
		0.57	
Indice de calidad teórica =		$\frac{0.57}{0.48}$	x 100 = 119%

* Contenido de aminoácidos esenciales de la proteína "teórica", en proporción y concentración adecuada para satisfacer los requerimientos del adulto.

El nivel considerado seguro por FAO/OMS es de 0.57 g/kg/día (7).

comparativos se puede observar en la misma Tabla, el balance calculado para ocho días, incluyendo pérdidas estimadas por piel y miscelánea. Se pudo notar en este caso que los datos hallados muestran balance positivo para cinco sujetos y balance negativo para cinco sujetos. Esto ilustra muy claramente el error que puede introducirse en este tipo de estudio de balance, si no se somete a los sujetos a un período previo de adaptación con la dieta experimental al nivel de ingestión que se usará en el balance.

Digestibilidad

En base a los datos de balance se calculó la digestibilidad aparente de la proteína (Tabla 7), encontrándose valores que variaron entre 69.5% y 89.2%. Estos valores son bastantes similares a los que se obtienen con dietas exclusivamente de maíz.

TABLA 9
CANTIDAD DE PROTEINA DE LA DIETA EXPERIMENTAL
NECESARIA PARA SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS
DE AMINOACIDOS DEL INFANTE DE 3 a 6 MESES DE EDAD

Aminoácidos	Requerimiento* para el infante de 3 a 6 meses mg/kg/día	Composición de aminoácidos de la proteína ex- perimental, mg/g	Cantidad de pro- teína experimen- tal necesaria pa- ra satisfacer los requerimientos g/kg/día
Isoleucina	74	34	2.17
Leucina	130	116	1.12
Lisina	102	31	3.29
Total AAS	65	34	1.91
Total AAA	111	84	1.32
Treonina	74	36	2.05
Triptofano	18.5	7.8	2.37
Valina	92	48	1.98

$$\text{Indice de calidad teórica} = \frac{1.85}{3.29} \times 100 = 56\%$$

* Aminoácidos contenidos en 1.85 g de proteína "ideal", que es la cifra de ingesta recomendada por FAO/OMS para infantes de esta edad.

DISCUSION

El trabajo se desarrolló para someter a prueba la hipótesis de que una dieta predominantemente a base de maíz como fuente de proteína (80%), y con otros alimentos complementarios no considerados importantes en este aspecto, podría mantener balance de nitrógeno en el adulto. Se basaba esta hipótesis en la consideración de que la proteína de la dieta experimental debería comportarse en el adulto como una proteína de alta calidad, ya que al ser ingerida en la cantidad recomendada como adecuada para satisfacer las necesidades de nitrógeno (0.57 g/kg/día) proporcionaría los aminoácidos necesarios incluyendo los más limitantes. Las bases de esta suposición se presentan en la Tabla 8.

Partiendo de esta hipótesis, la ingestión de 0.57 g de proteína por kg de peso corporal por día, cantidad recomendada por FAO/OMS (7) para el hombre adulto, de la cual un 80%

estaba cubierta por maíz, debería dar como resultado un mantenimiento en el equilibrio de nitrógeno de los sujetos que participaron en el estudio. En la Tabla 6 puede notarse que lo expuesto anteriormente fue confirmado. Nueve de los diez sujetos mostraron balance positivo de nitrógeno y solamente uno de ellos resultó con balance de nitrógeno ligeramente negativo.

Los resultados del presente trabajo le dan mayor validez al concepto universalmente aceptado de que el valor nutricional de una proteína es función de la capacidad de ésta de satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales y nitrógeno de los sujetos que la consumen y, como lo ha señalado Arroyave (19), variará por consiguiente con la edad y estado fisiológico. En consecuencia el uso de un patrón arbitrario fijo de requerimientos de aminoácidos, supuestamente aplicable en todas las edades y estados fisiológicos, no sería justificable (20).

Es indudable que a juzgar por criterios fácilmente predecibles sobre bases teóricas, la proteína de maíz resultaría inadecuada, por ejemplo, para el niño pequeño en rápido crecimiento, cuyo requerimiento de aminoácidos esenciales por kg de peso corporal por día es mucho mayor que en el adulto. Según se observa en la Tabla 9, para el niño pequeño (3-6 meses) la cantidad de proteína de la dieta experimental que éste debiera de consumir para satisfacer el requerimiento del aminoácido más limitante, es mucho mayor (3.29 g) que el requerimiento de proteína ideal a esta edad que según FAO/OMS es de 1.85 g por kg de peso por día. Esto confirma lo expresado en el párrafo anterior.

Por lo contrario, en el caso de adultos, se observa en la Tabla 8 que la dieta experimental a niveles de 0.48 g por kg de peso por día, satisface el requerimiento del aminoácido más limitante (triptofano), contrastando con la cifra dada por FAO/OMS como ingesta recomendada de proteína que es de 0.57 g por kg por día (20). Esto indica, en otras palabras, que la proteína de la dieta experimental debería comportarse como proteína adecuada para el adulto. Los resultados de este estudio confirman plenamente este hecho, como ya se expresó anteriormente.

Si se obtuvieron resultados positivos con una dieta predominantemente de maíz, se puede predecir una mayor eficiencia de una dieta que contuviera además una leguminosa como el frijol. En este aspecto, Bressani (21) ha demostrado que el frijol negro tiene un efecto complementario combinándolo con maíz. Sería interesante investigar si con una dieta a base de maíz y frijol no se observaría la elevación de la razón de aminoácidos (NE/E).

Como lo indica la Tabla 10, la combinación de aminoácidos por parte de todos los alimentos incluidos en la dieta, incluyendo el maíz, provee una cantidad de éstos que hacen que ningún aminoácido sea deficiente para el adulto. Esto no se logra con la cantidad ingerida de maíz solo, que proveía 0.44 g de proteína/kg/día la cual no alcanza a satisfacer la recomendación de triptofano (86%) y escasamente la de lisina (96%). No puede dejarse desapercibida, pues, la contribución de lo que ordinariamente se consideran fuentes "despreciables" de nitrógeno. La Tabla 10, ya citada, ilustra cómo el banano, el aguacate, la yuca, y una muy pequeña cantidad de crema, hacen un aporte significativo.

Una conclusión práctica para las instituciones encargadas de elaborar las tablas de recomendaciones dietéticas, es que las cantidades recomendadas de proteína ideal para el adulto, no requerirán necesariamente factor de corrección por calidad, como hasta la fecha se viene haciendo. Estas correcciones se basan en valores de utilización proteínica obtenidos en ratas en crecimiento rápido (NPU, PER) (7) y según los resultados de este trabajo penalizan injustamente a las proteínas vegetales en el caso que su destino sea la nutrición del adulto. El resultado en algunos casos es que se sobreestima las necesidades de proteínas de un país. En las tablas del INCAP, por ejemplo, al elaborar las cifras de recomendaciones de proteína para todo grupo de edad, se aplicó el factor de corrección de $\frac{100}{60}$, asumiendo que la proteína de la dieta del área rural de Centro América tiene una eficiencia de utilización de 60% con respecto a la proteína "ideal". Los resultados del presente estudio indican que esta corrección no es necesaria al menos para los adultos, ya que una dieta tan simple como la usada, contiene una proteína que se comporta como proteína ideal

TABLA 10
CONTRIBUCION DE LA PROTEINA DE MAIZ Y DE LA PROTEINA TOTAL DE LA DIETA A LA SATISFAC-
CION DE LOS REQUERIMIENTOS DE AMINOACIDOS ESENCIALES DIARIOS DE LOS SUJETOS

Aminoácidos	Requerimiento* mg/kg/día	Aminoácidos**	Aminoácidos***	Porciento de los requerimientos satisfechos por:	
		ingeridos de proteína de maíz	ingeridos de proteína total	Maíz	Dieta total
		mg/kg/día			
Isoleucina	10.3	16	19	155	184
Leucina	14.3	56	65	392	454
Lisina	12.5	12	17	96	136
Total AAS	13.7	16	19	117	139
Total AAA	14.3	39	47	273	329
Treonina	7.4	16	20	216	270
Triptofano	3.7	3.2	4.4	86	119
Valina	10.3	22	27	214	262

* FAO/OMS (7).

** Ingesta promedio de proteína de maíz: 0.44 g/kg/día.

*** Ingesta promedio de proteína de maíz + banano + yuca + aguacate + crema: 0.56 g/kg/día.

TABLA 11
APORTE DEL MAÍZ Y DE LA DIETA TOTAL AL REQUERIMIENTO DE MICRONUTRIENTES ESPECIFICOS*

Nutrientes	Peso neto g	Calorías	Proteína g	Grasa g	Carbohidratos g	Calcio g	Fósforo mg	Hierro mg	Vit. A (equiv. retinol) mcg	Tiamina mg	Riboflavina mg	Niacina mg	Acido ascórbico mg
Recomendaciones del INCAP para hombre de 60 kg						450	800	10	750	1.1	1.5	18.5	55
Alimentos:													
Maíz (harina)	329	1214	27.0	19.1	243.1	293	1257	8.6	16	1.22	0.33	6.2	3
Margarina	82	590	0.5	66.4	0.3	2	11	0.2	—	—	—	—	—
Crema rala	50	102	1.4	10.0	2.0	48	38	—	100	—	0.07	—	—
Piña	50	26	0.2	0.1	6.8	9	4	0.2	7	0.04	0.02	0.1	30
Azúcar	107	411	—	—	106.0	5	—	—	—	—	—	—	—
Café	200	4	—	0.2	1.6	10	10	0.4	—	0.02	0.02	1.8	—
Banano	100	122	1.0	0.3	32.3	8	34	0.8	175	0.06	0.04	0.6	20
Yuca	100	148	0.8	0.3	37.4	36	48	1.1	5	0.06	0.04	0.7	40
Aguacate	100	152	1.7	15.8	4.4	10	42	1.0	60	0.08	0.12	1.5	11
Zapote	50	72	0.6	0.4	18.6	18	18	0.3	52	0.09	—	1.6	20
Miel de abeja	25	76	—	—	19.5	5	4	0.2	—	—	0.01	—	1
Totales	1193	2917	33.2	112,6	472.0	434	1466	12.8	415	1.57	0.65	12.5	125

* No incluye el suplemento vitamínico-mineral.

en este grupo de edad. Se ha sugerido que la desnutrición proteínica en adultos del área centroamericana se ha sobreestimado y estos resultados parecen apoyar este hecho. Esto daría lugar a conjeturar que muy posiblemente el principal componente de la desnutrición del adulto sea de tipo deficiencia calórica.

Sin pretender de ninguna manera sugerir que se descuide el fomentar tanto la producción, como el consumo de proteínas animales o de alta calidad, sí es recomendable que se haga un esfuerzo por mantener una alta disponibilidad de maíz ya que éste, en el caso del adulto, puede suplir en gran parte una suficiente cantidad y calidad de proteína, como lo indican los resultados obtenidos. De esta manera podrán canalizarse los pocos recursos de proteína de mejor calidad hacia el grupo vulnerable de población como lo es el niño pequeño, quien requiere una proteína con un patrón más adecuado y una concentración más elevada de aminoácidos esenciales.

No debe olvidarse tampoco que esta dieta, según lo revela la Tabla 11, es deficiente en el contenido de ciertos nutrientes esenciales. En el caso de este estudio, la dieta fue suplementada con vitaminas y minerales, tomando en cuenta que la única variable bajo estudio era la proteína. En la práctica, estos déficits pueden corregirse en gran parte a base de educación nutricional, ya que la población podría incorporar en su dieta algunos alimentos asequibles a bajo costo que son fuentes de estos micro nutrientes, o podría recurrirse a programas de fortificación de alimentos.

SUMMARY

Protein quality for adults of a vegetable diet predominantly based on corn

The study was carried out to test the protein quality of a diet predominantly based on corn, for adult men. Corn provided about 80% of the protein. The subjects were young healthy men. The average total protein intake was 0.56 g/kg/day. The main criterion of adequacy was nitrogen balance. The protein of the experimental diet permitted an adequate nitrogen balance under the conditions of the study. It is interesting that even small amounts of fruits and vegetables and a very small amount of cream increased the amino acid intake sufficiently to satisfy the essential amino acid requirement of the subjects. This was not accomplished by the corn alone at the level used (0.44 g protein/kg/day), which left a deficit of lysine and tryptophan. It is important to note that all the diet ingredients are available to, and actually consumed by, the rural popula-

tions of the area, with the possible exception of cream. Furthermore the diet of these rural people usually includes beans (*Phaseolus*) which improve the intake of protein. The article discusses the significance of the results in terms of the more rational utilization of resources of animal proteins and other high-quality proteins, in countries where these are still scarce.

An English version of the present article is available upon request to the authors. However, the bibliographic citation should be the Spanish title as it appears in this number of *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

BIBLIOGRAFIA

1. Flores, Marina. El maíz en la dieta del indígena. Trabajo presentado en el IV Congreso Indigenista Interamericano, Guatemala, mayo de 1959. 6 p. más 3 Cuadros. (Mimeografiado).
2. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (EE.UU.); Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. Guatemala, INCAP, 1969, p. 116-124.
3. Bressani, R. La composición química y el valor nutritivo del maíz. Trabajo presentado en el IV Congreso Indigenista Interamericano, Guatemala, mayo de 1959. 4 p. más 1 gráfica y 6 Cuadros. (Mimeografiado).
4. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar & N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 80: 80-84, 1963.
5. Scrimshaw, N. S. & M. Béhar. Protein malnutrition in young children. *Science*, 133: 2039-2047, 1961.
6. Bressani, R. Effect of amino acid imbalance on nitrogen retention. I. Effect of a relative deficiency of tryptophan in dogs. *J. Nutrition*, 78: 365-370, 1962.
7. Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Geneva, World Health Organization, 1973, 118 p. (WHO Technical Report Series N° 522; FAO Nutrition Meetings Report Series N° 52).
8. Passmore, R. & J. V. G. A. Durnin. Human energy expenditure. *Physiol. Revs.*, 35: 801-840, 1955.
9. Wu Leung, Woot-Tsuen con la colaboración de Flores, Marina. Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina; preparada bajo los auspicios del Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional, Instituto Nacional para Artritis y Enfermedades Metabólicas, Institutos Nacionales de la Salud, Bethesda, Maryland, EE. UU., y del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, C. A. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1961, 132 p.

10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Amino Acid Content of Foods and Biological Data on Proteins. Prepared by the Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division. Rome, FAO, 1970, 285 p. (FAO, Nutritional Studies, N^o 24).
11. Hamilton, L. F. & S. G. Simpson. Determination of nitrogen. En: *Talbot's Quantitative Chemical Analysis*. 9th ed. New York, McMillan Co., 1946, p. 355-359.
12. Whitehead, R. G. Rapid determination of some plasma amino acids in subclinical kwashiorkor. *Lancet* 1: 250-252, 1964.
13. Microhematocrit, using an International microcapillary centrifuge model MB. International Equipment Co., Boston, Massachusetts.
14. Refractometric method, using an A.O.T.C. Refractometer. American Optical Company, Instrument Division. Buffalo, New York.
15. Clark, L. C., Jr. & H. L. Thompson. Determination of creatine and creatinine in urine. *Anal. Chem.*, 21: 1218-1221, 1949.
16. Ormsby, H. A. A direct colorimetric method for the determination of urea in blood and urine. *J. Biol. Chem.*, 146: 595-604, 1942.
17. Snedecor, G. W. *Statistical Methods; Applied to Experiments in Agriculture and Biology*. 5th ed. Ames, Iowa, The Iowa State College Press, 1957, 534 p.
18. Arroyave, G. & J. Bowering. Plasma free-amino acids as an index of protein nutrition. An evaluation of Whitehead's method. *Arch. Latino-amer. Nutr.*, 18: 341-361, 1968.
19. Arroyave, G. Consideraciones sobre requerimientos de proteínas y de aminoácidos. En: *Recursos Proteínicos en América Latina*. (Capítulo I). (M. Béhar y R. Bressani, eds.). Memorias de una conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), ciudad de Guatemala, del 24 al 27 de febrero de 1970. Guatemala, C. A., Talleres Gráficos del INCAP, agosto de 1971, p. 3-20.
20. Arroyave, G. Amino acid requirements. Age and sex. En: *Proceedings of the Symposium on Proteins in Processed Foods*. Organized by the American Medical Association-Food Industry Liaison Committee and the Food Science Committee, and the Council on Foods and Nutrition. Chicago, Ill., Nov. 13-15, 1972. (En prensa).
21. Bressani, R., A. T. Valiente & C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Sci.*, 27: 394-400, 1962.